

І. Б. Гевко, проф., д-р техн. наук, **А. Є. Дячун**, доц., канд. техн. наук,
Т. С. Дубиняк, доц., канд. техн. наук, **О. Ю. Стібайло**, **А. Б. Гупка**, доц., канд. техн. наук
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна
e-mail: gevkoivan1@ukr.net

Технологічні особливості виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків

Представлено технологічний процес виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків з виконанням основних операцій. До них відносяться початкове калібрування навитої щільним пакетом на ребро спіралі шнека; проточування зовнішньої крайки спіралі шнека; заточування зовнішньої крайки спіралі шнека; розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека на певну глибину з відповідним кроком з метою отримання заготовок під ножі-подрібнювачі; загинання ножів-подрібнювачів на спіралі шнека на певний кут; кінцеве калібрування спіралі шнека з виготовленими ножами-подрібнювачами на встановлений крок. Для реалізації даного технологічного процесу розроблено схеми проточування та заточування зовнішньої крайки спіралі шнека, розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека для отримання заготовок під ножі-подрібнювачі, їх загинання, а також калібрування спіралі шнека з виготовленими ножами-подрібнювачами на потрібний крок. Визначено основні конструктивно-технологічні параметри операцій проточування та заточування зовнішньої крайки спіралі шнека, а також виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралі шнека.

ножі-подрібнювачі, спіраль шнека, гвинтовий робочий орган, спосіб, технологія, технологічний процес

Постановка проблеми. Гвинтові робочі органи оснащені ножами-подрібнювачами та подібними лопатевими елементами використовують в різних галузях економіки, таких, як будівельна, харчова і переробна, гірничо-видобувна, при будівництві шляхів тощо. При їх використанні часто забезпечується поєднання різних технологічних операцій, пов'язаних із перетворенням сільськогосподарських та інших продуктів, зокрема подрібнення, змішування і переміщення [1-4]. Проте найширше використання вони знайшли у засобах для виробництва матеріалів, комбикормів та інших кормів сільськогосподарського призначення для годівлі великої рогатої худоби, свиней, інших тварин та птиці [1-4]. Враховуючи значні витрати на приготування кормів з коренеплодів в тваринництві [1], що включають їх подрібнення, проблема виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків є досить важливою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробленню та вивченню особливостей технологічних процесів отримання спіралей шнеків різними методами присвячені праці багатьох дослідників [5-20]. Їхні зусилля були сконцентровані на проектуванні та дослідженні технологічних процесів отримання стандартних і спеціальних спіралей шнеків, зокрема гофрованих, стрічкових, лопатевих, Г- і П-подібних, оснащених лопатями і ножами-подрібнювачами різних конфігурацій і типів, з пружними та еластичними елементами тощо [5-14]. Також важливим аспектом розроблення технологічних процесів отримання спіралей шнеків є залучення в них різного типу обладнання та оснащення, а відтак процесам їх проектування і розрахунку також надавалась суттєва увага [5, 6, 8-12, 16-20].

Метою роботи є технологічне проектування процесу виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків.

Виклад основного матеріалу. Виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків є досить складним процесом, який передбачає виконання певного набору

технологічних операцій. На сьогодні опрацьовано окремі технології виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків, які викладено в [6, 8, 9]. Вони передбачають виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків з використанням ручного інструменту [6, 8] та механізовані способи з попереднім розрізанням на певну глибину зовнішньої крайки навитої щільним пакетом на ребро спіралі шнека з подальшим загинанням на ній ножів-подрібнювачів за використання оправки та ролика, оснащених спеціальними формувальними втулками [9]. Однак, розроблені процеси є досить складними і потребують вдосконалення. З метою зниження енергоємності і трудомісткості процесу виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків нами запропоновано новий технологічний процес, суть якого викладено нижче.

Запропонований технологічний процес виготовлення ножів-подрібнювачів на навитих щільним пакетом на ребро спіралях шнеків включає виконання таких технологічних операцій:

- калібрування навитої щільним пакетом на ребро спіралі шнека на певний крок;
- проточування зовнішньої крайки спіралі шнека;
- заточування зовнішньої крайки спіралі шнека;
- розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека на певну глибину з відповідним кроком з метою отримання заготовок під ножі-подрібнювачі;
- загинання ножів-подрібнювачів на спіралі шнека на певний кут;
- калібрування спіралі шнека з виготовленими ножами-подрібнювачами на встановлений крок.

Розглянемо згаданий технологічний процес детальніше.

