

Л.Р. Рогатинська*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*
**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШВИДКОХІДНИХ ГВИНТОВИХ
КОНВЕЄРІВ З ЕЛАСТИЧНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ****L.Rogatynska****SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF HIGH SPEED SCREW CONVEYERS
WITH ELASTIC WORKING ORGANS**

У сільськогосподарському виробництві гвинтові конвеєри широко використовуються для переміщення сипких вантажів, зокрема зернових. Незважаючи на ряд беззаперечних переваг, гвинтові конвеєри мають певні недоліки, серед яких підвищена енергоємність процесу транспортування та небезпека пошкодження транспортованого матеріалу, що обмежує їх використання. А тому актуальним є використання еластичних гвинтових робочих органів, наприклад із полімерних матеріалів, при застосуванні яких не тільки зменшується пошкодження вантажу, але і, завдяки антифрикційним властивостям полімерів, суттєво знижується енергоємність процесу, що важливо для швидкохідних гвинтових конвеєрів.

Метою досліджень було підтвердити ефективність використання еластичних робочих органів у швидкохідних гвинтових конвеєрах та визначити оптимальні конструктивні параметри та режими роботи, що забезпечують максимальну динамічну жорсткість еластичних гвинтових поверхонь при мінімальній енергоємності швидкохідних конвеєрів.

Дослідження виконані відповідно до координаційного плану науково-дослідних робіт ТНТУ за 2005-2012 рр., в т. ч. в рамках виконання низки держбюджетних тем. За аналізом існуючих досліджень та результатів практичного використання роботи швидкохідних ГК, зокрема з еластичними та пружними робочими органами, розроблено: моделі формалізованого опису ГК з еластичними робочими органами та моделі транспортування ними вантажу; динамічну модель роботи ГК з еластичними робочими органами; досліджено напружено-деформований стан еластичних робочих ГК; визначено область зміни раціональних параметрів та підтверджено встановлені закономірності та уточнено параметри відповідних імітаційних моделей; встановлено шляхи підвищення ефективності ГК з еластичними робочими органами; оптимізовано режими роботи та конструктивні параметри ГК з умови мінімізації силового навантаження еластичних робочих органів; розроблено методику інженерного проектування швидкохідних ГК з еластичними спіралями

Наукова новизна досліджень полягає в розробці та реалізації моделі транспортування сипкого вантажу гвинтовими конвеєрами з врахуванням зміни профілю еластичної поверхні спіралі при навантаженні; виведені наближеної умови сумісності деформацій при еластичному прогинанні спіралі при навантаженні та встановлені закономірності розподілу деформацій та ланцюгових напружень в еластичному гвинтовому робочому органі; побудові динамічної моделі транспортування вантажу ГК, основною відмінністю якої є врахування пружних та демпфуючих властивостей еластичної спіралі; розв'язанні задачі нелінійного програмування з встановлення оптимальних конструктивних параметрів та режимів роботи ГК з еластичними спіралями із умови мінімізації його навантаження.

Дослідження напружено-деформованого стану спіралі показали, що еластичні гвинтові поверхні мають достатню для переміщення вантажу несучу здатність. Це обґрунтовується тим, що гвинтова поверхня є об'ємною поверхнею, сама форма якої забезпечує її жорсткість, причому згин елемента поверхні викликає не тільки згинні напруження по її товщині, але і ланцюгові напруження (розтягу та стиску) в площині цього елемента. Таким чином, його згинна жорсткість на порядок вища згинної жорсткості аналогічного плоского елемента.

