

DOI 10.26886/2414-634X.2(21)2018.2

UDC 631.361.8

**ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES
AND STRUCTURAL FEATURES OF SCREW CONVEYORS****Yu. Grytsay**

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine, Ternopil

Screw conveyors are used in various sectors of the national economy - heavy industry, construction, agricultural production, etc. They are intended for the transfer of various bulk and artificial materials. In the agrarian sector, as a rule, screw conveyors are used. They are intended for moving in the horizontal, sloping and vertical directions of products of agrarian production, for example, root crops, potatoes, grains, fodder mixtures, mineral and organic fertilizers, etc. On the basis of their design features, they can simultaneously perform adjacent operations and functions - mixing products, dispensing materials, separating impurities, etc. On the basis of the advantages and disadvantages of the work of screw mechanisms, a constructive-functional scheme of the improved root canal conveyor was proposed.

Key words structural scheme, working body, working principle, knife-shredder, root crops, grinding.

Грицай Ю. В. Аналіз технологічних процесів і конструктивних особливостей шнекових транспортерів / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна, Тернопіль

Гвинтові конвеєри застосовують в різних галузях народного господарства – важкої промисловості, будівництві, сільськогосподарському виробництві тощо. Вони призначені для переміщення різних насипних і штучних матеріалів. В аграрному

секторі, як правило, використовують різновид механічних конвеєрів, до яких відносять шнекові транспортери. Вони призначені для переміщення в горизонтальному, похилому та вертикальному напрямках продуктів аграрного виробництва, наприклад, коренеплодів, картоплі, зерна, кормових сумішей, мінеральних і органічних добрив тощо. За ознакою своїх конструктивних особливостей вони можуть одночасно виконувати суміжні операції та функції – змішування продуктів, дозування матеріалів, сепарацію домішок тощо. На основі переваг і недоліків роботи шнекових механізмів запропоновано конструктивно-функціональну схему удосконаленого транспортера-подрібнювача коренеплодів.

Ключові слова: конструктивна схема, робочий орган, принцип роботи, ніж-подрібнювач, коренеплоди, подрібнення.

Вступ. Згідно з концепцією переходу України до стійкого розвитку, одним із стратегічних заходів у промисловому секторі є збільшення продуктивності та зменшення енерговитрат процесу роботи шнекових транспортерів, що застосовуються у технологічних лініях переробки сировини агропромислового сектору для виробництва різнопланової народногосподарської продукції.

Тваринницька галузь сільського господарства є основним споживачем кормів. Оскільки жоден вид кормів не містить достатньої кількості компонентів (поживних речовин, вітамінів, мікроелементів тощо), які необхідні для тварин, згодовування окремих видів кормів призводить до того, що тварини повільно розвиваються. Віддача від них знижується, зростають витрати на одиницю виробленої продукції, що призводить до зниження рентабельності виробництва продукції загалом [1, с. 31–33].

Наприклад, неправильне співвідношення корисних компонентів в раціоні свиней за елементами живлення веде до зниження середньодобового приросту їх маси на 30...35% і збільшення витрат корму на одиницю продукції до 50% [4, с. 9, 10]. У середньому витрати кормів на отримання 1 ц молока перевищують витрати праці в 1,5 раза, м'яса великої рогатої худоби – в 2,5 раза, свиней – в 2,0 рази, птиці – в 1,3 раза [5, с. 14–16].

При цьому якісні корми збільшують загальну поживність і забезпечують загальну потребу організму сільськогосподарських тварин (свиней, великої рогатої худоби, коней тощо) корисними речовинами в необхідній кількості та в їх необхідних співвідношеннях, що дозволяє на 15...20% підвищити загальну фізіологічну продуктивність тварин [7, с. 5].

Важливим фактором, який визначає в кінцевому випадку собівартість вироблених кормів, є показники використання технічних засобів попередньої підготовки та переробки компонентів аграрної продукції, які застосовуються в компоновальних (структурних) схемах внутрішніх кормогосподарських технологічних ліній (кормоцехів) самого аграрного підприємства, що призначені для виробництва кормів.

Для ефективної роботи такого підприємства компоновка обладнання його технологічних ліній повинна здійснюватися за блочно-модульним принципом, що дозволяє мінімізувати допоміжні передавальні (транспортні) операції та забезпечити можливість швидкої зміни режимів роботи цеху для приготування кормів, зменшити витрати енергоресурсів за гарантованого забезпечення необхідної якості продукції.