Перша операція - калібрування навитої щільним пакетом на ребро спіралі шнека на певний крок, є широковідомою [5] і не потребує детального обґрунтування, здійснюється відомими методами шляхом або закріплення спіралі шнека в двох опорах (як правило, в оправці, яка кріпиться у шпинделі токарного верстата і в затискному механізмі різцетримача) з подальшим розтягуванням на відповідний крок, або в одній опорі (як правило в оправці, яка кріпиться у шпинделі токарного верстата і містить вал, по якому проходить розтягнення спіралі під час калібрування, що іншим кінцем може кріпитися в центрі задньої бабки токарного верстата) і калібрувального пристосування (як правило клина), яке, здійснюючи повздовжній рух вздовж оправки, забезпечує калібрування спіралі шнека на визначений крок [5].

Особливістю даної операції є встановлення поздовжньої подачі супорта використовуюваного токарного верстата, що дорівнює кроку калібрування спіралі шнека. Виходячи із потреби виготовлення ножів-подрібнювачів висотою 5...40 мм на спіралях шнеків діаметром 50...250 мм, поздовжня подача супорта використовуюваного токарного верстата повинна бути мінімум на кілька міліметрів більшою від заданої висоти ножів-подрібнювачів. Це зумовлено тим, що при подальшому загинанні ножів-подрібнювачів їхня зовнішня кромка не повинна дотикатись до лінії загину ножів-подрібнювачів, які виконані на наступних витках. Необхідність забезпечення потрібної висоти ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків зумовлює підбір відповідного обладнання (токарного верстата), що застосовується у подальших операціях.

Друга операція - проточування зовнішньої крайки спіралі шнека. Вона здійснюється з використанням оригінального оснащення та інструменту, які представлені на рис. 1.

Оправка під відкалібровану на певний крок спіраль шнека складається із внутрішньої труби 1, яка одним кінцем затиснута в патроні 7 токарного верстата, а іншим встановлена в центрі 8 задньої бабки токарного верстата. Зі сторони центра 8 задньої бабки токарного верстата на зовнішній боковій поверхні внутрішньої труби 1

виконано різь, на яку нагвинчуються гайки 4. На внутрішній трубі 1 встановлена зовнішня труба 2, на якій виконано гвинтову наскрізну канавку, що за напрямком і кроком відповідає відкаліброваній на першій операції спіралі шнека. Зовнішня труба 2 закріплена на внутрішній трубі 1 гвинтами 6 зі сторони патрона 4 токарного верстата з можливістю стиску-розтягу гвинтової канавки. З правого боку вздовж усієї довжини гвинтової канавки на зовнішній трубі 2 закріплено гвинтами 5 опорний шнек 3 (як правило, квадратної чи прямокутної форми). Після загвинчування спіралі шнека у гвинтову канавку зовнішньої труби 2 здійснюють її затиск в оправці шляхом затиснення спіралі шнека у гвинтовій канавці загвинчуванням гайок 4.

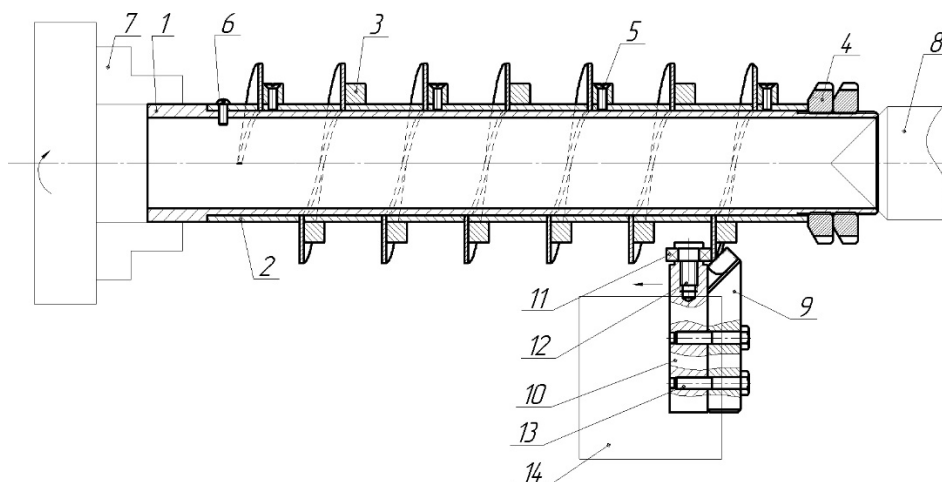


Рисунок 1 - Схема проточування зовнішньої крайки спіралі шнека

Джерело: розроблено авторами

Специфіка інструменту для проточування зовнішньої крайки спіралі шнека полягає в тому, що часто існують значні нерівності зовнішньої крайки спіралі шнека, утворені в процесі навивання, калібрування і її базування та затиску в оправці. Тому інструмент для проточування зовнішньої крайки спіралі шнека включає державку 10, до якої болтами 13 кріпиться різець 9. На торцевій поверхні державки 10, поряд з ріжучим лезом різця 9, в опорі 12 з можливістю колового обертання закріплено підтримуючий ролик 11. Державку 10 закріплено в різцетримачі 14 супорта токарного верстату.

