

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
ім. І.ПУЛЮК

На правах рукопису
УДК 621.867.42.001.24

РАДИК Дмитро Леонідович

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ
ГВИНТОВИХ ЖИВИЛЬНИКІВ

Спеціальність: 05.20.04 - Сільськогосподарські та
меліоративні машини

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль - 1996

ДВ.35.895

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Тернопільському приладобудівному інституті на кафедрі технології машинобудування.

Науковий керівник - заслужений винахідник України, академік АН України, доктор технічних наук, професор Гевко Богдан Матвійович.

Науковий консультант - кандидат технічних наук, доцент Рогатинський Роман Михайлович.

Офіційні опоненти - заслужений винахідник України, академік АН вищої школи України, доктор технічних наук, професор Нагорняк Степан Григорович.

- заслужений винахідник України, кандидат технічних наук, доцент Данильченко Михайло Григорович.

Провідна організація - АТ "Конвейер", м.Львів.

Захист відбудеться "26" листопада 1996 року о 15⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 12.02.01 по захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора (кандидата) технічних наук при Тернопільському приладобудівному інституті за адресою:

282001, м.Тернопіль, вул.Руська, 56.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту, кімн. N 40.

Автореферат розіслано "25" жовтня 1996 року.

Вчений секретар спеціалізованої ради, кандидат технічних наук, доцент

Мартиненко В.Я

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00739853 (Z)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Сучасний рівень розвитку усіх галузей народного господарства України вимагає значного підвищення техніко-економічних показників засобів механізації і автоматизації технологічних процесів, і, особливо, зниження їх енергоємності. Для виконання завантажувально-розвантажувальних і подаючих операцій при збиранні і переробці сільськогосподарської продукції широко використовуються гвинтові живильники (ГЖ). Існуючі конструкції ГЖ характеризуються високою енерго- і матеріаломісткістю, вони не забезпечують необхідної рівномірності захоплення і подачі матеріалів, не відпрацьовані на технологічність. Тому створення нових конструкцій ГЖ, що забезпечують зменшення енергетичних параметрів процесів живлення сипучих вантажів у сільськогосподарських машинах, а також розробка методики проектування їх робочих органів, є актуальним завданням, яке має важливе народногосподарське значення.

Робота виконана у відповідності з координаційним планом важливих науково-дослідних робіт ВУЗ-ів України на 1990-1995 р. та у відповідності з державною програмою виробництва машин і технологічного обладнання для сільськогосподарської, харчової та переробної промисловості.

Метою роботи є підвищення техніко-економічних показників процесів захоплення і переміщення сипучих вантажів у гвинтових живильниках сільськогосподарських машин.

Методи досліджень. Теоретичні розробки проводились на основі застосування методів статистики і кінематики машин, класичної механіки, диференціальної геометрії та математичного аналізу. Експериментальні дослідження проводилися з метою перевірки і підтвердження теоретичних положень, а також визначення функціональних і експлуатаційних характеристик розроблених конструкцій ГЖ. Крутний момент при експериментальних дослідженнях визначався з допомогою спеціально розробленого механічного пристрою, а також електричним методом.

Наукова новизна роботи. Теоретично обґрунтовано принципи роботи ГЖ з робочими органами конічної форми; досліджено закономірність процесу захоплення сипучого матеріалу робочими органами ГЖ по довжині завантажувальної зони, в результаті чого

встановлена умова рівномірності захоплення та подачі матеріалу витками гвинтової стрічки; визначена залежність енергозатрат від величини ексцентриситету розміщення завантажувального патрубку відносно робочого органу; розроблена методика проектування спіралей конічної форми з питомою висотою перерізу в межах від 3 до 17, запропонована схема і досліджені енергетичні параметри процесу формоутворення їх конструктивних параметрів; створені нові конструкції ГЖ, робочі органи і технологічне оснащення для їх виготовлення, новизна яких захищена 5 авторськими свідоцтвами на винаходи.

Практична цінність роботи. Розроблені прогресивні конструкції ГЖ з мінімальними енергозатратами на процес живлення, які характеризуються зменшенням енергозатрат на (14...22)% в порівнянні з існуючими конструкціями. Створено інженерну методику проектування ГЖ, розроблене технологічне оснащення для виготовлення робочих органів конічної форми, спроектовано і виготовлено пристрій для вимірювання крутного моменту.

Реалізація результатів роботи. Розроблені креслення та робоча документація ГЖ і оснащення для виготовлення їх робочих органів конічної форми передані Львівському в/о "Конвейер", АТ "Тернопільський комбайновий завод", в/о "Коломиясільмаш", Тернопільському обласному об'єднанню "Агротехсервіс" та іншим.

У результаті експлуатації впроваджених у виробництво нових технічних рішень, розрахунковий економічний ефект за один рік складає 1250 млн. крб., в цінах 1995 року.