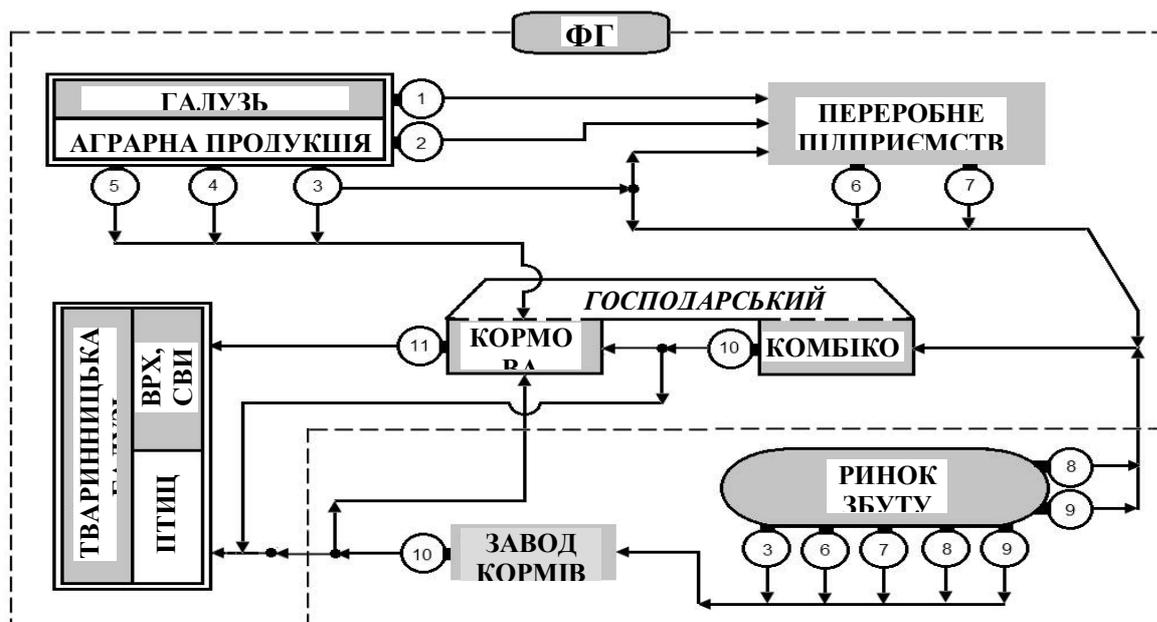


Рис. 1.1. Структурна схема варіантів технології отримання повнораціонних комбікормів і кормових сумішей в аграрному господарстві:

1 – зелена трава; 2 – насіння масляних культур; 3 – зерно; 4 – грубі корми; 5 – коренеплоди; 6 – трав'яна мука; 7 – відходи переробки зерна і олійного насіння; 8 – білково-мінеральні добавки; 9 – премікси; 10 – повнораціонні комбікорми; 11 – повнораціонні кормові суміші

На рис. 1 наведено одну із можливих структурних схем виробництва (приготування) кормів аграрним підприємством у процесі переробки продукції рослинництва. Забезпечення тварин соковитими кормами, які отримують шляхом переробки коренеплодів, є важливим завданням у загальному контексті підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин. Введення коренеплодів у раціон дійних корів збільшує молочну продуктивність на 10,3%, засвоєння органічних речовин – на 5...8%, використання азоту – на 3...5%. У цілому, коренеплоди сприяють збільшенню поїдання кормів на 8...11 % [6, с. 1].

Існуючі технологічні процеси та виконавчі технічні засоби для

переробки коренеплодів на соковитий корм (рис. 2) передбачають підготовці операції вивезення коренеплодів із сховища, їх транспортування до технічних засобів, які подрібнюють коренеплоди, подальші операції переміщення подрібнених коренеплодів до змішувачів-запарників, заключні операції вивантаження корму та його роздачі тваринам.

Формулювання мети статті та задач. Метою дослідження є підвищення (розширення) технологічних можливостей шнекових транспортерів шляхом розробки комбінованих робочих органів, які забезпечують одночасне подрібнення та переміщення коренеплодів у процесі їх підготовки та переробки на соковиті корми.

Основними задачами досліджень, які забезпечують реалізацію сформульованої мети, є обґрунтування параметрів комбінованого робочого органу шнекового транспортера-подрібнювача за умови зменшення енерговитрат процесу роботи технічних засобів, які застосовуються у технологічних лініях переробки коренеплодів.

Викладення основного матеріалу статті. На основі аналізу існуючої узагальненої структурної схеми операцій переробки коренеплодів на корм тваринам нами було висунуто наукову гіпотезу про можливість поєднання двох суміжних технологічних операцій подрібнення коренеплодів коренерізкою та транспортування подрібнених коренеплодів до змішувачів-запарників в одну технологічну операцію, яку реалізує один технічний засіб, рис. 2.

Реалізація такого технічного рішення в умовах виробництва забезпечить ефективне поєднання суміжних функціональних операцій, як подрібнення, так і одночасне транспортування коренеплодів одним удосконаленим комбінованим робочим органом шнекового транспортера, який змонтовано в технологічній лінії, призначеної для їх переробки та значно зменшить енергомісткість процесу порівняно з

існуючою технологією за рахунок усунення додаткового проміжного операційно-технологічного засобу (коренерізки), як окремого технічного елемента, що має свою певну матеріаломісткість і певні енергозатрати для незалежного приводу робочих органів.