Процес проточування зовнішньої крайки спіралі шнека проходить таким чином. Інструмент для проточування зовнішньої крайки спіралі шнека підводять до оправки таким чином, щоб зовнішня крайка спіралі шнека з торцевої правої сторони була підведена в зазор між різцем 9 і підтримуючим роликом 11. Далі одночасно вмикають обертаний рух (із встановленою частотою) патрона 7 токарного верстата з оправкою та спіраллю шнека та рух поздовжньої подачі різцетримача 14 супорта токарного верстату з інструментом для проточування зовнішньої крайки спіралі шнека, що дозволяє забезпечити проточування зовнішньої крайки спіралі шнека по всій її довжині.

В таблиці 1 подано конструктивно-технологічні параметри операції проточування зовнішньої крайки спіралі шнека. Слід зазначити, що поздовжня подача різцетримача 14 супорта токарного верстату з інструментом для проточування зовнішньої крайки спіралі шнека повинна відповідати кроку відкаліброваної на першій операції спіралі шнека.

Третя операція - заточування зовнішньої крайки спіралі шнека. Вона є подібною до попередньої і конструктивно-технологічні параметри операції проточування зовнішньої крайки спіралі шнека, які представлені таблиці 1, є аналогічними для неї. Різниця полягає лише у використанні заточувального інструменту (рис. 2), на заміну

інструменту для проточування зовнішньої крайки спіралі шнека. Даний заточувальний інструмент включає державку 9, яка кріпиться у різцетримачі 14 супорта токарного верстату, до якої гвинтами 12 і 13 приєднані заточувальні елементи 10 та 11.

Таблиця 1 - Конструктивно-технологічні параметри операцій проточування та заточування зовнішньої крайки спіралі шнека

№	Частота обертання оправки, об/хв	Поздовжня подача інструменту, мм/об	Зовнішній діаметр спіралі, мм	Висота спіралі, мм	Товщина спіралі, мм	Висота ножів-подрібнювачів, мм
1	3...9	7...18	50	10...15	0,8...2,0	5...10
2	3...12	7...20	80	10...25	1,0...2,5	5...12
3	3...15	7...25	100	10...35	1,0...3	5...15
4	3...18	7...30	125	10...45	1,2...3,5	5...20
5	3...22	7...35	150	10...55	1,5...3,5	5...25
6	3...25	7...45	200	10...75	1,8...4,0	5...35
7	3...30	7...50	250	10...90	2,0...4,0	5...40

Джерело: розроблено авторами

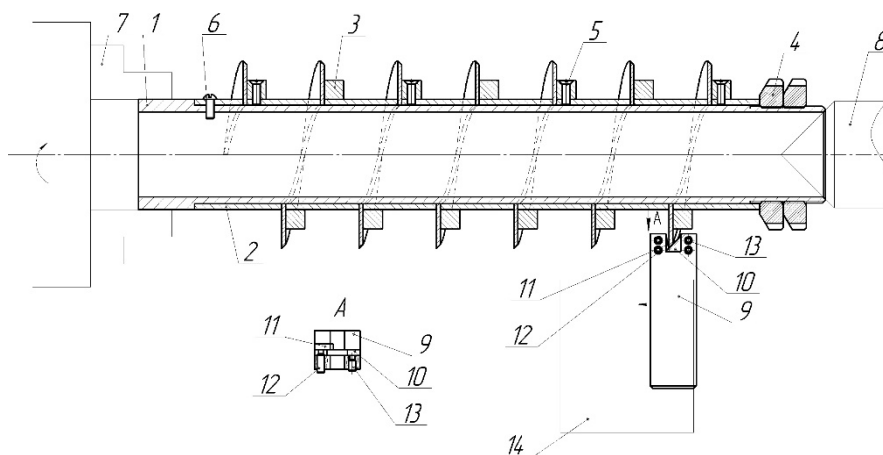


Рисунок 2 - Схема заточування зовнішньої крайки спіралі шнека

Джерело: розроблено авторами

Четверта операція - розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека на певну глибину з відповідним кроком з метою отримання заготовок під ножі-подрібнювачі. Вона передбачає розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека 9 (рис. 3), з певним кроком по усій її довжині, дисковими прорізними фрезами 11 (або абразивними прорізними кругами) на потрібну глибину з метою отримання заготовок під ножі-подрібнювачі 10. Відстань між дисковими прорізними фрезами 11 (або абразивними прорізними кругами) визначається шириною ножів-подрібнювачів. Інструменти встановлюються на шпинделі горизонтально-фрезерного (круглошліфувального) верстата. Оправка для затиску шнека закріплюється у патроні 7 ділильної головки та допоміжного центра 8 верстата.

Операція реалізується шляхом підведення дискових прорізних фрез 11 (або абразивних прорізних кругів) до початку оправки із закріпленим шнеком 9 і виставлення їх на відповідну глибину, яка відповідає висоті ножів-подрібнювачів 10. Потім вмикається обертовий рух шпинделя, на якому кріпляться прорізні фрези 11 (або абразивні прорізні круги), а також поздовжня подача стола верстата із ділильною

головкою, на якій закріплено оправку із шнеком. Це забезпечує виготовлення заготовок під ножі-подрібнювачі 10 по усій довжині зовнішньої крайки шнека 9.

