

**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

НОВОСАД ІВАН ЯРОСЛАВОВИЧ

УДК621.822:681.369.64

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СЕКЦІЙ
РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГНУЧКИХ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ**

05.02.08 – технологія машинобудування

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль – 2007

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Тернопільському державному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Гевко Богдан Матвійович,
Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя,
завідувач кафедрою «Технологія машинобудування»,
Заслужений винахідник України.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Петрина Юрій Дмитрович,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
завідувач кафедрою “Технологія нафтогазового машинобудування”;

кандидат технічних наук, доцент

Стойко Ігор Іванович,
Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя
доцент кафедри “Менеджмент підприємницької діяльності”.

Захист відбудеться “_14_” _вересня_____ 2007 р. о _14_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 58.052.03 у Тернопільському державному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська 56.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська 56.

Автореферат розісланий “_14_” _серпня_ 2007 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Данильченко Л.М

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Машинобудування має першочергове значення для технічного переозброєння всього народного господарства країни. Тому сучасний стан його розвитку вимагає пошуку нових шляхів покращення експлуатаційних та технологічних параметрів деталей машин, які б дали змогу покращити якість продукції, зменшити собівартість її виготовлення та ремонту. У машинобудуванні важливе місце посідає задача розроблення прогресивних технологічних процесів (ТП) виготовлення транспортних засобів, прогресивного технологічного оснащення, різального та вимірювального інструментів і відпрацювання на технологічність конструкцій гнучких гвинтових конвеєрів (ГГК) і особливо їх робочих органів (РО) і гнучких рукавів. Незважаючи на значну кількість наукових праць, які присвячені технології виготовлення гнучких гвинтових конвеєрів, рівень технологічного забезпечення залишається недостатньо високим, а наукова база для його створення не завжди відповідає сучасним вимогам за матеріало- та енергомісткістю та іншими параметрами.

Актуальним є створення технологічного забезпечення для виготовлення нових конструкцій РО ГГК, довговічність та ресурс роботи яких підвищується за рахунок зменшення інтенсивності зношування елементів в контактних зонах. Тому, тема роботи є актуальною і має важливе значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.

Робота виконана відповідно до тематики Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя та є частиною загальної тематики «Розробка і дослідження ресурсо- та енергозберігаючих технологій в галузі сільськогосподарського машинобудування (2002-2006 рр.)» (№ державної реєстрації 0102U002299), а також координаційного плану Комітету з питань науки і техніки та Міністерства освіти і науки України з розділів «Машинобудування» (поз. 43) «Високоєфективні технологічні процеси в машинобудуванні» на 2003-2007рр., затвердженого Кабінетом Міністрів України.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення експлуатаційних характеристик ГГК і їх надійності та довговічності технологічними засобами. Для досягнення мети поставлені наступні задачі:

- провести аналіз конструкцій і технологій виготовлення РО ГГК, відпрацювати їх на технологічність та на цій основі удосконалити технологію їх виготовлення з розробленням високопродуктивного технологічного оснащення, різальних та вимірювальних інструментів;

- провести розмірний аналіз технологічного процесу виготовлення деталей та складання шарнірних з'єднань секцій робочих органів гнучкого гвинтового конвеєра з визначенням параметрів проміжних і замикальної ланок розмірного ланцюга та величини допусків із рекомендацією фінішних операцій механічного оброблення;

- теоретично обґрунтувати жорсткість секцій РО ГГК при проточуванні;

- розробити динамічну модель технологічного процесу проточування й профілювання секції РО ГГК з урахуванням варіантів навантаження, режимів роботи та жорсткості секцій;

- вивести аналітичні залежності для визначення стійкості різців в процесі обточування і профілювання гвинтових секцій робочих органів, які пов'язані з ударними процесами різання гвинтових елементів;

- спроектувати і виготовити функціонально здатні зразки секцій РО ГГК, технологічне оснащення, різальні та вимірювальні інструменти, а також стенд для дослідження характеристик профільованих секцій РО ГГК;

- провести комплекс експериментальних досліджень і виробити практичні рекомендації щодо вибору прогресивних режимів різання, оснащення для їх виготовлення, різальних та вимірювальних інструментів;

- розробити інженерну методику проектування технологічних процесів і оснащення для виготовлення секцій РО ГГК необхідного профілю.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення секційних робочих органів ГГК.

Предмет дослідження – секційні робочі органи ГГК.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проведено з використанням фундаментальних засад технології машинобудування, інформатики, теорії пружності та пластичного деформування, теоретичної механіки, вибору раціональних технічних рішень. Апробація розроблених алгоритмів, програм і методик проводилась методом комп'ютерного моделювання. Результати експериментальних досліджень одержано за допомогою спеціально розробленого оснащення з використанням сучасних засобів та методів вимірювань. Статистичне оброблення експериментальних даних проводилось з використанням прикладних програм для ПЕОМ.

Наукова новизна отриманих результатів:

- проведено розмірний аналіз складання шарнірних з'єднань секцій ГГК із визначенням параметрів проміжних і замикальної ланок розмірного ланцюга та величини допусків з рекомендацією фінішних операцій оброблення;

- вперше теоретично обґрунтовано жорсткість секцій гнучкого гвинтового конвеєра при проточуванні та використанні їх в якості робочого органу;

- виведено аналітичні залежності для визначення стійкості різців в процесі обточування і профілювання гвинтових секцій робочих органів;

- вперше розроблено динамічну модель технологічного процесу проточування й профілювання секцій РО ГГК із врахуванням варіантів навантаження, режимів роботи, жорсткості секцій;

- виведено регресійні залежності для визначення сил різання для проточування секцій РО ГГК при їх профілюванні.

Практичне значення одержаних результатів. Експериментально підтверджено теоретичні залежності для визначення сили різання для проточування секцій ГГК з метою підвищення надійності та довговічності.

Розроблено удосконалену конструкцію секційних ГГК, технологію їх

виготовлення та інструменти для профілювання і вимірювання конструктивних і технологічних параметрів секцій конвеєрів. Розроблено програму для верстату з ЧПК при профілюванні секцій ГГК на токарних верстатах.

Конструкцію робочих органів ГГК відпрацьовано на технологічність. Розроблено, досліджено та обґрунтовано високопродуктивні способи виготовлення секцій робочих органів ГГК і їх профілювання та випробування, які передані підприємствам для реалізації на виробництві та впроваджено в навчальний процес підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за напрямком 06.0902 «Інженерна механіка» для викладання дисциплін «Технологія машинобудування», «Сучасні технології в машинобудуванні», «Надійність і довговічність машин». Технічну новизну розроблень захищено 10 деклараційними патентами України на винаходи.