Апробація роботи. По матеріалах дисертаційної роботи зроблені доповіді на наукових конференціях в Тернопільському приладобудівному інституті в 1992, 1993 роках, в Луцькому індустріальному інституті (1995 р.), на міжнародній науково-практичній конференції в м.Вінниці (1996 р.), на технічній раді АТ "Тернопільський комбайновий завод" (1995 р.), на об'єднаному семінарі кафедр технології машинобудування, верстат-інструментальних систем автоматизованого виробництва, технічної механіки, а також теоретичної механіки та математичного моделювання Тернопільського приладобудівного інституту ім. І.Пулюя (1996 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 9 наукових праць, в тому числі, 5 авторських свідоцтв на винаходи.

Особистий внесок дисертанта. Виведені аналітичні залежності процесу захоплення сипучого матеріалу робочими органами ГЖ кінчної форми; досліджено рух потоку вантажу по похилій стінці; встановлена залежність енергозатрат від величини ексцентриситету розміщення завантажувального патрубка відносно робочого органу; розроблена методика проектування спіралей кінчної форми; складена програма і методика, проведені експериментальні дослідження, узагальнені отримані результати; створена інженерна методика проектування нових конструкцій ГЖ.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів і загальних висновків. Робота викладена на 172 сторінках машинописного тексту, включає 36 рисунків, 4 таблиці, список літератури з 81 джерела.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми, сформульована мета роботи, викладена наукова новизна, приведені положення, що виносяться на захист, а також висвітлені практична цінність і реалізація роботи.

В першому розділі зроблено аналіз існуючих досліджень в області ГЖ. Приведена класифікація і функціональні можливості ГЖ. Здійснено аналіз технологічності їх конструкцій. Досліджено вплив технологічних факторів на конструктивні параметри гвинтових стрічок.

Дослідженню ГЖ присвятили свої роботи ряд вчених. Зокрема теорію руху матеріальних частинок по шорстких поверхнях займав український вчений, академік Василенко П.М.

Дослідження процесів живлення, методів підвищення його точності і стабільності, вироблення рекомендацій по вибору конструктивних параметрів завантажувальних органів ГЖ приведені в роботах Р.Л.Зенкова, К.В.Алферова, Р.Квапіла та інших вчених.

Питаннями проектування і виготовлення робочих органів, вибору і обгрунтуванню способу їх отримання, розробці технологічних основ формування спіралей шнеків і оптимізації їх конструкторсько-технологічних параметрів займалися такі вчені як Д.А.Шіфрін, В.Є.Гурвіч, С.Є.Рокотян, Є.А.Попов, М.В.Сторожев, Ю.А.Аверкієв, Є.Н.Мошнін, Б.М.Гевко, Р.М.Рогатинський, М.І.Пилипець та інші.

У результаті проведених досліджень, були створені різні типи ГЖ з різноманітним функціональним призначенням, способами захисту робочих органів від перевантажень і методами забезпечення точності та довговічності їх роботи.

Проте, поряд із позитивними якостями, які властиві розглядуваним конструкціям ГЖ, вони мають суттєві недоліки, усунення яких дало б можливість знизити їх матеріало- та енергомісткість, підвищити точність живлення і надійність роботи.

У результаті проведеного аналізу сучасного стану розвитку конструкторсько-технологічних рішень ГЖ і методів їх досліджень слід відмітити:

а) існуючі конструкції ГЖ не повністю відповідають сучасним вимогам по матеріало- і енергомісткості;

б) робочі органи циліндричної форми не забезпечують необхідної рівномірності захоплення матеріалів по всій довжині завантажувальної зони ГЖ;

в) обмежені функціональні можливості.

Браховуючи актуальність теми та ряд невирішених питань, по створенню високоефективних, конкурентноздатних конструкцій ГЖ, в роботі були поставлені наступні задачі:

1. Створити методику проектування ГЖ з метою зниження енергозатрат на процеси захоплення і переміщення матеріалів, підвищення продуктивності і широкого використання в сільському господарстві.

2. Розробити і дослідити нову конструкцію ГЖ з ексцентричним розміщенням робочого органу відносно завантажувального патрубку.

3. Виробити рекомендації для проектування спіралей кінцевої форми, а також запропонувати схему формоутворення їх конструктивних параметрів.

4. Спроекувати обладнання для виготовлення кінчних спіралей з питомою висотою перерізу в межах від 3 до 17, методом навивання на оправку.

5. Розробити інженерну методику розрахунку і проектування робочих органів ГЖ кінцевої форми.

6. Встановити можливості використання розроблених конструкцій в інших галузях народного господарства.

У другому розділі теоретично обґрунтовано принцип роботи ГЖ з робочими органами, що мають змінний міжвитковий об'єм по довжині спіралі, в завантажувальній зоні. Виведені аналітичні залежності, які математично описують гвинтову стрічку, що має конічну форму поверхні обертання, як по зовнішньому так і внутрішньому діаметрах, а також гвинтову поверхню зі змінним кроком. Описані кінематичні зв'язки, які накладаються на робоче тіло, що знаходиться в завантажувальній зоні ГЖ. Досліджено також процес подачі сипучого матеріалу в зону захоплення, виведене рівняння руху вантажу по похилій стінці.

Проведено дослідження закономірності процесу захоплення сипучих матеріалів робочими органами ГЖ, що мають змінний міжвитковий об'єм по довжині гвинтової стрічки. Захоплення вантажу витками спіралі відбувається поступово на всій довжині завантажувальної зони по мірі збільшення міжвиткового об'єму робочого органу.