Після здійснення першого переходу розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека 9 по усій її довжині, проводиться відвід оправки із шнеком 9 у вихідне положення. Далі проводиться провертання патрона 7 ділильної головки на необхідний кут, який відповідає кроку розташування ножів-подрібнювачів, і процес повторюється до моменту розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека 9 з певним кроком по усій її довжині.

У таблиці 2 подано конструктивно-технологічні параметри операції розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека.

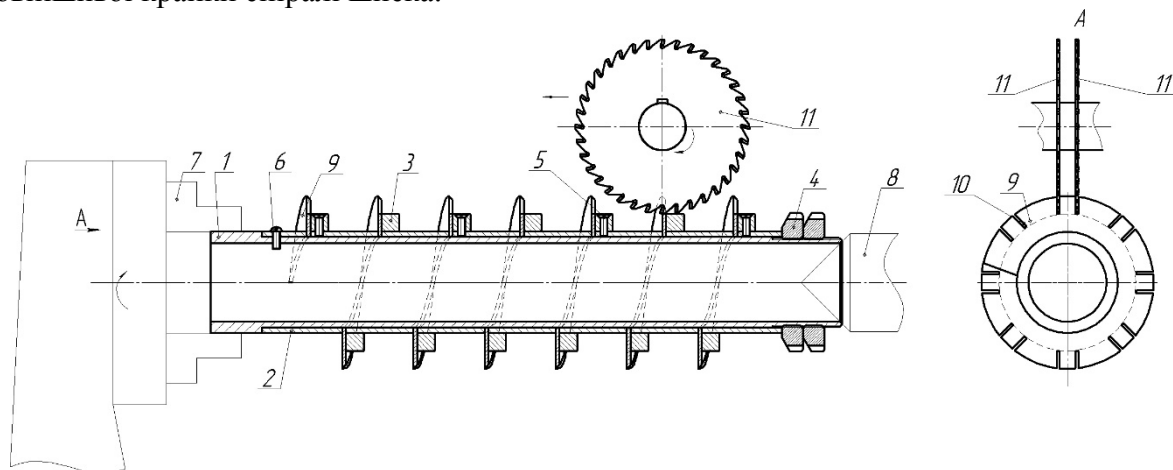


Рисунок 3 - Схема розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека для отримання заготовок під ножі-подрібнювачі

Джерело: розроблено авторами

П'ята операція - загинання ножів-подрібнювачів на спіралі шнека на певний кут. Ця операція передбачає загинання заготовок під ножі-подрібнювачі 9 роликem 11, який розміщено на радіальному підшипнику 12, що встановлений на опорі 13, яка закріплена через різьбове з'єднання 15 в державці 10, що встановлена у різцетримачі 14 супорта токарного верстату (рис. 4). Альтернативний варіант її виконання можливий з використанням горизонтально-фрезерного (круглошліфувального) верстату, шляхом закріплення оправки, аналогічно до попередньої операції, а ролика 11 на шпинделі горизонтально-фрезерного (круглошліфувального) верстату, але розглянемо варіант виконання на токарному верстаті.

Операція реалізується шляхом підведення ролика 11 до початок оправки із закріпленою спіраллю шнека 16 і виставлення його на відповідну глибину, яка відповідає куту нахилу ножів-подрібнювачів 9. Потім вмикається поздовжня подача різцетримача 14 супорта токарного верстату і проводиться загинання заготовок під ножі-подрібнювачі 9 по усій довжині зовнішньої крайки спіралі шнека 16. Після проходження першого переходу загинання зовнішньої крайки спіралі шнека 16 по усій її довжині проводиться відвід (за рахунок вмикання поперечної подачі) різцетримача 14 супорта токарного верстату з роликem 11 і його виставлення у вихідне положення (на початок оправки із закріпленою спіраллю шнека 16). Далі проводиться провертання патрона 7 токарного верстату на необхідний кут, який відповідає кроку розташування ножів-подрібнювачів 9, і процес повторюється до моменту загинання усіх ножів-подрібнювачів 9 на спіралі шнека 16. Причому, при необхідності є можливість

забезпечувати різностороннє загинання ножів-подрібнювачів 9 при виконанні даної операції.