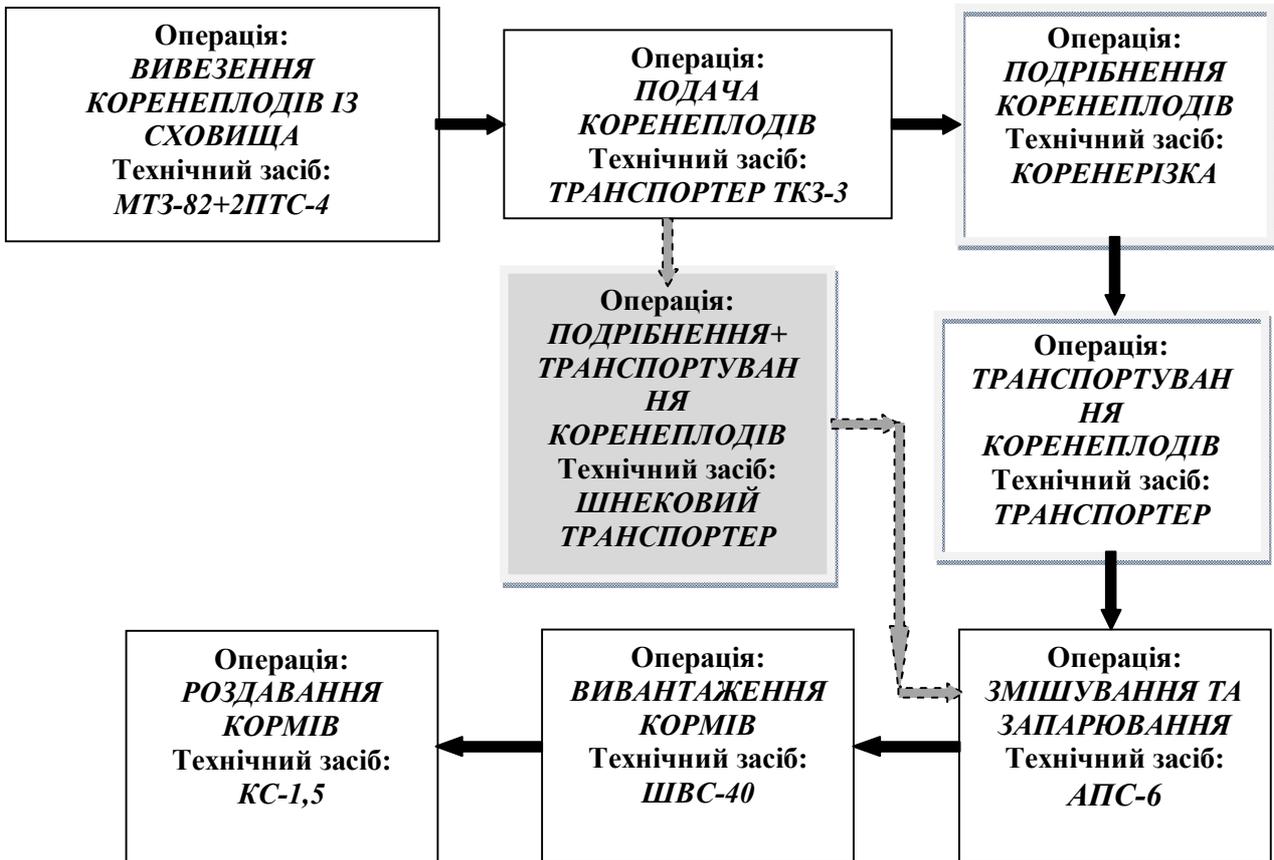


Рис. 2. Узагальнена структурна схема операцій переробки коренеплодів на корм

У загальному шнекові транспортери класифікують за такими основними критеріями систематизації (рис. 3): за напрямком руху матеріалу; за функціональним призначенням; за кутом нахилу; за формою виконання шнека; за способом переміщення.