З прийнятими наближеннями елементарний об'єм міжвиткового простору можна визначити як добуток площі поперечного січення спіралі на величину кроку, що обмежує цей об'єм.

Для спіралі кінечної форми по зовнішньому діаметрі, проекція якої на площину, перпендикулярну до її поздовжньої осі, представляє собою спіраль Архімеда, елементарний міжвитковий об'єм, який займає транспортований матеріал на секторі $d\varphi$, визначається по залежності

$$dV = T \frac{(\rho_3^2 - \rho_B^2)}{2} d\varphi, \quad (1)$$

де $\rho_3 = \frac{D_3}{2} = D_0 + \frac{(D_L - D_0)Z}{L}$ - радіальний параметр спіралі по

зовнішньому діаметрі;

$\rho_B = d_0/2$ - діаметр вала спіралі;

$Z = \varphi T / 2\pi$ - координата по довжині спіралі;

T - крок спіралі.

Підставивши значення змінних у формулу (1) і здійснивши інтегрування, отримаємо міжвитковий об'єм спіралі;

$$V = \frac{\pi T \pi}{2} \left[D_0^2 - d_0^2 + 2\pi K_\varphi D_0 + \frac{4}{3} \pi^2 K_\varphi \right]. \quad (2)$$

Оскільки спіраль має змінний міжвитковий об'єм, то приріст

цього об'єму, при зміні кутового параметру φ , можна визначити диференціюванням залежності (1).

Таким чином умову рівномірності захоплення сипучого вантажу по всій довжині завантажувальної зони, можна представити у вигляді

$$\frac{d(dV/d\varphi)}{d\varphi} = \text{const.} \quad (3)$$

Фізичний зміст рівняння (3) полягає в тому, що приріст міжвиткового об'єму з приростом кутового параметру φ , є величиною постійною, а це сприяє рівномірному захопленню матеріалу витками спіралі на всій довжині завантажувальної зони.

З метою вироблення рекомендацій для проектування робочих органів конічної форми проведено теоретичне обґрунтування методики проектування їх конструктивних параметрів.

Задача проектування спіралей конічної форми полягає в розрахунку взаємопов'язаних геометричних параметрів смуги, що служить заготовкою, гвинтової стрічки у вигляді щільно навитого пакету витків та готової спіралі, і зводиться до знаходження таких розмірів:

- спіралі: $D = D(z)$, $d = d(z)$, $T = T(z)$, l ;
- смуги: $B = B(\tau)$, $L = L(l)$;
- щільно навитого пакету витків: $d_0 = d_0(x)$, $l_0 = l_0(L)$.

Гвинтова поверхня спіралі характеризується наявністю нейтрального шару, довжина якого при її формоутворенні не змінюється, при цьому біжуча довжина τ цього шару є параметром, що об'єднує і є спільним розміром для смуги та спіралі.

Елементарна довжина спіралі по нейтральному шару визначається залежністю

$$(dt)^2 = (d\varphi)^2 + (dt)^2 + (dz)^2, \quad (4)$$

де

$$dt = r d\varphi; \quad d\varphi = \frac{dD_0}{2dz} \frac{dz}{d\varphi} d\varphi.$$

У першому наближенні діаметр нейтрального шару приймали рівним

$$D = D - (2 - \gamma)B = d + \gamma B,$$

де γ - поправочний коефіцієнт, значення якого приймали в межах $\gamma = 0.8 - 0.9$.

Тоді довжина смуги

$$L = \int_0^L d\tau = \frac{1}{2\pi} \int_0^\psi \sqrt{T^2 + \pi^2 \left[D^2 + \frac{dD_0}{d\varphi} \right]^2} d\varphi =$$

$$= \int_0^\psi \sqrt{\frac{D_0^2}{\varphi} + \left[\frac{dD_0}{2dz} + 1 \right]^2 + \left[\frac{dD_0}{2dz} \right]^2} d\varphi. \quad (5)$$

Довжина смуги, відповідно із довжиною спіралі l зв'язана залежністю

$$L = \int_0^l \sqrt{1 + \frac{D_0^2}{4} \left[\frac{d\varphi}{dz} \right]^2 + \left[\frac{dD_0}{2dz} \right]^2} dz. \quad (6)$$

Беличина внутрішнього діаметра щільного пакету навитих витків гвинтової стрічки, зв'язана з біжучою шириною стрічки $B = B(\tau)$ залежністю

$$d_0 = \frac{2B \left[1 - 0.021 \frac{T}{\alpha} \right]}{\psi - 1}, \quad (7)$$

або в першому наближенні

$$d_0 = \frac{2Bk_0}{\psi - 1}, \quad (8)$$

де k_0 - коефіцієнт зміни параметрів витка при калібруванні, прийнятий $k_0 = 0,95 - 0,99$.