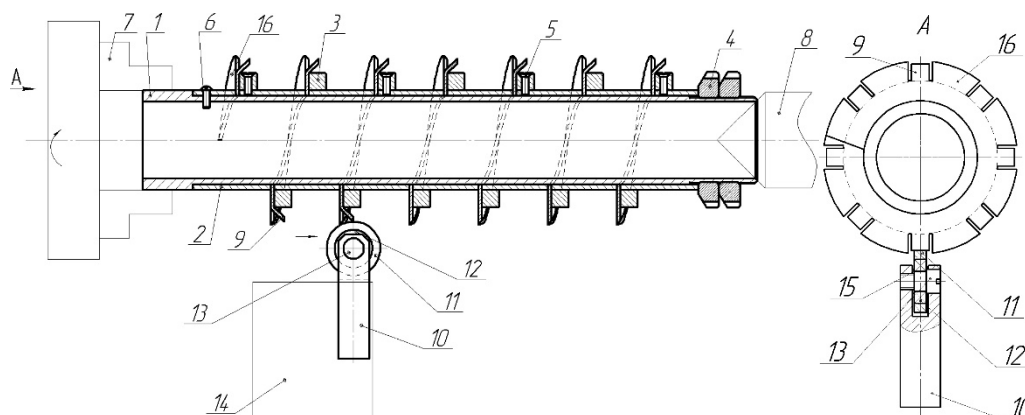


Рисунок 4 - Схема загинання ножів-подрібнювачів на спіралі шнека

Джерело: розроблено авторами

У таблиці 2 подано конструктивно-технологічні параметри операції загинання ножів-подрібнювачів на спіралі шнека на певний кут.

Таблиця 2 - Конструктивно-технологічні параметри операцій виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралі шнека

№	Частота обертання розрізного інструменту, об/хв	Подача розрізного інструменту (фрези), мм/зуб	Поздовжня подача ролика, мм/хв	Зовнішній діаметр шнека, мм	Кут нахилу ножів-подрібнювачів, град	Товщина спіралі, мм	Висота подрібнювачів мм
1	2800...11000	0,02...0,03	500...1000	50	1...90	0,8...2,0	5...10
2	2800...11000	0,02...0,03	500...1000	80	1...90	1,0...2,5	5...12
3	2800...11000	0,02...0,03	500...1000	100	1...90	1,0...3	5...15
4	2800...11000	0,02...0,03	400...900	125	1...90	1,2...3,5	5...20
5	2800...11000	0,02...0,03	400...900	150	1...90	1,5...3,5	5...25
6	2800...11000	0,02...0,035	300...800	200	1...90	1,8...4,0	5...35
7	2800...11000	0,025...0,035	300...800	250	1...90	2,0...4,0	5...40

Джерело: розроблено авторами

Шоста операція - калібрування спіралі шнека з виготовленими ножами-подрібнювачами на встановлений крок (рис. 5). Вона виконується з використанням калібрувального клина 10, який вводиться у міжвитковий простір спіралі шнека 13 з подальшим розгинання на потрібний крок останньої. При цьому спіраль шнека 13, з виготовленими на ній ножами-подрібнювачами 9, прикріплюється до труби 1 клинами 4, 7 і гвинтами 6. Трубу 1 одним кінцем закріплено в патроні 7 токарного верстата, а іншим - встановлено в центрі 8 задньої бабки токарного верстата. Калібрувальний клин 10 встановлено на державці 11, яку закріплено в різцетримачі 14 супорта токарного верстату.

Процес реалізується шляхом підведення калібрувального клина 10 до початку спіралі шнека 13 і введенням його у її міжвитковий простір. Потім вмикається поздовжня подача різцетримача 14 супорта токарного верстату і проводиться калібрування спіралі шнека 13 по усій її довжині. Після завершення операції калібрування спіраль шнека 13 відкріплюється та знімається з труби 1 і використовується за призначенням.

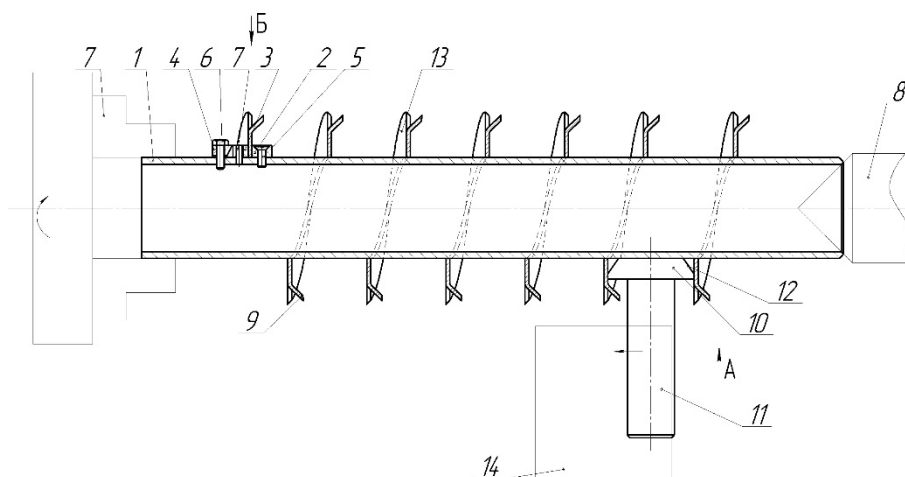


Рисунок 5 – Схема калібрування шнека з виготовленими ножами-подрібнювачами
Джерело: розроблено авторами

Висновки.