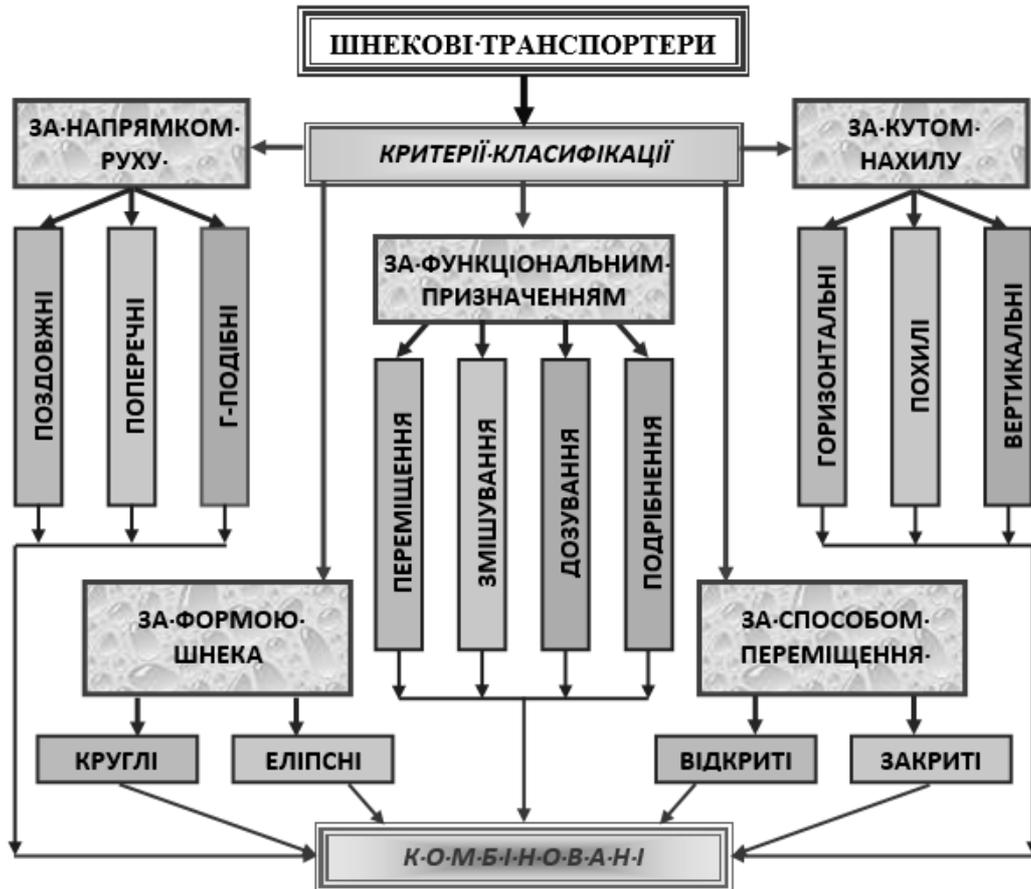


Рис. 3. Класифікація шнекових транспортерів

Шнекові транспортери, які класифікують «за напрямком руху» (поздовжні (рис. 4а, б), поперечні (рис. 4в), Г-подібні), а також шнекові транспортери, які класифікують за критерієм систематизації «за формою виконання шнека» (круглі, еліпсні (рис. 4г)) та ті які класифікують за «способом переміщення» (відкриті (рис. 4), закриті в більшості випадків застосовуються в коренезбиральних машинах для переміщення коренеплодів і сепарації ґрунтових та рослинних домішок[3, с. 140–142].

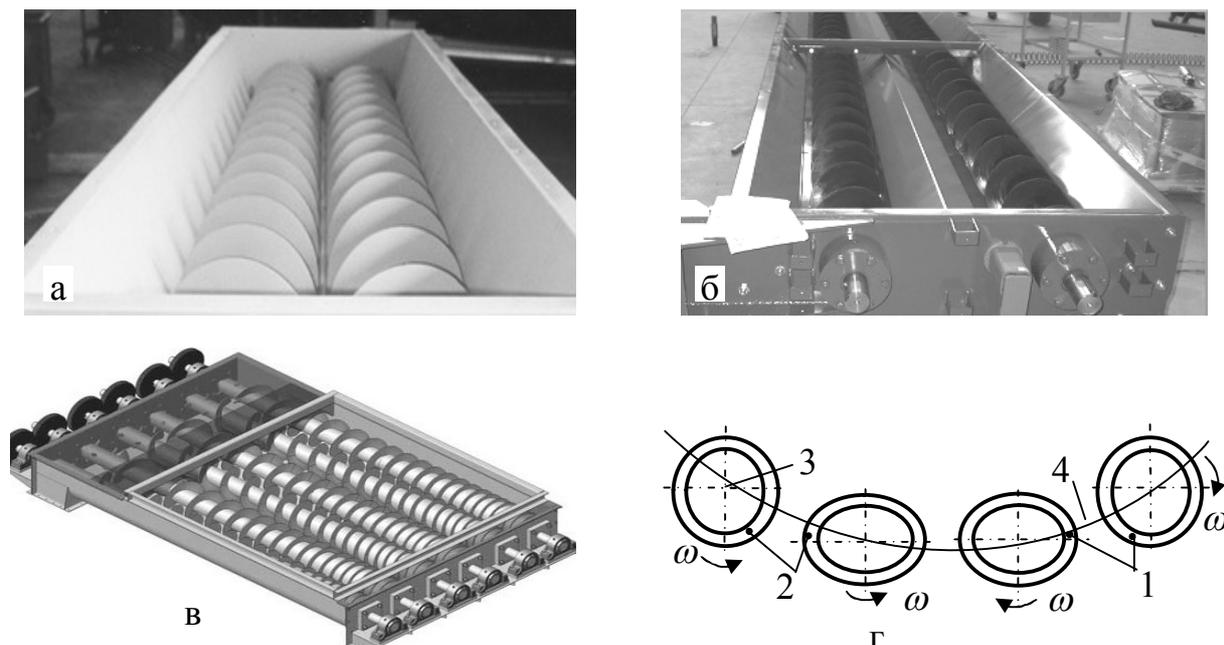
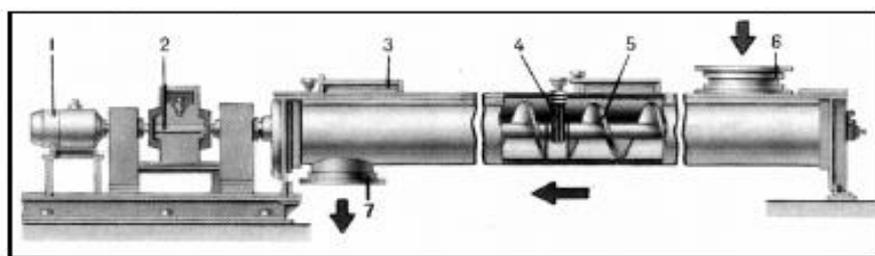


Рис. 4. Загальний вигляд поздовжнього (а, б), поперечного (в) та конструктивна схема поздовжнього еліпсного (г) шнекового транспортера: 1, 2 – права та ліва система еліпсних шнеків; 3 – вісь обертання; 4 – нижня гілка еліпса



**Рис. 5. Узагальнена схема шнекового транспортера: 1 – електродвигун;
2 – редуктор; 3, 6 – завантажувальна горловина;
4 – кожух; 5 – шнек;
7 – розвантажувальна горловина**

Відкриті шнекові транспортери, де шнек розташований в відкритому жолобі різної форми (рис. 4а, б, в), як правило застосовуються в технологічних лініях переробної промисловості для підготовки та переробки сировини з коренеплодів з метою одночасного переміщення, відокремлення ґрунтових і рослинних домішок, очищення коренеплодів від налиплого ґрунту на їх поверхні, або миття та відповідної хіміко-біологічної обробки коренеплодів, а також в лініях для роздачі кормів на тваринницьких фермах [8, с. 245, 247].