Залежностями (7) і (8) задавали закон зміни внутрішнього діаметру щільно навитого пакету витків гвинтової стрічки від параметру біжучої довжини τ нейтрального шару спіралі. Зв'язок цих параметрів встановлювали із умови визначення довжини елементу $d\tau'$ нейтрального шару щільно навитих витків спіралі

$$(d\tau')^2 = (d\rho')^2 + (dt')^2 + (dx')^2, \quad (9)$$

звідки

$$\tau = \int_0^l \sqrt{\left[\frac{d\rho_0'}{dx} \right]^2 + \left[\rho_0 \frac{d\varphi}{dx} \right]^2 + 1} dx =$$

$$= \int_0^l \sqrt{\left[\frac{d(d_0)}{dx} \right]^2 + \left[\frac{\pi(d_0 + \gamma B)}{2 T_H} \right]^2 + 1} dx, \quad (10)$$

де T_H - крок щільно навитого пакету витків, рівний товщині спіралі по внутрішньому діаметрі.

Із залежності (9), нехтуючи малими величинами і враховуючи (10), можна отримати зв'язок біжучої довжини щільно навитого пакету витків l_0 та параметру біжучої довжини смуги по внутрішньому діаметрі δ

$$L_0 = \int_0^L \frac{H_0 (\psi - 1)}{2 \pi B \sqrt{\psi}} d\psi. \quad (11)$$

Таким чином залежності (5,6,10,11) пов'язують змінні параметри z , τ та x .

В загальному випадку ці рівняння розв'язуються з допомогою числових методів.

Розглянемо енергетичні параметри процесу формування конструктивних параметрів спіралі кінчної форми. Основними з них є зусилля і момент згину, особливість яких, в порівнянні з циліндричними, полягає в тому, що ширина (висота січення) смугової заготовки є величиною змінною. При цьому енергосилові параметри теж будуть змінними.

Напружено-деформований стан, в першому наближенні, розглядаємо як плосконапружений. Рівняння рівноваги для характерного січення, представлено у вигляді (рис. 1).

$$\begin{aligned} \sum X &= \mu_p P - \mu_o F + F \theta_r + N + T \theta = 0; \\ \sum Y &= -P + \mu_o F \theta_r + F - N \theta + T = 0; \\ \sum M &= Pl + \mu_p PR + \mu_o F F - N r_o - M_\beta = 0, \end{aligned} \quad (12)$$

де P - вертикальна складова результуючого зусилля згину, l - плече прикладання сили P ; F - рівнодіюча нормальних контактних напружень; θ_r - кут прикладання рівнодійної F ; μ_p - коефіцієнт тертя в місці прикладання поперечної сили; μ_o - коефіцієнт тертя смуги на оправці; N , T , M - відповідно поздовжні і попереч-

Схема формоутворення конструктивних параметрів
спіралей кінчної форми

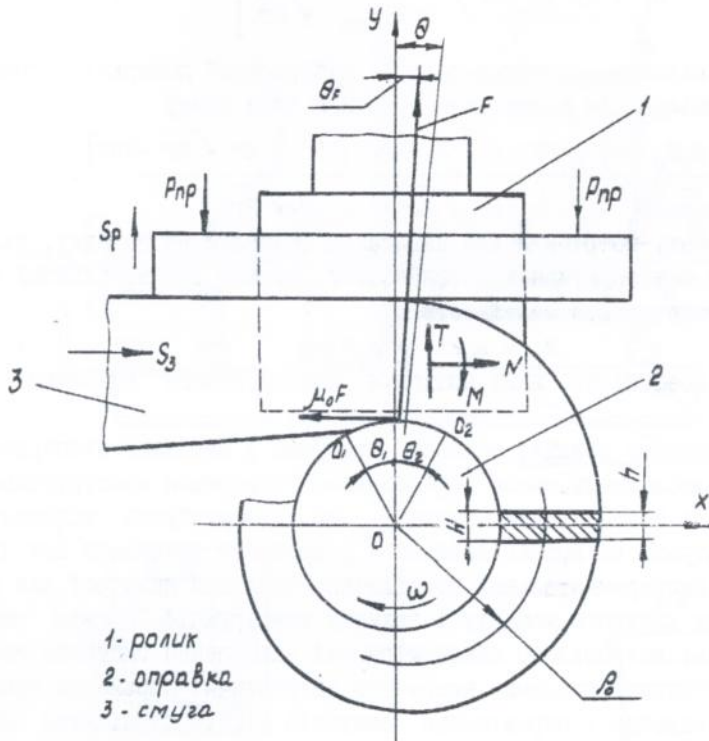


Рис. 1.

ні зусилля та згинний момент, які діють в січенні.

Внаслідок згину на ребро смуги, що служить заготовкою, внутрішні шари стрічки в зоні пластичної деформації стискаються (скорочуються), проходить їх проковзування по оправці в напрямі, протилежному навиванню (по обертанню оправки). Отже, в зоні пластичної деформації контактні напруження τ_k , прикладені до смуги, спрямовані протилежно до контактних дотичних напружень іншої частини.