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні, технологічні та експериментальні дослідження за темою дисертації виконано автором самостійно. У працях, опублікованих у співавторстві [5–13], здобувачем виведено аналітичні залежності для забезпечення жорсткості секцій ГГК для проточування й профілювання, визначено режими різання, побудовано динамічну модель технологічного процесу проточування, розраховано конструктивні параметри технологічного оснащення, проведено комплекс експериментальних досліджень [2,6,13]. Здобувачем також запропоновано елементи конструкцій технологічного оснащення, різальних та вимірювальних інструментів [5–20].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідались та обговорювались на науково-технічних семінарах і конференціях: у Тернопільському державному технічному університеті імені І.Пулюя прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- та приладобудуванні “ (Тернопіль, 2005–2007), на міжнародних науково-технічних конференціях Житомирського технологічного університету (Житомир, 2005-2007), Луцького державного технічного університету (Луцьк, 2006–2007), Кіровоградського національного технічного університету (Кіровоград, 2007), Харківського національного технічного університету сільського господарства (Харків, 2006–2007), Донбаської машинобудівної академії (Донецьк, 2006). Робота доповідалась й отримала позитивні відгуки на розширеному засіданні науково-технічного семінару Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя та Луцького державного технічного університету.

Публікації. Основні положення та результати дисертації опубліковані у 22 друкованих працях(5 з них самостійні), із них – 12 статей у фахових виданнях та 10 деклараційних патентах на винаходи.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації 229 сторінок, в тому числі 78 рисунків, 19 таблиць, список використаних літературних джерел з 112 найменувань та 15

додатків на 39 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації - 149 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет дослідження та задачі, які розв'язувалися в роботі. Окреслено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію щодо апробації, структури та обсягу роботи.

В **першому розділі** на підставі аналізу літературних джерел та конструкцій ГГК встановлено, що існуючі конструкції не відпрацьовані на технологічність з точки зору їх надійності та довговічності, міцності й жорсткості, механічного оброблення, умов експлуатації та якості їх виготовлення.

Досліджено характерні конструктивні особливості ГГК, технічні вимоги, норми точності, відпрацьовано їх конструкцій на технологічність, надійність, довговічність, проаналізовано технологічні процеси їх виготовлення та перспективи розвитку. Основними технічними вимогами до конструкцій ГГК є забезпечення належних умов експлуатації, точності виготовлення за 8–10 квалітетами, шорсткості $R_a=0,8-1,25$ мкм.

Дослідженнями технологічних процесів виготовлення гвинтових заготовок займались І.П. Ренне, Є.М. Мошнін, Ю.А. Аверкієв, А.З. Журавльов, А.Е. Церна, Д.Я. Шифрін, М.Є. Зубцов, М.Н. Лисовий, Б.Я. Мазуровський, Є.А. Попов, В.П. Романовський, Н.С. Трішевський, Б.М. Гевко, М.І. Пилипець, Р.М. Рогатинський, Л.М. Данильченко, Д.Л. Радик, С.Ф. Пилипака, Лещук Р.Я., В.В. Васильків, О.Л. Ляшук, В.З. Гудь, А.П. Драган та ін.

Аналіз існуючих конструкцій і технологічних процесів виготовлення секційних ГГК висвітлює ряд недоліків в процесі їх формоутворення: низьку продуктивність, якість, недосконалість технологічних засобів виготовлення й контролю. Окрім того, питання розроблення прогресивних ТП виготовлення секційних робочих органів ГГК, проектування технологічного оснащення, вибору режимів різання, різальних і вимірювальних інструментів на даний час досліджені недостатньо.

У **другому розділі** наведено технологічні основи виготовлення профілювання й проточування секційного РО ГГК, який відпрацьовано на технологічність з точки зору значного підвищення ресурсу експлуатації та конкурентоздатності. Для цього використовують секційні РО ГГК (рис. 1).

Розглянуто процес деформації однієї ланки робочого органу шнекового конвеєра при точінні та профілюванні. Секція складається із двох ступиць 1, з'єднаних витком гвинтової шнекової поверхні 2 та підсилені декількома стержнями 3 для забезпечення жорсткості та міцності ланки.

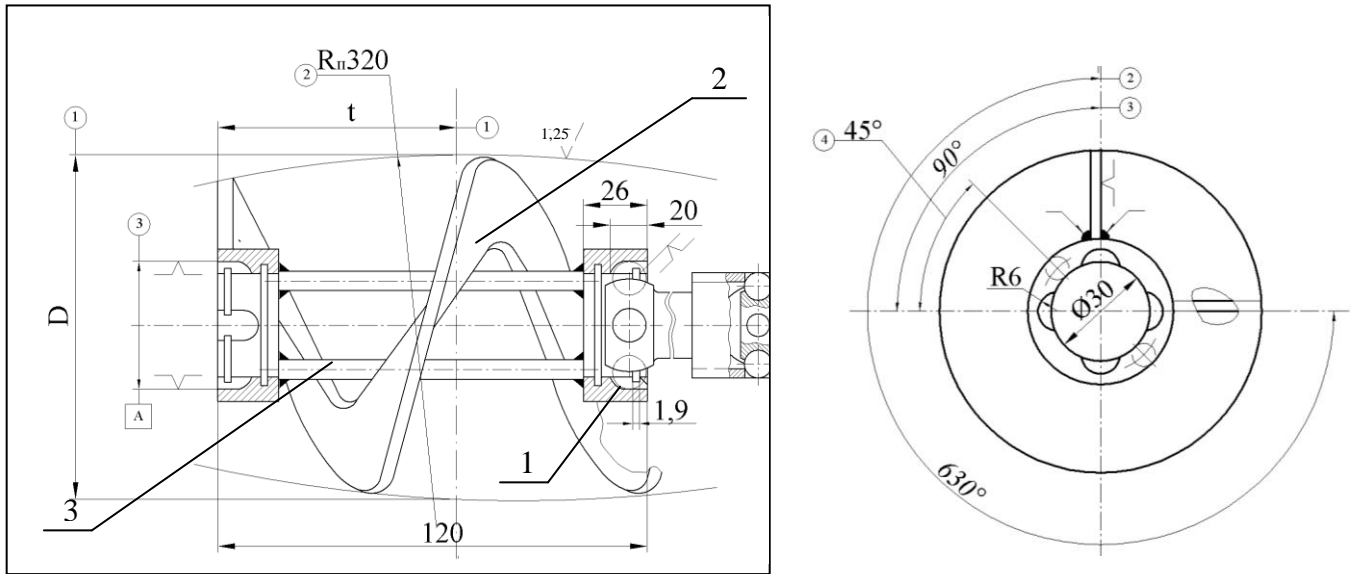


Рис. 1. Секція робочого органу гнучкого гвинтового конвеєра

Внаслідок лінійності малих деформацій ланки можна уявно розділити на 2 частини - ланку лише із наявним витком шнека 2 і ланку лише із стержнями 3. В результаті розгляду сумісної деформації ланки в межах теорії гнучких стержнів визначено зусилля, які діють у спіралі шнека та стержнях.

