

УДК 621.825

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ГВИНТОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

С.М. Герук, канд.техн. наук

ІНЦ "ІМЕСГ";

Р.С. Грудовий, аспірант

Житомирський НАЕУ

---

*Проаналізовано праці вітчизняних та зарубіжних вчених, які вивчали проблему підвищення надійності транспортно-технологічних систем з гвинтовим робочим органом. Розглянуті існуючі способи виготовлення і відновлення робочих поверхонь шнекових транспортерів. Проаналізовано методи зміцнення поверхневого шару з точки зору технічної, екологічної та економічної доцільності*

*Ключові слова: шнекові транспортери, травмування, відновлення, наплавлення, зерновий потік.*

---

**Постановка проблеми.** У виробництві зернової продукції, а також у її подальшій переробці вагоме місце займають гвинтові (шнекові) транспортери. За їх допомогою здійснюються майже всі технологічні

---

© С.М. Герук, Р.С. Грудовий.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.

операції з вирощування, збирання та переробки зерна. Вони також застосовуються для переміщення пиловидних, порошкоподібних, насипних та інших вантажів.

Неминуче передчасне та нерівномірне зношування наливки шнекового транспортера призводить до втрати первинної форми, необхідної для якісного виконання технологічних операцій з транспортування зерна без його травмування. Внаслідок чого збільшується час транспортування, тобто зменшується продуктивність, що негативно впливає на енергоємність процесу (збільшуються витрати паливно-мастильних матеріалів та електроенергії), виникає потреба у відновленні робочого органу або його заміні. Сукупність зазначених факторів обумовлює зниження економічної ефективності використання шнекових транспортерів і збільшення собівартості продукції рослинництва, що є вельми негативним в сучасних умовах ринкових відносин.

Підвищення надійності шнекового робочого органу, вибір оптимальної технології його зміцнення потребує ретельних досліджень. Основна увага дослідників сконцентрована на методах зміцнення і формування зносостійких покриттів, але не приділяється належна увага вивченню травмування насіння відновленим робочим органом. Проблема забезпечення необхідної надійності, продуктивності гвинтових транспортерів та зменшення травмування зерна, при їх використанні, пов'язана, насамперед, з конструкційними особливостями, а також умовами експлуатації і матеріалами, які застосовуються для виготовлення відповідних деталей та вузлів.

Комплексний підхід для вирішення зазначених проблем з урахуванням закономірностей зміни форми робочих органів шнекових транспортерів у процесі абразивного тертя і зношування, аналізу собівартості при використанні концентрованих потоків енергії для їх відновлення і зміцнення при виготовленні та зменшення травмування зерна під час їх роботи є безумовно актуальним.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У даний час відома достатньо велика кількість наукових праць українських та зарубіжних вчених з дослідження гвинтових (шнекових) транспортерів (конвеєрів), в яких приводяться рекомендації з вибору основних параметрів шнека, таких, як крок наливки спіралі, співвідношення діаметра шнека і його осердя, зазор між наливкою і кожухом, обґрунтування режимів його роботи. Але основним недоліком гвинтових транспортерів є те, що вони травмують зерно та низький ресурс, що

призводить до підвищення енергоємності процесу транспортування та зменшення продуктивності.

У формування наукових основ теорії взаємодії матеріалів із гвинтовими робочими поверхнями та проектування шнекових механізмів великий вклад внесли П.М. Василенко, А.В. Погорілий, А.А. Омельченко, А.М. Григор'єв, Б.М. Гевко, М.І. Акімов, Р.М. Рогатинський, Г.В. Корнєєв, В.Д. Ткач, М.К. Штуков та інші.

Взаємодія шнекових механізмів з сільськогосподарськими матеріалами (зерном), вибір раціональних параметрів машин та їх режимів роботи, що не призводять до пошкодження біологічного матеріалу, розглянуто в роботах П.М. Василенка, В.П. Горячкіна, П.М. Заїки, Б.М. Гевка, О.П. Тарасенка, А.Н. Пугачова, В.Д. Гречкосія, Я.С. Левіна та ін.

Науковими дослідженнями В.В. Кузнєцова доведено, що зниження спрацювання поверхонь тертя робочих органів машин для післязбиральної обробітки зерновими потоками призводить до зменшення травмування самого зерна [5].