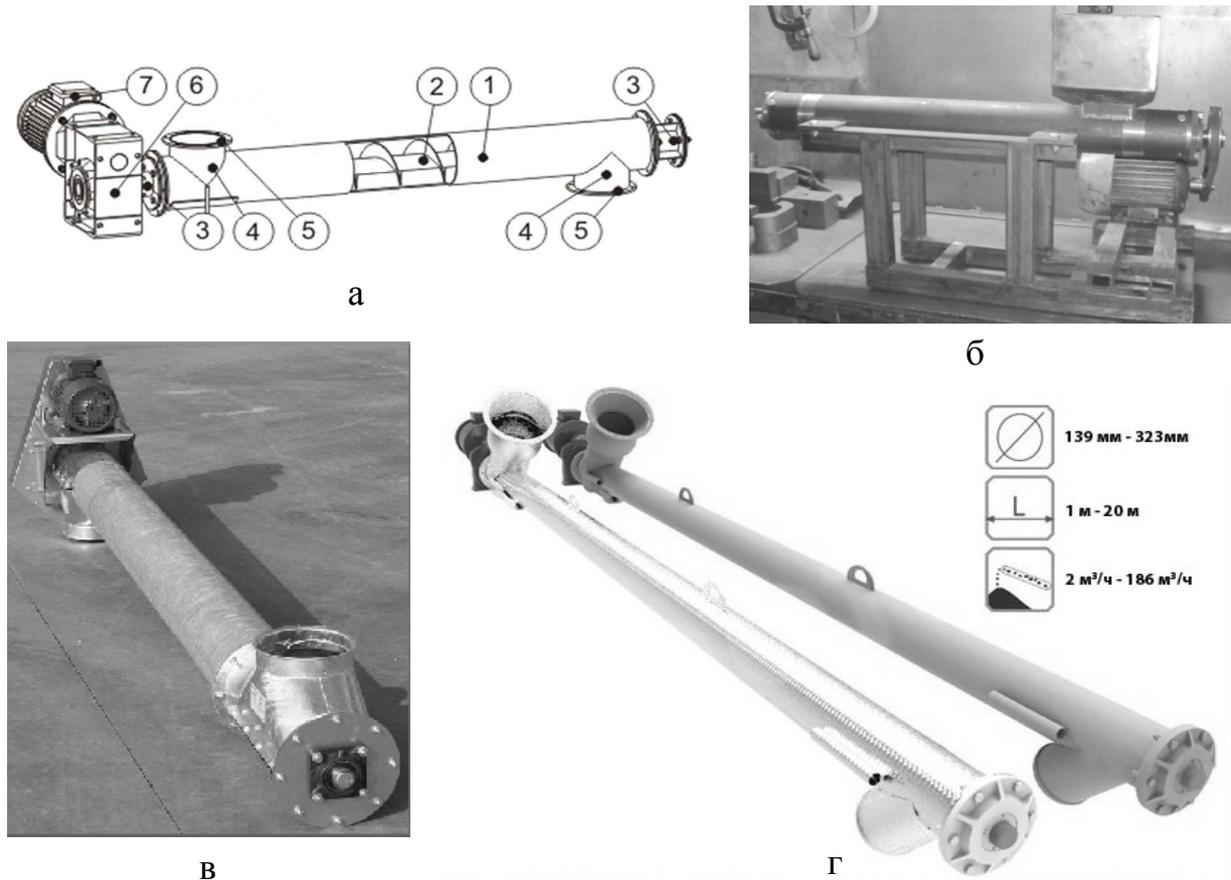


Рис. 6. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б, в, г) горизонтального шнекового транспортера: 1 – кожух; 2 – шнек; 3 – опора; 4 – завантажувальна та розвантажувальна горловина; 5 – фланець; 6 – редуктор; 7 – електродвигун

У загальному аспекті горизонтальний (пологопохилий) шнековий транспортер складається з повздожнього вала на якому закріплено гвинтові витки, які утворюють шнек 5, рис. 5. Шнек розміщено у кожусі 4 і встановлено у підшипникових опорах, при цьому осі вала шнека та приводу співпадають одна з одною. Привод шнека може бути виконаний у вигляді електродвигуна 1 з редуктором 2 (див. також рис. 6а, в, г; рис. 7б, в, г), або у вигляді електродвигуна з пасовою передачею (рис. 6б, рис. 7а), які приводять в обертний рух шнек.

Вантаж подається в жолоб через завантажувальний бункер або

завантажувальну горловину. Розвантаження жолоба проводиться через розвантажувальну горловину.

Шнеки таких транспортерів виконують з правим або лівим напрямком спіралі, яка може мати один, два, або три заходи навивання спіральних витків.

Комбіновані шнекові транспортери знайшли широке використання в сільськогосподарському виробництві, переробній та харчовій галузях промисловості, специфіка яких обумовлена широкою гамою технологічних процесів збирання та переробки продукції. Тому при їх проектуванні слід враховувати специфічні технічні вимоги та функціонально-експлуатаційні характеристики машин для виконання відповідних робіт, а також особливості транспортно-технологічних процесів і фізико-механічних властивостей матеріалів, які переробляються [2, с. 107–109; 9, с. 324–327].