Визначено загальний крутний момент, що призводить до кручення секції із n стержнями на кут $\Delta\psi$ за залежністю:

$$T_{\Sigma} = T + (T_{c1} + T_{c2})n = \left(\frac{EJ_x \cos^2 \alpha + GJ_p \sin^2 \alpha}{\left(\frac{1}{2} + \sin^2 \alpha\right)l_c} + \left(\frac{GJ_{pc}}{l} + \frac{12EJ_{xc}R^2}{l^3} \right) n \right) \Delta\psi, \quad (1)$$

де T_{c1} і T_{c2} – відповідно крутні моменти від кручення та згину стержня, Н·м; E, G – пружні сталі матеріалу шнекової смуги; n – кількість стяжних стержнів; α – кут піднімання гвинтової лінії; l_c – довжина середньої лінії витка шнека на довжині ланки, мм; l – довжина секції шнека, мм; $\Delta\psi$ – кутова деформація протилежних перерізів секцій РО ГГК, град; d – діаметр стержня, мм; R – радіус серединної поверхні спіралі шнека, мм; J_{pc} – полярний момент інерції стержня, мм⁴; J_x, J_p – відповідно осьовий та полярний моменти інерції перерізу шнекової смуги, мм⁴.

Здійснено оцінку міцності стержня за теорією міцності:

$$\sigma = \frac{a\Delta\psi}{l} \sqrt{\frac{9E^2R^2}{l^2} + G^2} \leq [\sigma_c], \quad (2)$$

де σ_c – допустиме напруження, МПа.

Визначено напруження згину полотна шнека за залежністю:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_x} = \frac{Eh^2 \cos^2 \alpha + G(b^2 + h^2) \sin^2 \alpha}{(2 \sin^2 \alpha + 1)h} \sin \alpha \cos \alpha \Delta\psi \leq [\sigma], \quad (3)$$

де M_1, M_3 – відповідно згинний момент гвинтової поверхні шнека і кривини

гвинтової поверхні шнека, Нм; W_c – осьовий момент опору, мм^3 ; b , h – відповідно ширина і товщина спіралі шнека, мм.

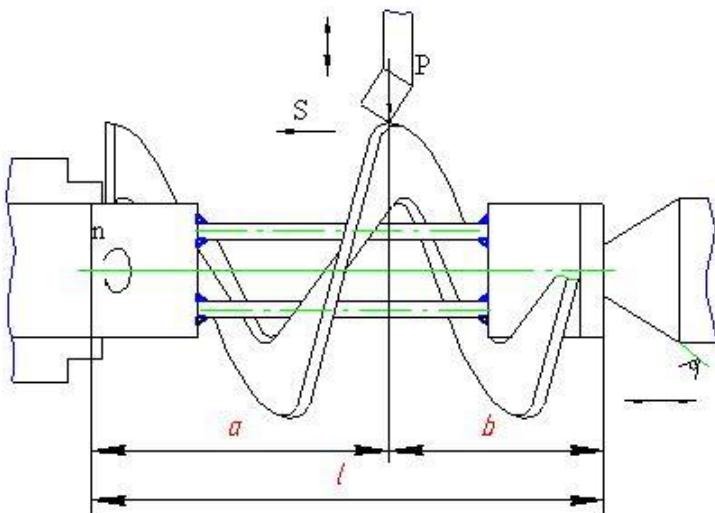


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення жорсткості спіралі секції гвинтового секційного конвеєра

Ступінь жорсткості секції гнучкого секційного конвеєра в процесі проточування можна охарактеризувати наступними параметрами: прогином стержнів секції y від дії сили різання; кутом нахилу поперечного перерізу θ в точці дії навантаження; кутом закручування секції φ (рис.2). Визначено умови достатньої жорсткості секції гвинтового

секційного конвеєра для проточування:

$$y \leq [y]; \theta \leq [\theta]; \varphi \leq [\varphi]. \quad (4)$$

Допустимі пружні переміщення елементів секції залежать від конкретних вимог щодо точності спіралі після проточування. Загальну жорсткість секції гвинтового секційного конвеєра під час проточування розраховано за системою рівнянь (рис.2):

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \frac{C_{pz} \cdot V^{-0.35} \cdot S^{0.45} \cdot t^{0.75} \cdot \left(\frac{h}{2.5}\right) \cdot K_H \cdot K_3 \cdot a \cdot b(b-a)}{3n \cdot l \cdot E \cdot \left(\frac{\pi d^4}{64}\right)} \leq [\theta] \\ y = \frac{C_{pz} \cdot V^{-0.35} \cdot S^{0.45} \cdot t^{0.75} \cdot \left(\frac{h}{2.5}\right) \cdot K_H \cdot K_3 \cdot a^2 \cdot b^2}{3n \cdot l \cdot E \cdot \left(\frac{\pi d^4}{64}\right)} \leq [y] \\ \varphi = \frac{Tl}{nG \left(\frac{\pi d^4}{32}\right)} \leq [\varphi] \end{array} \right. \quad (5)$$

де T – крутний момент від проточування, Нм; C_{pz} – коефіцієнт, що враховує ширину витка спіралі; V , S , t – відповідно швидкість (м/с), глибина (мм), подача різання (мм/об); K_H , K_3 – поправочні коефіцієнти.

Отримано графічні залежності зміни характеристик жорсткості секції гвинтового секційного транспортера при точінні залежно від конструктивно-силових параметрів (рис. 3, а, б).

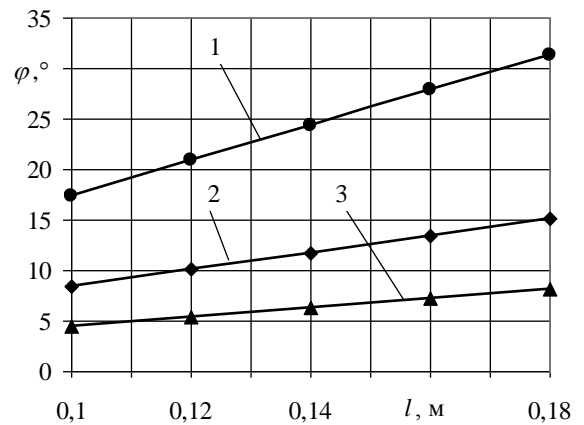
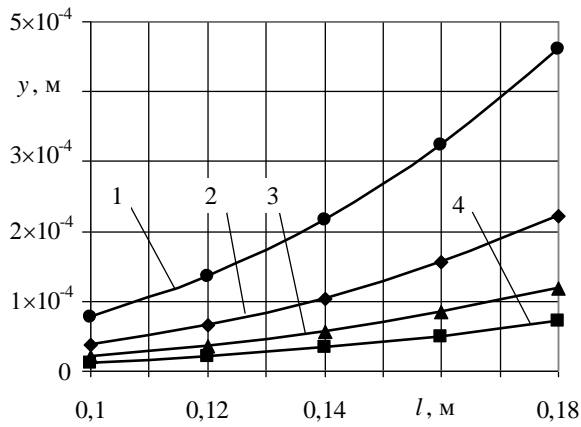


Рис. 3. Залежність зміни величини прогину секції а) і кута закручування б) в процесі точіння:

а) від її довжини та діаметрів стержнів:

1 – $d=0,005$ м; 2 – $d=0,006$ м;
3 – $d=0,007$ м; 4 – $d=0,008$ м

б) від її довжини та діаметрів

стержнів: 1 – $d=0,005$ м; 2 – $d=0,006$ м;
3 – $d=0,007$ м

З отриманих графічних залежностей видно, що на жорсткість секції гвинтового секційного конвеєра при проточуванні й профілюванні спіралі мають суттєвий вплив кількість з'єднувальних стержнів, їх лінійні та діаметральні розміри. Прогин під час проточування є максимальним посередині секції, а згинальну жорсткість можна підвищити збільшенням кількості з'єднувальних стержнів.