З 1968 року на кафедрі технології машинобудування Тернопільської філії Львівського політехнічного інституту, а нині - Тернопільському державному технічному університеті імені Івана Пулюя, під керівництвом д.т.н., проф. Гевка Б.М. проводяться комплексні теоретичні та експериментальні дослідження робочих органів гвинтових конвеєрів, виготовлених із спіралей, які навиті зі смугового матеріалу згідно науковому обґрунтуванню процесів формоутворення, розробці нових технологій навивання спіралей шнеків та промислового їх впровадженні. На основі цих досліджень і нововведень були розроблені принципово нові конструкції гвинтових робочих органів із визначеними функціонально-експлуатаційними параметрами. Ці пошуки направлені на виготовлення спіралей з високовуглецевих сталей, секційно-пружних штампованих елементів, секційно-шарнірних робочих органів [2].

В роботах Гевка Б.М., Рогатинського Р.М., Пилипця М.І. та ін. встановлено ряд теоретичних залежностей, які можуть бути використані за основу для визначення технологічних параметрів транспортування насінневих матеріалів. Дослідження процесу руху різних продуктів у гвинтових робочих органах машин, які їх транспортують, переробляють і обробляють, базується на основних законах механіки деформованих середовищ: збереження маси, імпульсу та енергії. В цьому випадку потрібно розглядати рух матеріальної точки по шор-

стких поверхнях транспортера і вивчити можливість розповсюдження загальних закономірностей руху точки на рух вантажу в цілому [2,6].

Р.Б. Гевком, при випробуванні на ресурс гвинтових робочих органів на дослідному стенді, встановлено, що при частоті обертання 950 об/хв і радіусі кривизни 0,5...1 м зміна кроку спіралі від 0,08 до 0,06 м призводить до збільшення кількості її циклів до поломки в 1,8...2,1 раза. Зміна висоти смуги від 0,03 до 0,025 м підвищує довговічність спіралі в 1,4...1,8 разів, а цементация спіралі (глибина цементации 1,2 мм, гартування і низький відпуск при 400 °С) збільшує кількість її циклів до руйнування в 4,3...5,8 разів [3].

За кордоном в конструкціях гвинтових конвеєрів, з метою зменшення травмування зерна, використовують полімерні матеріали (поліетилен, поліуретан, пропілен), які дають можливість збільшити термін служби конвеєрів і підвищують надійність їх роботи. З даного матеріалу виготовляють робочі органи шнекових транспортерів, або наносять його на зовнішню кромку витка чи на внутрішню поверхню кожуха.

Застосування полімерного матеріалу дає можливість зменшити зазор між витками шнека і внутрішньою поверхнею кожуха до 0,5...1,0 мм, що значно зменшить ступінь травмування зерна. Це пояснюється тим, що при попаданні зерна між внутрішньою поверхнею корпусу і витками шнека еластичний виток останнього відхиляється, пропускаючи зерно через верхню кромку, а потім відновлює своє попереднє положення. Проте вони не знайшли широкого застосування через малу жорсткість робочого органу, що спричиняє, при відповідних навантаженнях, зниження продуктивності [6].

**Мета досліджень.** Метою роботи є аналіз наукових праць вітчизняних та зарубіжних вчених, які вивчали проблему підвищення довговічності транспортно-технологічних систем з гвинтовим робочим органом, а саме спіралей шнеків, вплив відновлених поверхонь на травмування зерна та запропонувати шляхи їх удосконалення.

**Результати досліджень.** Проаналізувавши використання транспортно-технологічних систем з гвинтовим робочим органом у виробництві і переробці зерна, можна зробити висновок, що вони присутні майже в усіх машинах, які задіяні у даному виробництві. А саме: шнеки зернозбирального комбайна, мобільних та стаціонарних завантажувальних машин, очисних, зерносушильних, машин для передпосівної обробки насіння (шнекові протруювачі). І на усіх цих етапах відбувається контакт насіння з робочою поверхнею шнекового транспортера, що призводить до її травмування. Згідно даних О.П.Тарасенка, кількість

травмованих насінин після проходження всієї технологічної лінії по збиранню, післязбиральній та передпосівній обробці становить 80-90%, в тому числі на робочі органи транспортувальних машин припадає 28,8-79,4%. Установлено, що кожні 10% травмованих насінин знижують урожайність пшениці на 1,0-2,5 ц/га [7].