Для матеріалів, що не зміцнюються радіус нейтральної поверхні напружень визначається по залежності

$$\rho_H = \rho_{\text{пр}} \left[\rho_{\text{пр}} - \sqrt{Rr} \right] \sqrt{\frac{1 + (R^2 + 2r\sqrt{Rr} - 3Rr)}{3(\rho_{\text{пр}} - \sqrt{Rr})}} \quad (13)$$

По відомому значенні радіуса нейтральної поверхні отримали залежність для визначення величини сили згину

$$P = \frac{\beta_{\sigma} H_0 (\sigma_{T,0} + \mu \ln \sqrt{R/r}) \sqrt{r/R} (R^2 + 2r\sqrt{Rr} - 3Rr)}{3 [1 + \mu_0 (R - \sqrt{Rr}) + \mu_0 (r - \sqrt{Rr})]} \quad (14)$$

Момент, потрібний для навивання спіралей на оправку, залежить від конструктивних особливостей оправок і в загальному випадку визначається залежністю

$$M_H = k_M P [l + \mu_P R] \quad (15)$$

де k_M - коефіцієнт, який враховує конструктивне виконання оправки.

У третьому розділі описана програма і методика експериментальних досліджень, якою передбачалося створення конструктивної схеми ГЖ і його робочих органів, що забезпечуть мінімальні енергозатрати на процес живлення; розроблена установка для проведення експериментальних досліджень; створено пристрої для вимірювання крутного моменту і захисту конструкції ГЖ від перевантажень; встановлено закономірності захоплення сипучого матеріалу робочими органами; визначено енергетичні параметри процесів захоплення і переміщення вантажів в ГЖ; досліджено конструктивні параметри кінцевих робочих органів і розроблено пристрої для їх виготовлення методом навивання на оправку.

Експериментальна установка для дослідження процесу протікання потоку сипучих вантажів і енергетичних параметрів транспортування в ГЖ зображена на рис.2.

В якості приводу механізму транспортування даної установки служить асинхронний трьохфазний двигун 1, який кріпиться на рамі 8 і приводить в рух вал 3, що встановлений у підшипниково-му вузлі 2. До вала 3 кріпляться змінні робочі органи 7, які розміщені в корпусі 6, над яким розташований механізм завантаження, що встановлений з можливістю поперечного переміщення відносно вертикальної осі 9 установки з допомогою направляючих 12. Для дослідження процесу протікання сипучого матеріалу і його

Установка для проведення експериментальних досліджень

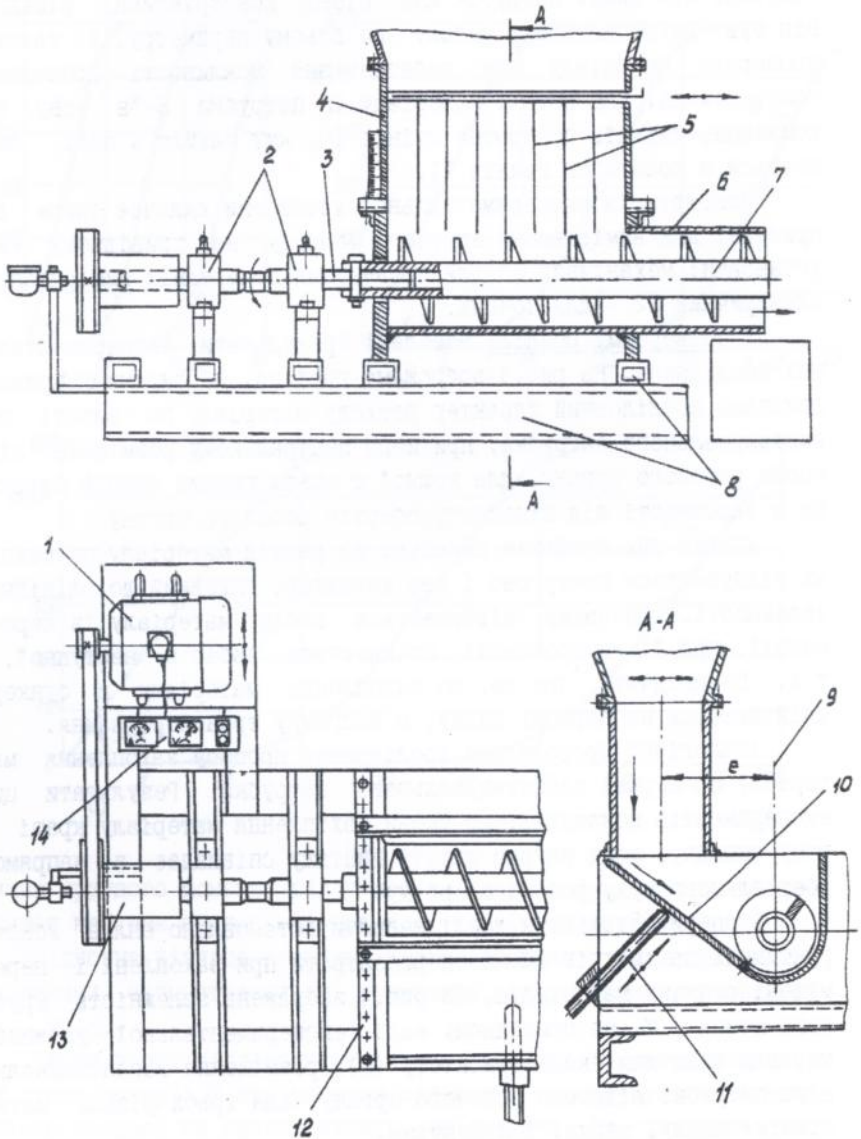


Рис. 2.