Динамічну модель процесу проточування у зведеній формі зображено на рис. 4.

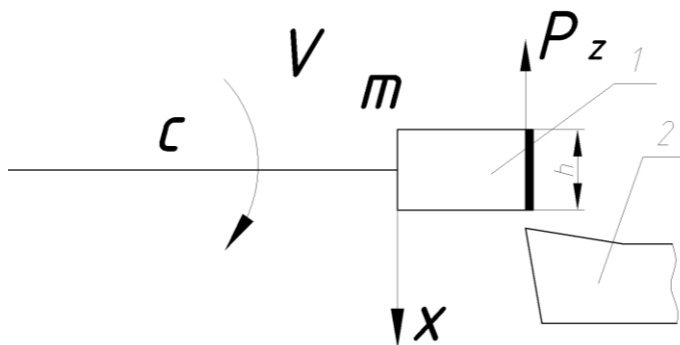


Рис. 4. Розрахункова схема проточування секції РО ГГК:

1-гвинтова стрічка; 2-прохідний різець

Зведену масу шнека представлено параметром m , а зведену жорсткість - параметром c .

Динамічну модель з певними вказаними припущеннями описано диференціальним рівнянням другого порядку із застосуванням другого закону динаміки:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + c(x - vt) = -P_z, \quad (6)$$

де x - координата руху маси, мм;

t - час, с;

v - швидкість різання, м/хв.

P_z - складова сили різання, Н.

Залежність (6) адекватно відтворює процес за умови, коли приведена сила та жорсткість визначаються із динамічної ударної моделі процесу, що підтверджується експериментальними дослідженнями.

Отримано розв'язок диференціального рівняння (6):

$$x = \frac{P_z}{c} (\cos \omega t - 1) + vt; \quad (7)$$

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\omega P_z}{c} \sin \omega t + v,$$

де ω – кутова швидкість обертання заготовки в процесі точіння, c^{-1} .

Визначено величину мінімально допустимої швидкості проточування секцій РО ГТК

$$v = \frac{P_z}{mK_v} \sqrt{\frac{2 \frac{mK_v}{P_z} \left(\frac{P_z}{c} + h \right) - \left(\frac{K_v}{\omega} \right)^2 - \sqrt{D}}{2}}, \quad (8)$$

де K_v – коефіцієнт швидкості.

У випадку збільшення жорсткості шнека допустима швидкість проточування зменшується, але отримане у (8) значення мінімальної швидкості гарантує стабільний процес різання за будь-яких умов.

Розмірний аналіз складання секцій ГТК проведено на основі рівняння номінальних розмірів секцій гіперболічного гнучкого гвинтового конвеєра для визначення максимальної та мінімальної величини замикальної ланок (рис.5):

$$\begin{cases} A_{\Delta \max} = A_{1 \max} - A_{3 \min} - A_{2 \min} - A_{4 \min} \\ A_{\Delta \min} = A_{1 \min} - A_{3 \max} - A_{2 \max} - A_{4 \max} \end{cases} \quad (9)$$

З технологічної точки зору та уніфікації розмірів прийнято значення конструктивних параметрів з таким співставленням:

$$\begin{cases} A_{2 \max} = A_{4 \max} \\ A_{2 \min} = A_{4 \min} \end{cases} \quad (10)$$

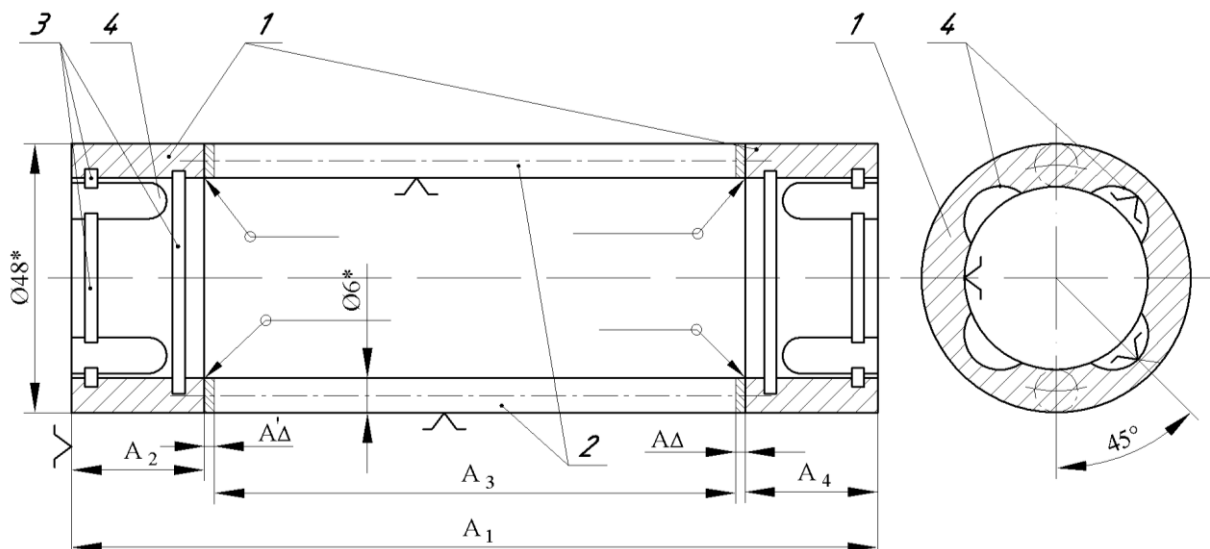


Рис. 5. Розрахункова схема для визначення номінальних розмірів секцій гіперболічного гнучкого гвинтового конвеєра та мінімальної величини замикальної ланки:

- 1 – втулки; 2 – розпорні стержні; 3 – канавки під стопорні кільця;
- 4 – півкруглі шліцеві пази у втулках

Для розглянутих розмірних ланцюгів номінальними розмірами втулок та розпорних стержнів є їх максимальні значення із розміщенням поля допуску в мінус (в тіло), тобто, за схемою поля допуску вала $A_2 = A_4 = A_{2,4\max}$.