Травмування зерна залежить від наступних факторів:

- ймовірності контакту нетравмованої зернини з поверхнею тертя;
- швидкості зернини, з якою вона вдаряється об робочий орган;
- часу (протяжності) транспортування з наявним ударом чи тертям зернини із витком або кожухом шнекового транспортера;
- ймовірності защемлення зернини між витком і кожухом [2,6].

Ці фактори напряду залежать від конструкційних і технологічних параметрів транспортуючих машин, а також від фізико-механічних характеристик транспортованого матеріалу.

У вітчизняних сільськогосподарських машинах шнек складається з двох основних деталей – вал та спіраль. У залежності від використання шнекового транспортера роль вала може виконувати металева труба. Заготовкою для валів і труб служить прокат зі сталі марки Ст3Гпс за ГОСТ 380-2005. Матеріал спіралі – штаба Ст3Гпс або Ст5Гпс за ГОСТ 380-2005 [2,6].

Робочі органи шнекових транспортерів експлуатуються в умовах активного абразивного спрацювання та значних статичних і динамічних навантажень. У процесі післязбиральної обробки частинки зернового потоку рухаються по робочій поверхні шнекового транспортера в різних режимах і з різною швидкістю. Під час даного руху відбувається значне пошкодження робочої поверхні під дією вологи і фосфору, які знаходяться в оболонці насінини та кисню повітря, які акумулюються на поверхні тертя, тим самим провокуючи виникнення оксиду заліза і оксиду фосфору. Їх вміст на поверхні тертя є негативним і призводить до зниження якості металу, підвищення шорсткості, що прискорює його спрацювання, а також підвищує кількість травмованих насінин. Експериментальними дослідженнями В.В. Кузнецова встановлено, що після 200 годин роботи вміст фосфору на поверхні тертя збільшується в 3 – 3,5 рази. Тому робочі органи шнекових транспортерів повинні мати високу корозійну зносостійкість і міцність [1,4].

До конструкційних параметрів слід віднести: крок спіралі шнека, товщину і радіус заокруглення торцевої частини витка, матеріал виготовлення, шорсткість робочої поверхні витка і кожуха, ширини спіралі, діаметр осі шнека, діаметр кожуха, радіус кривизни траси транспорту-

вання, кут нахилу витка до нормального перерізу рукава, величина завантажувального і вивантажувального вікон, зазор між витком і кожухом шнека.

Одним із основних чинників, через який відбувається травмування зерна, є спрацьовування робочих поверхонь транспортерів зерновим потоком. Що супроводжується збільшенням зазору між витком і кожухом, а також шорсткість поверхні [2,7].

У роботах О.П. Тарасенка доведено, що при збільшенні зазору від 2 до 30 мм і постійній швидкості, травмування насіння зростає і досягає максимуму при зазорах, близьких до товщини насінини, а потім зменшується до мінімуму. При зазорах, менших мінімального розміру насінини, защемлення їх в процесі руху по кожуху не виявлено. При зазорах, більших трьох середніх розмірів насінини, на дні кожуха утворюється пасивний шар, який в залежності від кута нахилу шнека або нерухомий (при куті нахилу менше  $30^{\circ}$ ), або рухається протилежно по дну кожуха (кут нахилу більше  $30^{\circ}$ ). В цьому випадку також не спостерігається защемлення насінини в циліндричній частині кожуха, а їх пошкодження можливе за рахунок тертя об робочі поверхні і повторних впливах витка в приймальній частині транспортера на насіння, яке рухається протилежно основному напрямку руху [7].