1. Розроблено технологічний процес виготовлення ножів-подрібнювачів на навитих щільним пакетом на ребро спіралях шнеків з виконанням наступних базових операцій: калібрування навитої щільним пакетом на ребро спіралі шнека на певний крок; проточування зовнішньої крайки спіралі шнека; заточування зовнішньої крайки спіралі шнека; розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека на певну глибину з відповідним кроком з метою отримання заготовок під ножі-подрібнювачі; загинання ножів-подрібнювачів на спіралі шнека на певний кут; калібрування спіралі шнека з виготовленими ножами-подрібнювачами на встановлений крок.

2. Розроблено схеми проточування та заточування зовнішньої крайки спіралі шнека, розрізання зовнішньої крайки спіралі шнека для отримання заготовок під ножі-подрібнювачі, їх загинання, а також калібрування спіралі шнека з виготовленими ножами-подрібнювачами на потрібний крок.

3. Встановлено конструктивно-технологічні параметри операцій проточування та заточування зовнішньої крайки спіралі шнека, а також конструктивно-технологічні параметри операцій виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралі шнека.

Список літератури

1. Hrytsai Yu. IN. Justification of the parameters of the combined screw conveyor-shredder of root crops: thesis ... technical college Sciences: special 05.05.11. Ternopil, 2020. 137 p.
2. Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дмитрів Д.В. Моделювання роботи малогабаритного лопатево-гвинтового змішувача. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Вип. 6. Луцьк, 2000. С. 129-135.
3. Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дмитрів Д.В., Гудь В.З., Дмитрів О.Р. Моделювання змішування компонентів гвинтовими конвеєрами-змішувачами. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Випуск 45. Луцьк, 2020. С. 84-93.
4. Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дячун А.Є. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів: монографія. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 280 с.
5. Гевко Б.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Драган А.П., Новосад І.Я. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових деталей, Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. 367 с.
6. Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Гупка А.Б., Третяков О.Л. Технологічне проєктування та виготовлення гвинтових транспортно-технологічних робочих органів. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2025. 457 с.
7. Ivan Nevko, Andriy Pik, Roman Komar, Oleh Stibaylo, Serhiy Koval' Peculiarities of technological design of U-shaped screw transport and technological working bodies : Scientific Journal of TNTU. Ternopil.: TNTU, 2024. Vol 113. No 1. P. 5–15.
8. 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 // Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39). Част.2. С. 24-34.
9. Стібайло О.Ю. Технологічні та конструктивні особливості виготовлення гвинтових елементів сільськогосподарської техніки. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41). Ч.2. С. 55-64.

10. Пилипець М. І., Васильків В. В., Радик Д. Л., Пилипець О. М. Передумови розроблення комбінованих операцій виготовлення гвинтових і шнекових заготовок методом обробки металів тиском. Перспективні технології та прилади. 2021. Вип. 18. С. 112–123.
11. Гевко І. Б., Лещук Р. Я., Гудь В. З., Дмитрів О. Р., Дубиняк Т. С., Навроцька Т. Д., Круглик О. А. Гнучкі гвинтові конвеєри: проектування, технологія виготовлення, експериментальні дослідження. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 207 с.
12. Васильків В. В. Л. Д. Радик, І. Б. Гевко Технологічні та конструктивні особливості виготовлення гвинтових заготовок з листового прокату : Міжвузівський збірник (за напрямом «Інженерна механіка»): «Наукові нотатки»; ЛДТУ. 2004. Вип. 14. С. 12–18.
13. Hevko. I.B., Dyachun A.Ye., Lyashuk O.L., Martsenko S.V., Gypka A.B. Research the force parameters of forming the screw cleaning elements. INMATEH - Agricultural Engineering. Polytechnic University of Bucharest, 2016, - Vol. 49, № 2, p.77-82.
14. Rogatinskiy R., Hevko I., Gypka A., Garmatyk O., Martsenko S. Feasibility study of the method choice of manufacturing screw cleaning elements with the development and use of software. Acta Technologica Agriculturae. Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. 2017. No. 2. P. 36–41. doi.org/10.1515/ata-2017-0007
15. Study of Dynamic and Power Parameters of the Screw Workpieces with a Curved Profile Turning // [Ivan Hevko, Andrii Diachun, Oleg Lyashuk, Yuriy Vovk, Andriy Hupka] – Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. Proceedings of the 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2021, June 8–11, 2021, Lviv, Ukraine Volume 1: Manufacturing and Materials Engineering, P. 385-394.
16. Hevko. I.B., Dyachun A.Ye., Hud V.Z., Rohatynska L.R., Klendiy V.M. Investigation of the stability of the torsorial vibrations of a screw conveyer under the influence of pulse forces. INMATEH - Agricultural Engineering. Polytechnic University of Bucharest, 2015, Vol. 45, № 1, p.77-86.
17. Гевко І. Моделювання характеру навантаження на гвинтові робочі органи. Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2011, Том 16. № 1, с.69-77.
18. Гурик О.Я. Гевко І.Б., Драган А.П. До питання моделювання геометрії робочих органів гвинтових змішувачів. Вісник ТДТУ, Тернопіль, 2002, Том 7, № 4, с. 54-60.
19. Feng Guang- liang, Bai Yin-shan. Some moulding ways of spiral vane. Coal Mine Machinery. 2006 Vol. 27 No. 9, p. 835-849.
20. Li Zheng Feng, Li Qiang Jiang. Design of combined helical blade manufacturing device. Advanced Materials Research. 2013. Vol. 753–755. P. 1386–1390. Crossref. Doi: 10.4028/www.scientific.net/amr 753-755.1386. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR>