Відповідно поле допуску i -го розміру дорівнює $\delta_{A_i} = A_{i\max} - A_{i\min}$; а допуск замикальної ланки визначає зазор між втулкою і розпорними стержнями для розмірних ланцюгів. У розрахунках за методом максимуму-мінімуму $\delta_{A\Delta}$ дорівнює:

$$\delta_{A\Delta} = \delta_{A1} + \delta_{A2} + \delta_{A3} + \delta_{A4}. \quad (11)$$

Для встановлення поля допуску розміру A_1 , який безпосередньо пов'язаний із віддаллю між втулкою в плюс, номінальне значення зазору дорівнює $A_\Delta = A_{\Delta\min} = 0$, розміщення поля допуску (в мінус) визначено величиною зазору та характером поля допуску розміру A_1 , а для нерухомих з'єднань:

$$A_\Delta = \Delta_0^{+\delta\Delta} \text{ і } A_{1\text{ном}} = A_{1\min}. \quad (12)$$

Аналіз розрахунку зазначених зазорів у секціях гіперболічного шнека показує, що визначальним є забезпечення належної точності виготовлення цих деталей, оскільки допустиме взаємне розміщення втулок і розпорних стержнів, і відповідно, допуск на розмір A_1 , суттєво перевищують допуск на інші ланки конструктивного розмірного ланцюга.

Виведено аналітичні залежності для визначення стійкості різців в процесі обточування й профілювання гвинтових секційних робочих органів:

$$T = \frac{2,65 \cdot 10^4}{V^{1,46} S^{0,47} t^{0,16}}, \quad (13)$$

де V, S, t – незалежні змінні процесу різання, відповідно швидкість, величина подачі та глибина різання.

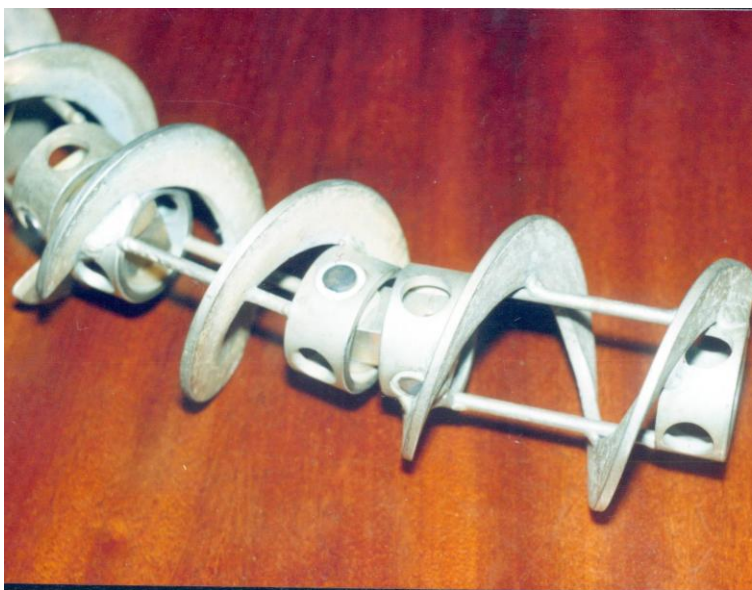


Рис. 6. Загальний вигляд секції робочого органу ГГК

В третьому розділі викладено програму та методику експериментальних досліджень виготовлення секційних РО ГГК, досліджено вплив різних факторів на шорсткість поверхні та стійкість різців в процесі проточування й профілювання. Розроблено програму ЧПК оброблення секцій робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів необхідного профілю. На рис.6 представлено конструкцію секційного робочого органу гнучкого

гвинтового конвеєра.

В якості установки для проточування й профілювання секцій ГГК використано токарно-гвинторізний верстат 16К20Ф3 із відповідними вимірювальними інструментами (рис.7). Для дослідження зміни продуктивності ГГК процесу транспортування сипких матеріалів на криволінійних трасах використано спеціально виготовлений гвинтовий конвеєр із пересипом.

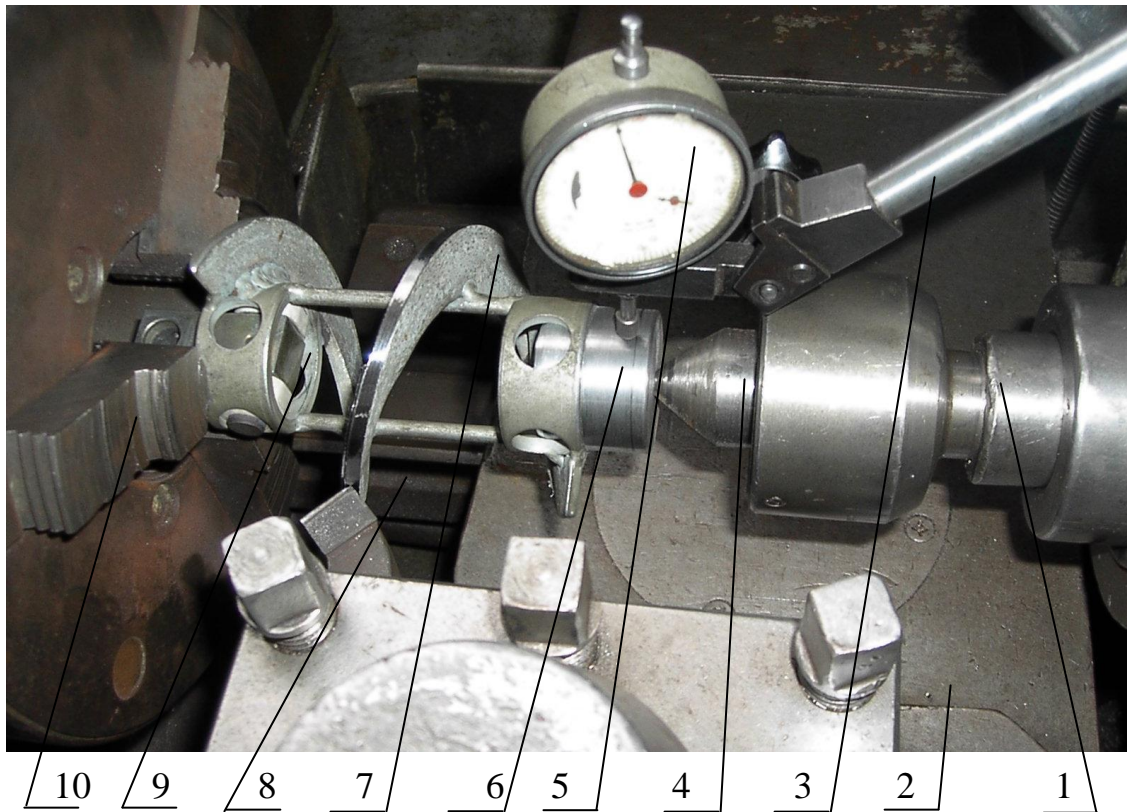


Рис. 7. Експериментальна установка для проточування й профілювання секцій гнучкого гвинтового конвеєра:

1 – задній центр; 2 – супорт верстата; 3 – штанга індикатора; 4 – вставка; 5 – індикатор; 6 – права втулка; 7 – гвинтова спіраль; 8 – різець; 9 – ліва втулка; 10 – токарний патрон

Для виведення рівнянь регресії процесів проточування й профілювання секцій ГГК проводили дві серії повнофакторного експерименту ПФЕ 2³.

В четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень виготовлення секцій ГГК, проточування та профілювання за зовнішнім діаметром, а також вплив профілювання на зміну продуктивності конвеєра.

Секції робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів відносяться до нежорстких деталей, тому операції проточування й профілювання є досить складними, і їх необхідно проводити на спеціальних оправах у два етапи.

Перший етап – чорнове профілювання гвинтових заготовок по зовнішньому діаметру, які розтягнуті на необхідний крок. Гвинтові стрічки з матеріалів сталь 08кп і Ст3 заданого кроку навивали в щільний пакет і встановлювали на оправу 2 (рис.8,9) діаметром 80–120мм, довжиною 1,5-2

витка (100-150мм), товщиною 2–4мм і шириною 15-50мм. Оброблення здійснювали згідно технічних вимог і робочих креслень.

Зусилля замірювали методом тензометрування, а давачі наклеювали на різець зверху й знизу за півмостовою схемою. За допомогою самописця Н-338-1П та підсилювача Топаз-4-01 здійснювали записи зусиль проточування, тарування давачів проводили за допомогою важелів у статичному положенні.

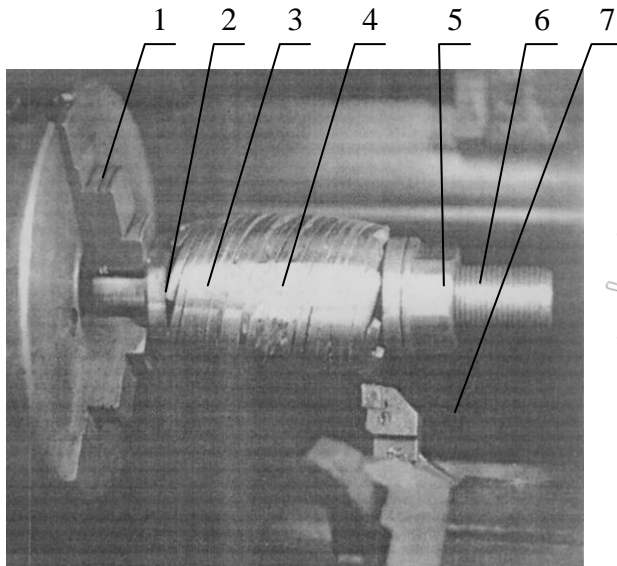


Рис. 8. Процес чорнового профілювання гвинтових заготовок на токарному верстаті з ЧПК:
1-токарний патрон; 2-оправа;
3-циліндричний упор; 4-гвинтові стрічки; 5-шайба; 6-гайка; 7-різець

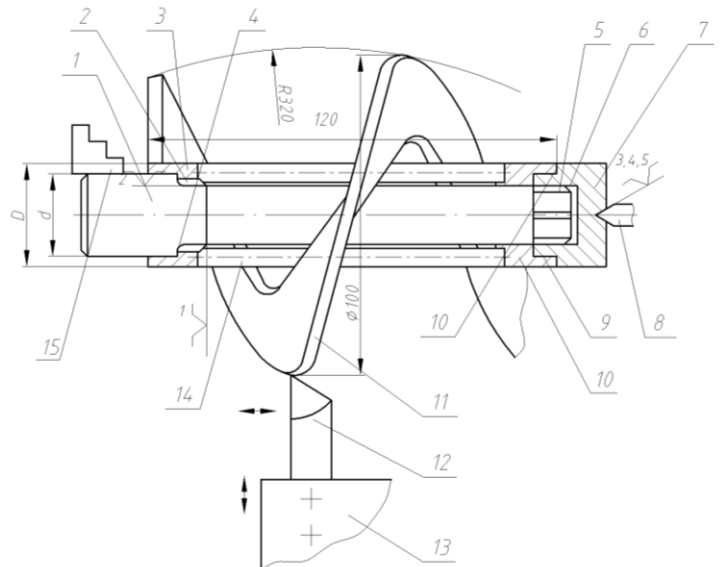


Рис. 9. Профілювання секцій РО гнучких гвинтових конвеєрів:

- 1-оправа; 2,9-шліцеві виступи для лівої і правої втулки; 3-ліва шліцева втулка; 4-упорна поверхня під шліцеву втулку; 5-шліци оправи; 6-шліци підтискнутої втулки 7; 8-задній упорний центр; 10-права шліцева втулка; 11-гвинтова секція; 12-різець; 13-супорт; 14-стяжні стержні; 15-кулачки

В результаті експериментальних досліджень встановлено раціональні режими різання для чорнового проточування з швидкістю різання $V=60-70$ м/хв; глибиною різання $t=2,5-3,0$ мм; величиною подачі $S=0,25-0,4$ мм/об. При цьому шорсткість становила $R_z=80$.

Другий етап калібрування зварних складальних секцій РО ГГК виконано по радіусу $R=320$ мм або іншого профілю в поздовжньому перерізі на спеціальній оправі. Базування секції здійснювали на ліві 2 і праві 9 шліци крайніх втулок, а підтискування - торцевою поверхнею підтисковою торцевою втулкою 7 з попереднім її зніманням.

На рис. 9 представлено секцію РО ГГК, яку встановлено на оправу для оброблення по зовнішньому діаметру на токарному або шліфувальному верстаті. Режими різання для чистового точіння: швидкість різання

$V=80-100$ м/хв; глибина різання $t=0,8-1,5$ мм; величина подачі $S=0,15-0,25$ мм/об. Шорсткість поверхні при цьому становила $R_a=1,25-6,3$ мкм. В цьому випадку можливе точіння гвинтових заготовок за двома схемами, коли заготовка накручується на різець (аналогічне зустрічному точінню), і коли заготовка прокручується в сторону від різця (аналогічно – точінню за подачею). Різниця між цими способами в тому, що у другому випадку шорсткість є кращою. Результати теоретичних і експериментальних досліджень шорсткості для точіння знаходились в межах 5–8%, а розрахункові значення визначались за формулою:

$$R_a = K_0 \frac{S^{K_1} (90^\circ + \gamma)^{K_4}}{\rho^{K_2} V^{K_3}}, \quad (14)$$

де K_0, K_1, K_2, K_3, K_4 – поправочні коефіцієнти.

Розроблено пристрій для зварювання секцій гіперболічного шнека (рис.10), який забезпечує надійне виконання технологічного процесу з дотриманням необхідної точності та продуктивності.