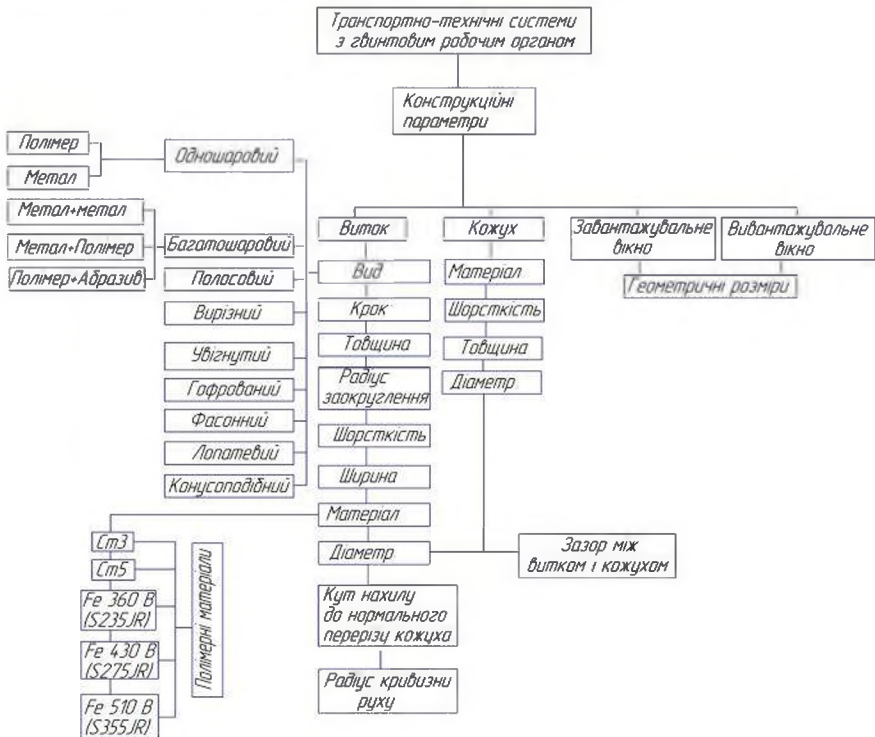
В процесі експлуатації машин під дією вищевказаного фактора з'являються місцеві вм'ятини і прогини на корпусах шнеків, які спричинюють зростання зазору та сприяють травмуванню зерна [2,7].

Аналізуючи фактор спрацьовування робочих поверхонь транспортерів зерновим потоком, ми розглянули його фізичну суть. Слід зазначити, що цей фактор впливає не лише на травмування зерна, але й на продуктивність шнекового транспортера. Зі збільшенням зазору, при постійній швидкості, відбувається зниження продуктивності, при цьому чим більша швидкість, тим більше зниження продуктивності. Так, при збільшенні зазору з 2 до 30 мм продуктивність шнека зменшується на 12...30 % в залежності від швидкісного режиму. Величина радіального зазору має великий вплив на продуктивність похилого шнека, особливо при куті нахилу більше  $30^{\circ}$ .

Для вирішення поставленого завдання було проведено аналіз способів виготовлення і відновлення транспортно-технологічних систем з гвинтовим робочим органом, який показано на рис. 1.

Після відпрацювання на технологічність, довговічність, енергетичність, екологічність і здатність травмувати транспортований матеріал даною транспортно-технологічною системою з гвинтовим робочим ор-

ганом, було обрано спосіб її удосконалення за рахунок нанесення захисного покриття на тильну сторону витка шнека [1,8].

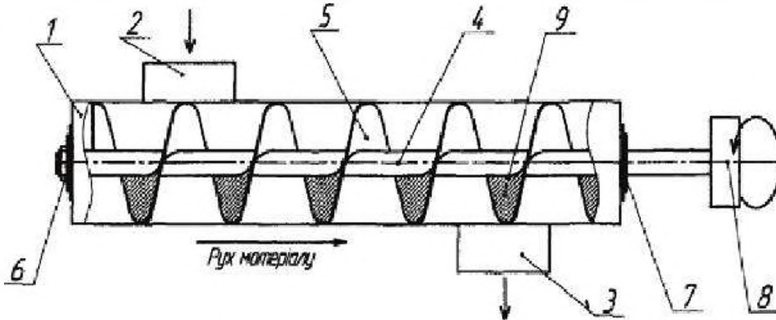


**Рис. 1.** Способи виготовлення і відновлення транспортно-технологічних систем з гвинтовим робочим органом

Гвинтовий конвеєр (рис. 2) складається з кожуха 1 із завантажувальним 2 і розвантажувальним 3 патрубками, транспортувальним гвинтом у вигляді вала 4 з витками 5, на яких із тильної сторони виконано напилення зносостійким металом. Вал 4 встановлений у підшипникових вузлах 6 і 7 і забезпечений механізмом приводу 8. Сипкий матеріал (наприклад, насіння), що транспортується, через завантажувальний патрубок 2 подається в корпус 1, де вал 4 із витками 5 під час обертання захоплює матеріал і транспортує до розвантажувального патрубка 3. Вал 4 з витками 5 обертається за рахунок приводу 8 і підтримується підшипниковими вузлами 6 і 7.