References

1. Hrytsai Yu. IN. Justification of the parameters of the combined screw conveyor-shredder of root crops: thesis ... technical college Sciences: special 05.05.11. Ternopil, 2020. 137 p. [in Ukrainian].
2. Rohatynskiy, R. M., Hevko, I. B., & Dmytriv, D. V. (2000). Modeliuvannia roboty malohabarytnoho lopatevohvyntovoho zmishuvacha. Silskohospodarski mashyny: zb. nauk. statei.–Lutsk, 129-135. [in Ukrainian]
3. Rohatynskiy, R. M., Hevko, I. B., Dmytriv, D. V., Hud, V. Z., & Dmytriv, O. R. (2020). Modeliuvannia zmishuvannia komponentiv hvyntovymy konveieramy-zmishuvachamy. Silskohospodarski mashyny, (45), 84-93. [in Ukrainian].
4. Rohatynskiy, R. M., Hevko, I. B., & Diachun, A. I. (2014). Naukovo-prikladni osnovi stvorennia gvintovikh transportno-tehnologichnikh mekhanizmv [Scientific and applied foundations of the creation of screw transport and technological mechanisms]. Ternopil: TNTU imeni Ivana Pulyuya.[in Ukrainian].
5. Hevko, B. M., Liashuk, O. L., Hevko, I. B., Drahan, A. P., & Novosad, I. Ya. (2008). Tekhnolohichni osnovy formoutvorennia spetsialnykh profilynykh hvyntovykh detalei. Ternopil: SMP “Taip. [in Ukrainian].
6. Hevko, I. B., Liashuk, O. L., Diachun, A. Ye., Hupka, A. B., & Tretiakov, O. L. (2025). Tekhnolohichne proiektuvannia ta vyhotovlennia hvyntovykh transportno-tehnolohichnykh robochykh orhaniv. FOP Palianytsia V. A. [in Ukrainian].
7. Hevko, I., Pik, A., Komar, R., Stibaylo, O., & Koval, S. (2024). Peculiarities of technological design of U-shaped screw transport and technological working bodies. Scientific Journal of TNTU, 113(1), 5–15.
8. Hevko, I. B., Leshchuk, R. Ya., Bryksa, A. O., Stibailo, O. Yu., & Koval, S. O. (2023). Osoblyvosti konstruksii i tekhnolohichnoho proiektuvannia robochykh orhaniv lopatevykh hvyntovykh zmishuvachiv. Tsentralnoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky, 8(39, chast. 2), 24–34. [in Ukrainian]
9. Stibailo, O. Yu. (2024). Tekhnolohichni ta konstruktivni osoblyvosti vyhotovlennia hvyntovykh elementiv silskohospodarskoi tekhniky. Tsentralnoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky, 10(41, chast. 2), 55–64 [in Ukrainian].
10. Pylypets, M. I., Vasykiv, V. V., Radyk, D. L., & Pylypets, O. M. (2021). Peredumovy rozroblennia kombinovanykh operatsii vyhotovlennia hvyntovykh i shnekovykh zahotovok metodom obrobky metaliv tyskom. Perspektyvni tekhnolohii ta prylady, 18, 112–123. [in Ukrainian].
11. Hevko, I. B., Leshchuk, R. Ya., Hud, V. Z., Dmytriv, O. R., Dubyniak, T. S., Navrotska, T. D., & Kruhlyk, O. A. (2019). Hnuchki hvyntovi konveieri: proiektuvannia, tekhnolohiia vyhotovlennia, eksperymentalni doslidzhennia. FOP Palianytsia V. A. [in Ukrainian].
12. Vasykiv, V. V., Radyk, L. D., & Hevko, I. B. (2004). Tekhnolohichni ta konstruktivni osoblyvosti vyhotovlennia hvyntovykh zahotovok z lystovoho prokату. Naukovi notatky LDTU, 14, 12–18. [in Ukrainian.]