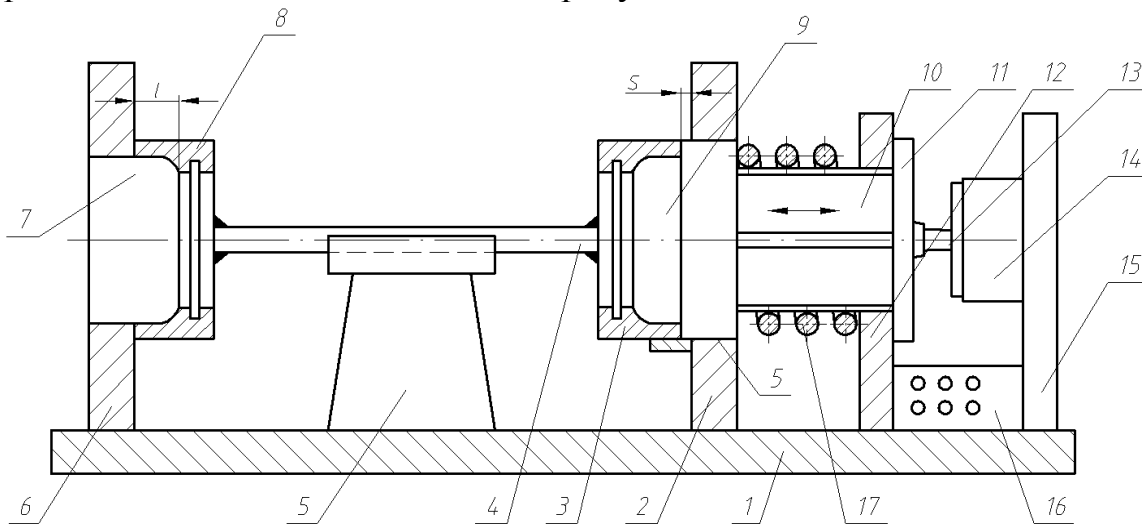


Рис. 10. Пристрій для зварювання секцій РО ГГК:

- 1-плита; 2, 6, 12, 15-вертикальні стійки; 3, 8-відповідно права і ліва шліцьові втулки; 4-стяжні стержні; 5-підставка; 7, 9 –лівий і правий установчі елементи відповідних втулок; 10-шліцева поверхня правого установчого елементу; 11-корпус притисного елементу; 13-тяга; 14-силовий циліндр;
16-панель керування; 17-пружина стиснення

В четвертому розділі наведено технологічні процеси виготовлення деталей півмуфт секцій ГГК і технологічний процес профілювання секцій за зовнішнім діаметром для уникнення скоблення гнучких гумових рукавів секціями ГГК. Експериментально уточнено довжину секції, яка дорівнює 120мм, а поздовжній радіус профілювання - 320мм.

Після проведення статистичної оцінки коефіцієнтів рівняння регресії та перевірки адекватності отриманого теоретичного розподілу випадкових величин рівнянь регресії реальному експериментальному процесу, яку проводили згідно методики, одержано загальний вигляд рівняння регресії

сили різання залежно від зміни швидкості, подачі та глибини різання, тобто за результатами проведених ПФЕ 2³ у кодованих величинах для сталі 08кп і Ст3:

Отримані регресійні залежності можуть бути використані для визначення сили різання заготовки залежно від зміни швидкості різання, подачі та глибини різання у таких межах зміни вхідних факторів: $50 \leq V \leq 150$ (об/хв); $0,1 \leq S \leq 0,6$ (мм/об); $0,1 \leq t \leq 0,8$ (мм), які представлено на рис.11, 12.

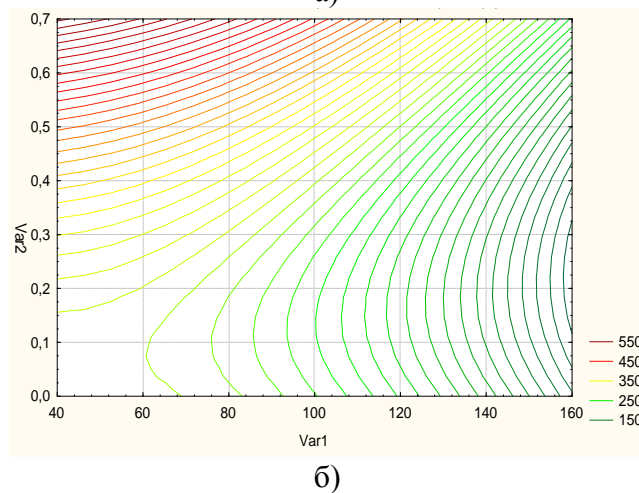
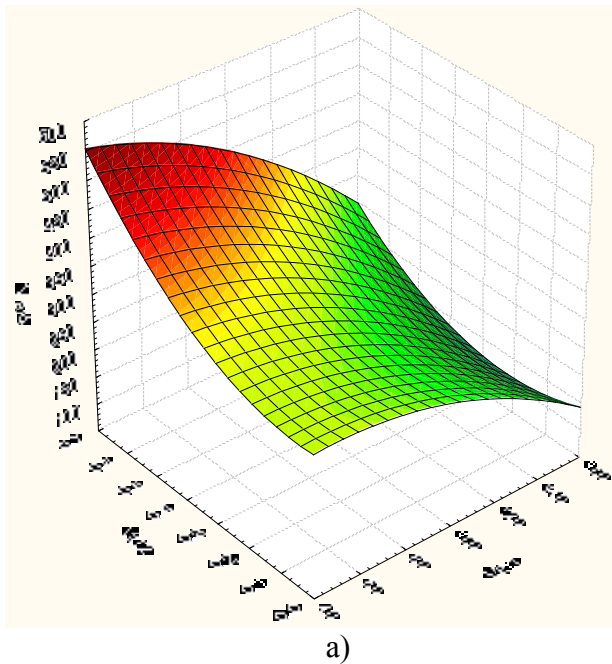


Рис. 11. Поверхня відгуку (а) та її двомірний переріз (б) залежності $P = f(V, S)$ при $t = 0,8$ мм

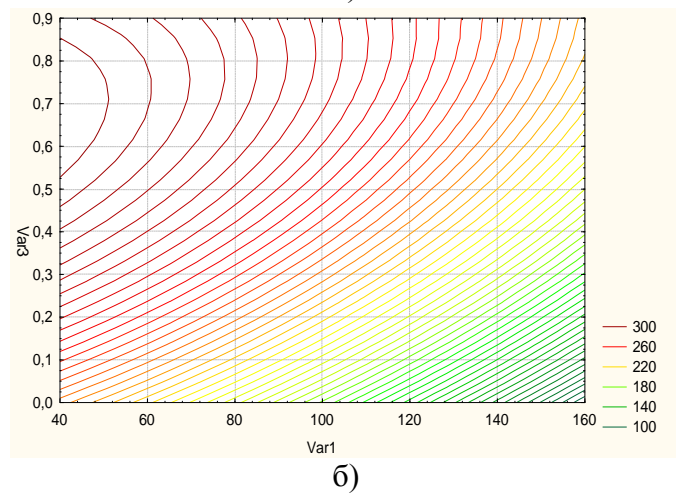
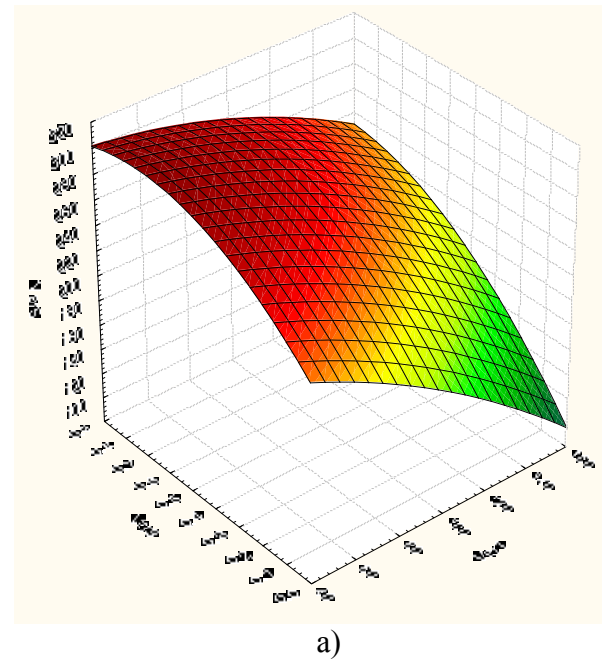