Проведений аналіз технологічних процесів і конструкцій робочих органів існуючих шнекових транспортерів показав, що в них не розглядається питання реалізації технологічного процесу, який би забезпечував одночасне подрібнення та транспортування коренеплодів одним «суцільним» гвинтовим транспортним механізмом.

Патентний пошук, який проведено нами, дозволив виявити технічні гвинтові транспортні механізми, які спроможні реалізовувати запропоновану удосконалену технологію підготовки та переробки коренеплодів з використанням комбінованих робочих органів шнекових транспортерів.

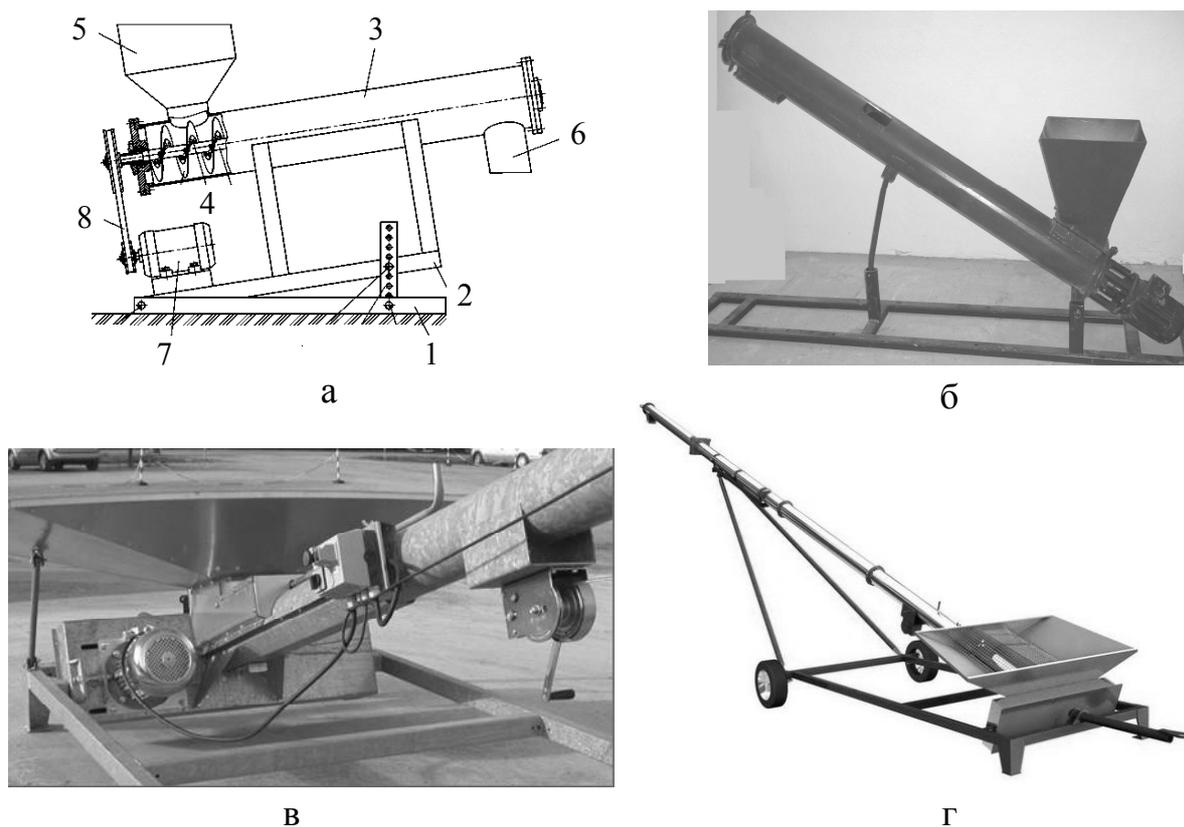
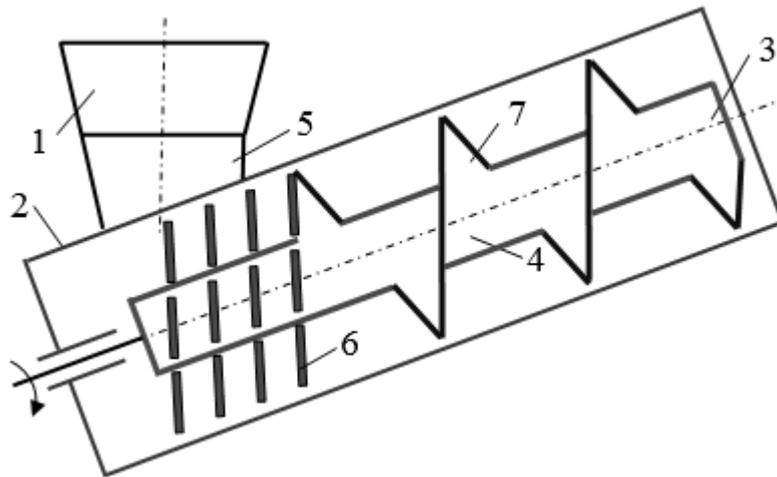


Рис. 7. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б, в, г) похилого шнекового транспортера: 1, 2 – відповідно, основна і рухома рама; 3 – закритий кожух; 4 – шнек; 5, 6 – завантажувальний бункер і розвантажувальна горловина; 7 – електродвигун; 8 – привод шнека

Згідно з [10, с. 1–4] конструктивна схема гвинтового транспортера-подрібнювача має бункер 1 (рис. 8), який закріплено зверху на направляючій трубі 2. Всередині направляючої труби встановлено шнек 3. На барабані 4 шнека в початковій зоні розташування завантажувальної горловини 5 бункера та під нею встановлено ножі-подрібнювачі 6. Також на барабані шнека за ножами-подрібнювачами по гвинтовій лінії встановлено спіральні витки 7.