го захоплення витками спіралі завантажувальний патрубок 4 містить вставні перегородки 5, встановлені з можливістю зміни відстані між ними. Патрубок має різні конструктивні рішення. Він був виготовлений з металу по всьому периметру, а також з прозорого матеріалу для забезпечення можливості проведення спостережень. Для подачі матеріалу із патрубку 5 в зону захоплення, служить поворотна стінка 10, кут нахилу α якої, змінюється з допомогою гвинта 11.

Конструкція експериментальної установки включає також два пристрої для вимірювання крутного моменту на привідному валі установки: механічний ІЗ для проведення попередніх вимірювань і електричний ІЗ - для точних.

У четвертому розділі наведені результати експериментальних досліджень. На рис.3 зображені графіки, де окремими кривими показано послідовний характер розходу матеріалу по висоті завантажувального патрубку, при його центральному розміщенні відносно робочого органу, для кожної з трьох перших секцій патрубка в залежності від кількості обертів робочого органу.

Аналіз цих графіків показує, що розхід матеріалу по секціях відбувається почергово і має характер, близький до лінійної залежності. Спочатку відбувається забір матеріалу із першої секції, при її випорожненні починається забір з наступної, і т.д. Це свідчить про те, що захоплення матеріалу в бункері здійснюється на першому витку, в напрямку транспортування.

Аналогічно проводилися дослідження процесу захоплення матеріалу по ширині завантажувального патрубку. Результати цих експериментів показують, що умови захоплення матеріалу кращі в тому випадку, коли напрям подачі вантажу співпадає з напрямом обертального руху робочого органу.

Експериментальними дослідженнями встановлено вплив конструктивних параметрів ГЖ на енергозатрати при захопленні і переміщенні сипучих матеріалів. На рис.4 зображена залежність крутного моменту M , на привідному валі експериментальної установки, від величини ексцентриситету (e), розміщення завантажувального патрубку відносно робочого органу, для трьох різних матеріалів: піску, зерна, і кукурудзи.

З графіків видно, що збільшення ексцентриситету веде до зниження крутного моменту, а отже і енергозатрат. Зменшення ве-

Графіки закономірності процесу захоплення матеріалу по довжині завантажувального патрубку