Виконане напилення 9 зменшує спрацювання робочої поверхні тіла

витка, при заданому зазорі між витком 5 і кожухом 1, що практично виключає потрапляння між ними насіння і виключає його травмування.



**Рис. 2.** Гвинтовий конвеєр із зносостійким напиленням (пат UA70813): 1-корпус; 2- завантажувальний патрубок; 3- розвантажувальний патрубок; 4- вал; 5-витки; 6 і 7 підшипникові вузли; 8 – привод шнека; 9- напилення

Дане покриття дасть можливість досягнути технічного результату – збільшення ресурсу роботи витка шнека, при заданому зазорі між витком і кожухом, а також компенсувати внутрішні напруження на зовнішній кромці витка.

**Висновки.** Удосконалення транспортно-технологічних систем з гвинтовими робочими органами сприяє подальшому розвитку та ускладненню систем і методів підвищення її надійності, застосування нових матеріалів та удосконаленню методів їх нанесення, дасть змогу отримувати надтверді покриття, твердість і зносостійкість яких буде в сотні разів вищою. Аналіз науково-технічної літератури і результатів попередніх досліджень показали, що дане питання недостатньо вивчене та висвітлене в наукових працях через постійний розвиток і удосконалення технології відновлення, тому робота в даному напрямку потребує подальшого дослідження і є актуальною.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Анциферов В.Н. Порошковая металлургия и напиление покрытия / В.Н. Анциферов, Г.В. Бобров, Л.К. Дружинин. - М.: Металлургия, 1987. –348 с.
2. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков/ Б.М. Гевко. – Львов: Вища школа, 1986. – 128 с.
3. Гевко Р.Б. Технологічні і конструктивні шляхи підвищення дов-



- говічності гвинтових спіралей шнеків. Р.Б. Гевко //Прогресивні технології і обладнання в машино- і приладобудуванні:/Тези доповідей першої науково-технічної конференції ТПІ. Тернопіль, – 1992. – С.74 – 75.
4. *Інженерія поверхні* / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. - К.: Наукова думка, 2007. – 557с.
  5. *Кузнецов В.В.* Степень повреждения семян при послеуборочной обработке (на зерноочистительных машинах) / В.В. Кузнецов // Селекция и семеноводство. -1978.- №6. – С.70-71.
  6. *Рогатинський Р.М.* Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва: автореф. дис. ... д.т.н.: 05.20.07 / Р.М. Рогатинський. – Київ: НАУ, 1997. – 33 с.
  7. *О.П. Тарасенко.* Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2003.- 331с.
  8. *Пат. № 70813 Україна, МПК (2006.01): А01F 12/46* Гвинтовий конвеєр / Герук С.М., Грудовий Р.С. заявник і патентовласник Герук С.М.,. – № u201114633 заявл. 09.12.2012; опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12.

#### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ВИНТОВЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

*Проанализированы труды отечественных и зарубежных ученых, которые изучали вопросы повышения надежности транспортно-технологических систем с винтовым рабочим органом. Рассмотрены существующие способы изготовления и восстановления рабочих поверхностей шнековых транспортеров. Проанализированы методы упрочнения поверхностного слоя с точки зрения технической, экологической и экономической целесообразности.*

***Ключевые слова:** шнековые транспортеры, травмы, восстановление, наплавки, зерновой поток.*

#### **WAYS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF TRANSPORTATION SYSTEMS TECHNOLOGY WITH SCREW WORKING BODIES**

*Analyzed the works of local and foreign scientists who have studied the issue of transport and improve the reliability of technological systems with screw working body. The existing methods of fabrication and restoration work surfaces screw conveyors. The methods of strengthening the surface layer in terms of technical, environmental and economic feasibility.*

***Key words:** screw conveyors, injury, recovery, surfacing, grain flow.*