**Рис. 8. Схема гвинтового транспортера-подрібнювача:
 1 – бункер; 2 – направляюча труба; 3 – шнек; 4 – барабан;
 5 – завантажувальна горловина; 6 – ніж-подрібнювач; 7 –
 спіральний виток**

Завантажені в бункер 1 коренеплоди через завантажувальну горловину 5 надходять в внутрішню частину прямої труби 2 в зону розташування ножів-подрібнювачів 6. Коренеплоди на першому етапі спочатку подрібнюються ножами-подрібнювачами 6, а потім транспортуються спіральними витками 4 за рахунок обертання шнекового конвеєра 3.

Технологічним недоліком гвинтового-транспортера-подрібнювача є взаємопов'язана залежність продуктивності роботи транспортної гвинтової частини шнека та подрібнювальної частини барабана шнека на якій закріплено ножі-подрібнювачі. Це призводить до необхідності технологічного узгодження продуктивність роботи двох окремих і залежних частин шнека, що значно знижує продуктивність роботи транспортера-подрібнювача загалом за причиною конструктивно-технологічної недосконалості виконання шнека – розподілення процесу роботи на дві окремі суміжні операції: спочатку операція подрібнення

коренеплодів, а потім операція транспортування.

Для усунення вказаних недоліків нами запропоновано удосконалену конструкцію комбінованого робочого органу шнекового транспортера-подрібнювача, рис. 9.

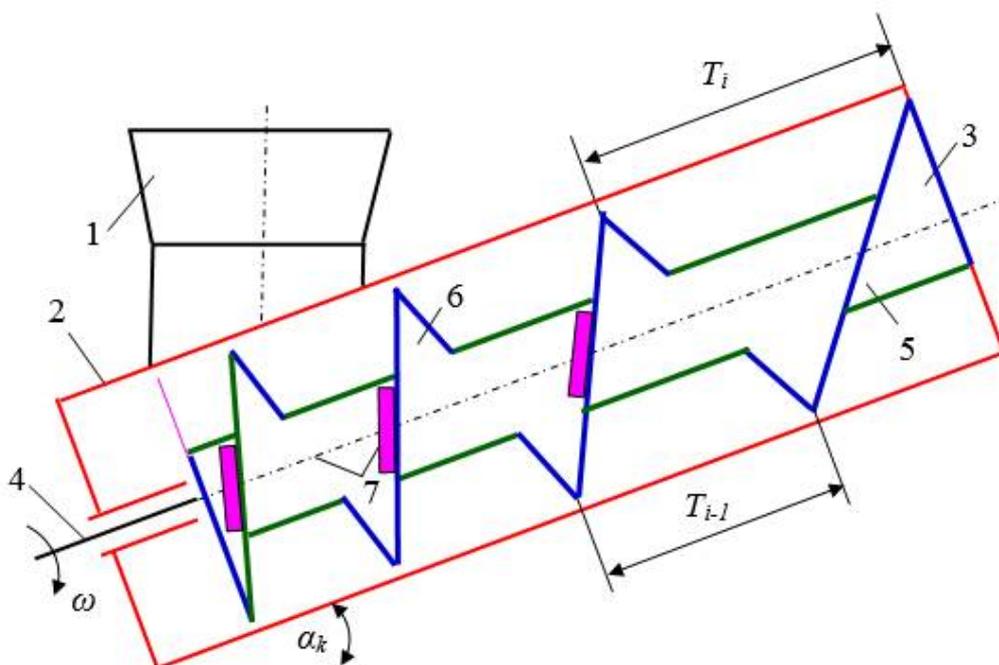


Рис. 9. Конструктивно-компонувальна схема удосконаленого шнекового транспортера-подрібнювача: 1 – завантажувальний бункер; 2 – напрямна труба; 3 – шнековий конвеєр; 4 – приводний вал; 5 – барабан; 6 – спіральний виток; 7 – ніж-подрібнювач

Шнековий транспортер-подрібнювач складається із завантажувального бункера 1 та напрямної труби 2. У напрямній трубі 2 встановлено шнековий конвеєр 3. Шнековий конвеєр 3 виконано у вигляді приводного вала 4 на якому змонтовано барабан 5. На барабані 5 приводного вала 4 по гвинтовій лінії закріплено спіральні витки 6. На внутрішній стороні спіральних витків відносно напрямку переміщення продукту встановлено пластинчаті Г-подібні ножі-подрібнювачі 7, при цьому крок T_{i-1} спіральних витків збільшується з

постійним кутом підйому гвинтової лінії в сторону вивантажувальної частини напрямної труби. Шнековий конвеєр приводиться в обертовий рух за рахунок приводного вала з частотою обертання ω . Напрямна труба комбінованого ГК може бути встановлена під кутом α_k до горизонту.

Шнековий транспортер-подрібнювач працює наступним чином.

Коренеплоди подаються в завантажувальний бункер 1, які в подальшому переміщуються в напрямну трубу 2 до шнекового конвеєра 3, або до пластинчатих ножів-подрібнювачів 7. Під час обертання барабана 5 і ножів-подрібнювачів відбувається одночасне подрібнення ножами-подрібнювачами та переміщення коренеплодів спіральними витками вздовж осі обертання шнекового конвеєра в сторону вивантажувальної частини напрямної труби.