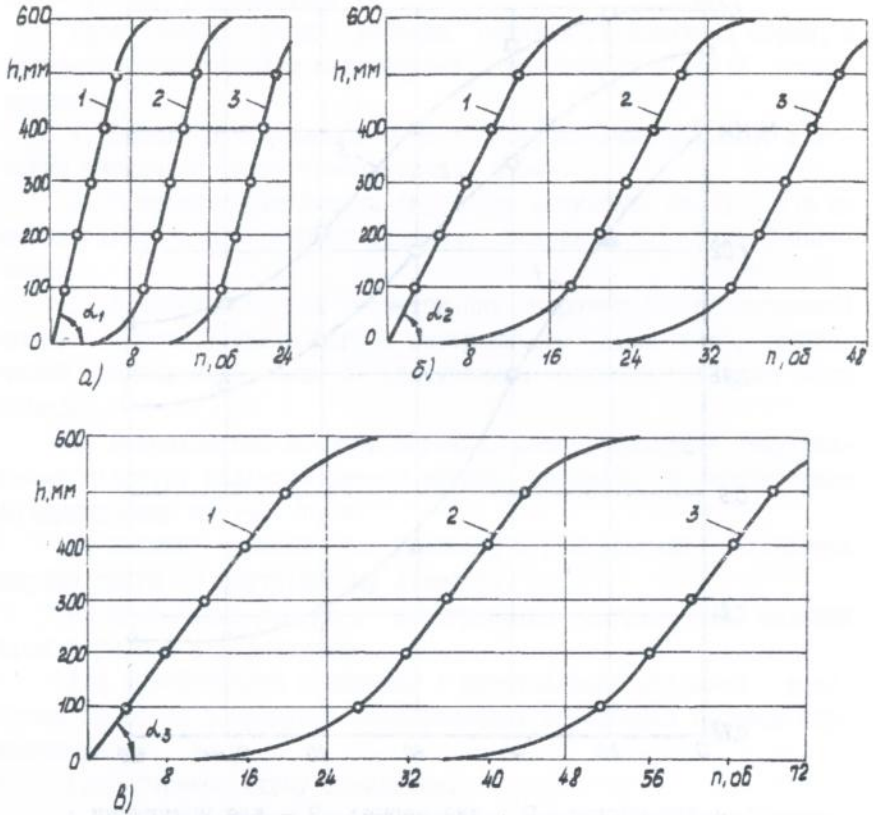


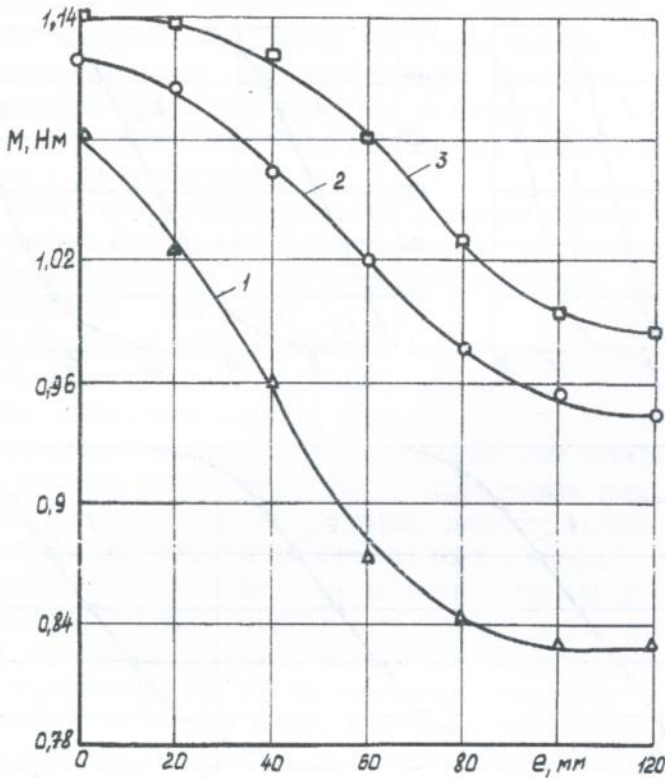
Рис. 3.

личини крутного моменту відбувається до тих пір, поки ексцентриситет набуває значень рівних $e = (1,1 \dots 1,2)D$.

Відносна різниця величини крутного моменту між граничними значеннями ексцентриситету становить для різних матеріалів (14...22)%.

Таким чином підтверджується висновок про те, що вертикальний стовп матеріалу над робочим органом в завантажувальній зоні суттєво впливає на енергозатрати, збільшуючи їх значення, що викликає непродуктивні втрати енергії на виконання технологічних операцій по захопленню і переміщенню силучих матеріалів

Графіки залежності крутного моменту
від величини ексцентриситету



1 - для піску; 2 - для зерна; 3 - для кукурудзи.

Рис. 4.

гвинтовими живильниками.

Досліджено також вплив на енергозатрати кута нахилу поворотної стінки, висоти матеріалу в завантажувальному патрубку і довжини завантажувальної зони.

В результаті проведених експериментальних досліджень підтверджено теоретичні передумови створення енергозберігаючих конструкцій ГЖ з принципово новими технологічними схемами роботи і конструкціями робочих органів, при цьому розходження між теоретичними і експериментальними даними становлять (12...20)%.

У п'ятому розділі, на основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень представлена інженерна методика проектування і розрахунку ГЖ.

Проектування нових робочих органів ГЖ кінчної форми, з заданими геометричними параметрами, проводиться в такій послідовності.

1. Виходячи з технологічності виготовлення, в якості заготовки вибираємо смугу трапецевидної форми.

2. З врахуванням усадки смуги при навиванні на (3...8)% по ширині (висоті поперечного січення) розраховуємо ширину заготовки.

3. В залежності від геометричних параметрів спіралі (кроку, зовнішнього і внутрішнього діаметрів), визначаємо довжину заготовки, з врахуванням обрізки технологічних кінців.

4. Розраховуємо діаметр оправки, який відповідає внутрішньому діаметру щільного пакету витків спіралі, з врахуванням відпружинення на (5...18)%.

5. Довжину оправки встановлюємо з врахуванням збільшення ширини смуги по внутрішньому діаметрі.

6. Здійснюємо розгин і калібрування спіралі на заданий крок з умовою відпружинення.

Для проектування оснащення і виготовлення спіралей необхідно провести розрахунок енергосилових параметрів процесу формування.

1. Вибираємо схему навивання.

2. Крутний момент для здійснення процесу навивання знаходимо по максимальному значенні ширини заготовки.

3. Величину поточного значення згинної сили необхідно визначати в залежності від зміни ширини заготовки по її довжині.

4. По знайдених значеннях згинної сили вибираємо пружину з відповідною жорсткістю, необхідної для створення цієї сили в пристрої для навивання. Жорсткість пружини має нелінійний характер і вибирається із умови зміни зусилля згину від мінімального значення до максимального.

5. Величина початкового натягу пружини визначається із співвідношення мінімального зусилля згину до жорсткості пружини.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень вирішене питання створення енергозберігаючих технологічних процесів живлення і конструкцій гвинтових живильників для транспортування сипучих матеріалів. Виходячи з цього можна зробити такі основні висновки.

1. Виведені аналітичні залежності процесу захоплення матеріалу робочими органами гвинтових живильників по довжині завантажувальної зони, і на цій основі визначені шляхи подальшого вдосконалення і створення нових типів робочих органів гвинтових живильників.

2. Теоретично обґрунтовано механіко-технологічні параметри енергозберігаючих технологічних процесів подачі і транспортування сипучих вантажів у гвинтових живильниках з ексцентричним розташуванням робочого органа відносно завантажувального патрубку в межах до $1.2 D$, а також з циліндричними та конічними робочими органами.

3. Створена методика проектування і отримання спіралей конічної форми, проведено обґрунтування процесу формоутворення їх конструктивних параметрів, а також розроблено технологічне оснащення для їх виготовлення методом перервного навивання на оправку.