Особливостями математичної моделі транспортування вантажу еластичною спіраллю є те, що в наслідок її прогину утворюється радіальна складова реакції поверхні. Для швидкохідних спіралей також суттєвим може бути вплив відцентрових сил прогнутої еластичної спіралі, що діє на неї в радіальному напрямку і відновлює її форму. Вплив вказаних чинників у відомих роботах не досліджувався, а тому одною із поставлених задач

було дослідження їх впливу. Для цього розроблена математична модель транспортування сипкого вантажу ГК з еластичними робочими органами на основі рівнянь руху виділеного елементарного об'єму вантажу у вигляді кутового сектора з параметром $d\psi$, на який із сторони спіралі та із сторони кожуха діятимуть рівнодійні $d\bar{R}_c$, $d\bar{R}_k$ ($d\bar{R}_c = d\bar{N}_c + d\bar{F}_c = dN_c(\bar{n}_c - \mu_c \bar{v}_c^e / |\bar{v}_c^e|)$; $d\bar{R}_k = d\bar{N}_k + d\bar{F}_k = dN_k(\bar{n}_k - \mu_k \bar{v}_k^e / |\bar{v}_k^e|)$), складовими яких є відповідно нормальні реакції та сили тертя. Нормальні реакції направлені по нормалі до поверхні, а сили тертя – протилежно напрямку відносних швидкостей вантажу відносно поверхонь спіралі та кожуха. Крім цього на виділений об'єм будуть діяти масові сили від приведенного прискорення \bar{a}_c частинки виділеного об'єму та сили земного тяжіння $d\bar{G}$. Відцентрові сили від маси прогнutoї спіралі впливають на форму поверхні (її прогин) і в рівняння руху не входять.

За результатами досліджень встановлено, що для швидкохідних конвеєрів вплив гравітаційної складової об'ємних сил практично не впливає на зміну прогину еластичної спіралі, а сам прогин, в основному, визначається величиною сил тертя вантажу до поверхні кожуха. Вплив від прогину на зміну кінематики та енергосилові параметри процесу транспортування вантажу аналогічний збільшенню коефіцієнту тертя вантажу до поверхні жолоба. В цьому випадку мінімізація енерговитрат спостерігається при дещо нижчих кутових швидкостях гвинтового конвеєра. Це позитивно відбивається на стабільності процесу транспортування вантажу швидкохідними гвинтовими конвеєрами, особливо при пускових режимах.

В роботі також розроблена методика визначення компонентів напружено-деформованого стану еластичних спіралей швидкохідних гвинтових конвеєрів пори навантаженні, яка містить експериментально обґрунтовані припущення щодо закономірностей розподілу деформацій спіралі, дозволяє побудувати адекватну математичну модель, яка може використовуватись при встановленні напружено-деформованого стану спіралі, граничного допустимого навантаження та, відповідно, вибору режимі роботи ГК.

За результатами моделювання підтверджено, що кутові деформації та дотичні напруження порівняно із нормальними і тангенціальними складовими є незначні і при практичних розрахунках ними можна нехтувати. Встановлено, що найбільш навантаженим є зовнішній край спіралі, в якому діють максимальні напруження, що потрібно враховувати при розрахунку та виборі еластичних спіралей ГК

Із теоретичних досліджень випливає, що для швидкохідних гвинтових конвеєрів існує точка глобального мінімуму енергоємності конвеєра, яка визначається тільки коефіцієнтом тертя вантажу по гвинтовій поверхні, досягається відповідним поєднанням конструктивних параметрів гвинтового конвеєра і режимів його роботи та визначається сталістю безрозмірних коефіцієнтів швидкохідного транспортування. Виведені аналітичні залежності для визначення жорсткості гвинтової еластичної поверхні із врахуванням її динамічної складової дозволило об'єднати задачу мінімізації енергоємності конвеєра та максимізації його несучої здатності та встановити область раціональних значень конструктивних параметрів конвеєрів з еластичними робочими органами та режимів його роботи.

Крім цього показано, що використання полімерних матеріалів, наприклад поліетилену, для виготовлення еластичних робочих поверхонь знижує коефіцієнт тертя вантажу до робочих поверхонь, і, відповідно, в 2-3 рази знижує енергоємність транспортування та в 3-6 разів зменшує масу гвинтового конвеєра у порівнянні з існуючими. Зменшення маси пояснюється: зменшенням розмірів прохідного січення жолоба при зростанні швидкості подачі вантажу, меншою густиною полімерного матеріалу та використанням електродвигуна меншої потужності, а отже і меншої маси.

Гіпотеза ефективного застосування еластичної спіралі в гвинтовому конвеєрі підтверджена експериментально.