13. Hevko, I. B., Dyachun, A. Ye., Lyashuk, O. L., Martsenko, S. V., & Gypka, A. B. (2016). Research the force parameters of forming the screw cleaning elements. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 49(2), 77–82 [in English].
14. Rogatinskiy, R., Hevko, I., Gypka, A., Garmatyk, O., & Martsenko, S. (2017). Feasibility study of the method choice of manufacturing screw cleaning elements with the development and use of software. *Acta Technologica Agriculturae*, 2, 36–41. <https://doi.org/10.1515/ata-2017-0007> [in English].
15. Hevko, I., Diachun, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., & Hupka, A. (2021). Study of dynamic and power parameters of the screw workpieces with a curved profile turning. In *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV: Proceedings of the 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2021 (Vol. 1, pp. 385–394)* [in English].
16. Hevko, I. B., Dyachun, A. Ye., Hud, V. Z., Rohatynska, L. R., & Klendiy, V. M. (2015). Investigation of the stability of the torsorial vibrations of a screw conveyer under the influence of pulse forces. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 45(1), 77–86. [in English].
17. Hevko, I. (2011). Modeliuvannya kharakteru navantazhennia na hvyntovi robochi orhany. *Visnyk TNTU*, 16(1), 69–77. [in Ukrainian].
18. Huryk, O. Ya., Hevko, I. B., & Drahan, A. P. (2002). Do pytannia modeliuvannya heometrii robochykh orhaniv hvyntovykh zmishuvachiv. *Visnyk TDTU*, 7(4), 54–60. [in Ukrainian]
19. Feng, G.-L., & Bai, Y.-S. (2006). Some moulding ways of spiral vane. *Coal Mine Machinery*, 27(9), 835–849.
20. Li, Z. F., & Li, Q. J. (2013). Design of combined helical blade manufacturing device. *Advanced Materials Research*, 753–755, 1386–1390. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR753-755.1386>.

Ivan Hevko, Prof., DSc., **Andrii Diachun**, Assoc. Prof., PhD, **Taras Dubynyak**, Assoc. Prof., PhD, **Oleg Stibailo**, **Andrii Gupka**, Assoc. Prof., PhD

Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu, Ternopil, Ukraine

Technological Features of the Production of Shredder Knives on Screw Spirals

Screw working bodies equipped with chopper knives and similar blade elements are used in various sectors of the economy, such as construction, food and processing, mining, road construction, etc. Their use often provides a combination of various technological operations related to the transformation of agricultural and other products, in particular grinding, mixing and moving. However, they found the widest use in the means for the production of materials, compound feed and other agricultural feed for feeding cattle, pigs, other animals and poultry. And taking into account the significant costs of preparing fodder from root crops in animal husbandry, which include their grinding, the problem of making shredding knives on auger spirals is quite important.

The purpose of the work is the technological design of the manufacturing process of shredder knives on auger spirals. The production of chopper knives on screw spirals is a rather complex process that involves the performance of a certain set of multi-disciplinary operations. To date, separate technologies for the production of shredding knives on auger spirals have been developed. They provide for the production of shredding knives on screw spirals using hand tools and mechanized methods with preliminary cutting to a certain depth of the outer edge wound with a dense package on the edge of the screw spiral with subsequent bending of the shredding knives on it for use frame and roller equipped with special forming bushings. However, the developed processes are quite complex and require improvement. In order to reduce the energy consumption and labor intensity of the process of manufacturing shredder knives on screw spirals, we have proposed a new technological process.

A technological process for the production of shredder knives on auger spirals wound with a dense package on an edge has been developed with the following basic operations: calibration of an auger spiral wound with a dense package on an edge to a certain step; boring of the outer edge of the spiral of the auger; sharpening the outer edge of the screw spiral; cutting the outer edge of the auger spiral to a certain depth with the appropriate step in order to obtain blanks for shredding knives; bending the chopper knives on the auger spiral to a certain angle; calibration of the auger helix with manufactured shredder knives to a set pitch.

Schemes for boring and sharpening the outer edge of the auger spiral, cutting the outer edge of the auger spiral to obtain blanks for shredder knives, their bending, as well as calibration of the auger spiral with manufactured shredder knives to the required step have been developed.

Based on the need to manufacture chopper knives with a height of 5...40 mm on screw spirals with a diameter of 50...250 mm, the longitudinal feed of the lathe caliper should be at least a few millimeters greater than the specified height of the chopper knives. This is caused by the fact that when further bending of the chopper knives, their outer edge should not lie or touch the bend line of the chopper knives, which are made on the following sections. The need to ensure the required height of the chopper knives on the spirals of the screws determines the selection of the appropriate equipment (lathe) involved in further operations. Taking into account these limitations, the structural and technological parameters of the boring and sharpening of the outer edge of the auger spiral were established, as well as the structural and technological parameters of the operations for the production of chopper knives on the auger spiral.

chopper knives, auger spiral, screw working body, method, technology, technological process

Одержано (Received) 21.02.2025

Прорецензовано (Reviewed) 28.02.2025

Прийнято до друку (Approved) 14.03.2025