4. Розроблені конкурентноспроможні конструкції гвинтових живильників з мінімальними енергозатратами на транспортування, а також спеціальні робочі органи, що забезпечують рівномірність захоплення і подачі матеріалу з такими співвідношеннями основних конструктивних параметрів:

- з кроком циліндричних спіралей $T_1 \leq T_2 \leq T_n$;
- з міжвитковим об'ємом конічних спіралей $V_1 \leq V_2 \leq V_n$.

5. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень встановлено, що зміщення робочого органа відносно завантажувального патрубка на величину ексцентриситету $e = (0,9 \dots 1,0)D$, зменшує енергозатрати на транспортування, для різних матеріалів на (14...22)%.

6. Розроблено конструкцію пристрою для вимірювання крутного моменту на привідному валі живильника і захисного механізму гвинтових живильників від перевантажень.

7. Розроблена інженерна методика розрахунку і проектування

нових конструктивних і технологічних параметрів ГЖ з врахуванням умов здійснення технологічних процесів транспортування, реологічних властивостей транспортуючих матеріалів.

8. Новизна наукових розробок захищена 5 авторськими свідоцтвами на винаходи. Результати досліджень передані 5 підприємствам і організаціям для впроваджень. Розрахунковий річний економічний ефект від впровадження нових технічних рішень і їх використання становить 1250 млн. крб. в цінах 1995 року.

Основні положення дисертації викладені в таких роботах:

1. Радик Д. Л. Дослідження процесу переваантаження матеріалів із бункера у гвинтовий конвейер // Тези доповіді науково-технічної конференції. - Тернопіль, ТНУ, 1993. - с. 50.

2. Радик Д. Л. Підвищення надійності роботи завантажувальних пристроїв гвинтових конвейерів // Тези доповіді науково-технічної конференції. - Тернопіль, ТНУ, 1992. - с. 32.

3. Радик Д. Л. Дослідження гнучких валів гвинтових конвейерів // Тези доповіді науково-технічної конференції. - Тернопіль, ТНУ, 1992. - с. 138.

4. Радик Д.Л. Технологічні основи проектування гвинтових вильчастих викопуючих органів // Тези доповіді міжнародної науково-практичної конференції. - Вінниця, 1996. - с.29.

5. А. С. N 1558811, МКІЗ В 65 G 33/00, 33/26, В 01 F 7/08. Винт винтового конвейера / Б.М. Гевко, Д.Л. Радик, Р.Б. Гевко и др. -N4349638/27-03; Заявлено 29.10.87. Опубл.23.04.90. Бюл. N 15.

6. А. С. N 1610119, МКІЗ F 16 D 43/20. Предохранительная муфта / Б.М. Гевко, Р.Б. Гевко, Д.Л. Радик и др. -N4659539/25-27; Заявлено 05.01.89. Опубл. 30.11.91. Бюл. N 44.

7. А. С. N 1611505, МКІЗ В 21 D 11/06. Способ изготовления спиральной шнеков и устройство для его осуществления / О.Н.Шаблій, Б.М.Гевко, Д.Л.Радик и др. - N 4643357/31-27; Заявлено 10.11.88. Опубл. 07.12.90. Бюл. N 45.

8. А. С. N 1666408, МКІЗ В 65 G 33/16, 33/26. Гибкий винтовой конвейер / Б.М.Гевко, М.И. Пилипец, Д.Л. Радик и др. - N 4617131/03; Заявлено 21.09.88. Опубл. 30.07.91. Бюл. N 28.

9. А. С. N 1798271, МКІЗ В 65 G 33/16, 33/24. Гибкий винтовой конвейер / Д.Л. Радик и Б.М. Гевко - N 4713799/03; Заявлено 24.04.89. Опубл. 28.02.93. Бюл. N 8.

Аннотация.

Радык Д.Л. Разработка и исследование энергосберегающих винтовых питателей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.04 - сельскохозяйственные та мелиоративные машины. Тернопольский приборостроительный институт. Тернополь, 1996.

Защищается 9 печатных работ, в том числе 5 авторских свидетельств, которые содержат основные положения диссертационной работы. Исследованы конструкторско-технологические параметры винтовых питателей с минимальными энергозатратами на транспортирование сыпучих материалов, а также создана методика проектирования и изготовления их рабочих органов конической формы. Созданы научно-практические рекомендации для разработки новых, высокоэффективных конструкций винтовых питателей.

Summary.

Radyk D. Development and research of energy-saving screw feeding. This is for a candidate of technical science degree in speciality fields 05.20.04 - agricultural and reclaiming machines. The Ternopil Instrument-making Institute. Ternopil, 1996.

9 printed scientific works are defening. Among them there are 5 author's certificates, which deal with the main ideas of the thesis. The technological exponents of screw feedings with minimum energy expenses for transportation of friable materials were investigated, as well as the method of design and manufacturing of their working parts of conical from were created. The scientific practical recommendations for elaboration of highly effective constructions of screw feedings were created.

Ключові слова: гвинтовий живильник, спіраль конічної форми, енергозатрати, формування.

AB 33

441466

AB. 25. 895
AB 35.895

282001, м. Тернопіль, вул. Руська 56
Віддруковано на видавничій системі **PA**⁴³⁰⁰
в Тернопільському приладобудівному
інституті ім. І. Пулюя