Висновки. За рахунок одночасного подрібнення та переміщення подрібнених частинок коренеплодів спіральними витками відбувається розширення функціональних можливостей шнекового транспортера, а за рахунок виконання гвинтової лінії спіральних витків зі змінним кроком, який збільшується в сторону вивантажувальної частини напрямної труби збільшується швидкість осьового переміщення подрібнених частинок коренеплодів, або продуктивність роботи.

Література:

1. Алешкин В. Р. *Механізація животноводства.* / В. Р. Алешкин, П. М. Роцин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 218 с.
2. Барановський В.М. *Методологічні та конструктивно-технологічні аспекти розробки адаптованих коренезбиральних машин* / В. М. Барановський, М. І. Підгурський., М. Р. Паньків // *Вісник Тернопільського національного технічного університету.* – 2014. – Т. 2 (74). – С. 106–113.

3. Барановський В.М. Вдосконалення очисних систем вороху коренеплодів / В. М. Барановський, М. В. Потапенко // *Scientific journal. Innovative solutions in modern science*. –2016. –№ 1 (1). – С. 138–146.
4. Белянчиков М. М. Механізація тваринництва / М. М. Белянчиков, А. І. Смирнов. – К.: Вища шк. – 1980, – 375 с.
5. Белянчиков Н. Н. Механізація животноводства: посібник для с.-х. технікумов / Н. Н. Белянчиков, А. І. Смирнов. – К.: Вища шк., 1980. – 256 с.
6. Виговський А.Ю. Обґрунтування технологічного процесу і параметрів комбінованого очисника вороху кормових буряків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.11; Вінниця, 2006. 20 с.
7. Використання бактеріальних препаратів в свинарстві: наук.-практ. рек. / [Кучерявий В. П., Масенко О. М., Болоховський В. В. та ін.]. – Вінниця, 2009. – 20 с.
8. Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины / [Валерий Дубровин, Геннадий Голуб, Виктор Барановский та др.]. // *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. –2013. – Vol. 15. – № 3. – С. 243–255.
9. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва / [Г. М. Калетнік, М. Ф. Кулик. В. Ф. Петриченко та ін.] ; під ред. Г. М. Калетніка, М. Ф. Кулика. В. Ф. Петриченка, В. Д. Хорішка. – Вінниця : Енозіс, 2007. – 584 с.
10. Пат. на корисну модель 59289 А Україна. Гвинтовий транспортер-подрібнювач / Р. Б. Гевко, Данильченко М. Г., Вовк І. В. № 20021210512; заявл. 24.12.2002; опубл. 15.08.2003. Бюл. № 8.

References:

1. Aleshkyn V. R. *Mekhanyzatsiya zhyvotnovodstva*. / V. R. Aleshkyn, P. M. Roshchyn. – М.: Ahropromyzdat, 1985. – 218 s.
2. Baranovskyi V. M. *Metodolohichni ta konstruktyvno-tekhnologichni*

- aspekty rozrobky adaptovanykh korenezbyralnykh mashyn / V. M. Baranovskyi, M. I. Pidhurskyi., M. R. Pankiv // Visnyk Ternopil'skoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. – 2014. – T. 2 (74). – S. 106–113.*
3. *Baranovskyi V.M. Vdoskonalennia ochysnykh system vorokhu koreneplodiv / V. M. Baranovskyi, M. V. Potapenko // Scientific journal. Innovative solutions in modern science. –2016. –№ 1 (1). – S. 138–146.*
4. *Belianchykov M. M. Mekhanizatsiia tvarynnytstva / M. M. Belianchykov, A. I. Smyrnov. – K.: Vyshcha shk. – 1980, – 375 s.*
5. *Belianchykov N. N. Mekhanyzatsiia zhyvotnovodstva: posobye dlia s.-kh. tekhnikumov / N. N. Belianchykov, A. Y. Smyrnov. – K.: Vyshcha shk., 1980. – 256 s.*
6. *Vyhovskyi A. Yu. Obhruntuvannia tekhnolohichnoho protsesu i parametriv kombinovanoho ochysnyka vorokhu kormovykh buriakiv: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk: spets. 05.05.11; Vinnytsia, 2006. 20 s.*
7. *Vykorystannia bakterialnykh preparativ v svynarstvi: nauk.-prakt. rek. / [Kucheriavyi V. P., Masenko O. M., Bolokhovskiy V. V. ta in.]. – Vinnytsia, 2009. – 20 s.*
8. *Ydentyfikatsiia protsesa razrobotky adaptirovannoi korneuborochnoi mashyny / [Valeryi Dubrovyn, Hennadyi Holub, Vykto Baranovskyi ta dr.]// MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2013. – Vol. 15. – № 3. – S. 243–255.*
9. *Osnovy perspektyvnykh tekhnolohii vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva / [H. M. Kaletnik, M. F. Kulyk. V. F. Petrychenko ta in.] ; pid red. H. M. Kaletnika, M. F. Kulyka. V. F. Petrychenka, V. D. Khorishka. – Vinnytsia: Enozis, 2007. – 584 s.*
10. *Pat. na korysnu model 59289 A Ukraina. Hvyntovy transporter-podribniuvach / R. B. Hevko, Danylchenko M. H., Vovk I. V. № 20021210512; zaiavl. 24.12.2002; opubl. 15.08.2003. Biul. № 8.*