Рис. 12. Поверхня відгуку (а) та її двомірний переріз (б) залежності $P = f(V, t)$ при $S = 0,6$ мм/об

Проведено експериментальні дослідження з визначення складових сил різання P_z від різних технологічних факторів для оброблення шнеків, а саме від зміни швидкості різання заготовок матеріалу сталі 08кп для режимів оброблення: $S=0,3$ мм/об; $t=2$ мм та від глибини різання заготовок матеріалу сталь 08кп - для $V=78,5$ м/хв; $S=0,3$ мм/об.

В п'ятому розділі наведено інженерну методикку проектування й

розрахунку технологічного оснащення для складання й зварювання секцій РО ГГК. Наведено методику для визначення мінімального радіуса згину секцій РО ГГК залежно від конструктивних параметрів.

Досліджено величину втрат продуктивності процесу профілювання секцій РО ГГК і виведено аналітичні залежності для їх визначення.

Втрати продуктивності транспортера порівняно з транспортерами, для яких не проводилось профілювання секцій витків ГГК, знайдено за залежністю:

$$\Delta Q_{\gamma} = \gamma_g \cdot \psi \cdot \alpha \frac{T \cdot T'}{2(T + T')} \omega \cdot \left(\pi R_1^2 - \left(\pi \left(\frac{1}{3} (R_1 - R_2)^2 + R_2 (R_1 - R_2) + R_2^2 \right) \right) \right),$$

(15)

де D_1, D_2, D_r – відповідно радіуси торцевої поверхні секції і внутрішній діаметр гнучкого кожуха, мм; γ_m – об'ємна вага матеріалу, кг/м³; L – довжина секції, мм;

R_k – радіус кривини траси транспортування, мм; z – величина одностороннього зазору між торцевою поверхнею гвинтової секції й внутрішнім діаметром гнучкого рукава, мм; T, T' – відповідно крок гвинтової спіралі шнека та траєкторії руху вантажу.

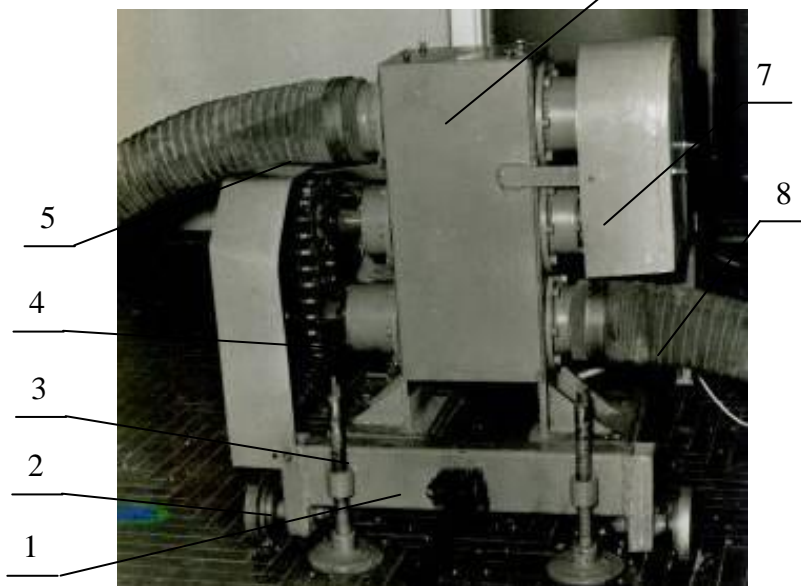


Рис. 13. Стенд для дослідження характеристик гнучких гвинтових конвеєрів з секційними робочими органами:

- 1 – рама; 2 – опорні колеса; 3 – опори;
- 4 – привід вивантажувальної гнучкої секції; 5 – завантажувальна гнучка гвинтова секція; 6 – пересипний корпус;
- 7 – захисний кожух привода; 8 – вивантажувальний гнучкий гвинтовий рукав

В результаті експериментальних досліджень ГГК під час роботи на криволінійних трасах встановлено, що продуктивність знижується на 2–5%, а в окремих випадках і більше, але в процесі профілювання РО ГГК значно покращуються умови їх роботи та збільшується довговічність гнучких гумових рукавів і ресурс їх роботи.

Результати досліджень доводять, що із зменшенням діаметра торцевої поверхні секційного шнека в межах від 3 до 2 мм втрати продуктивності зростають.

На рис.13 зображено конструкцію стенду для дослідження характеристик РО ГГК з профілюваними секціями робочих органів.

Розроблено контрольний пристрій для заміру зовнішнього та

внутрішнього діаметрів і кроку гвинтових заготовок РО ГГК (рис.14) .

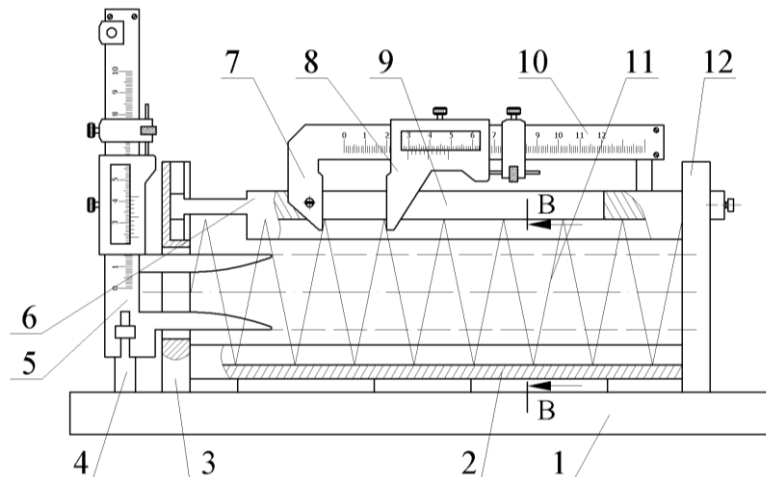


Рис. 14. Контрольний пристрій для заміру параметрів шнеків:
1-плита; 2,6-нижня і верхня опори гвинтової стрічки; 3,12-вертикальні стійки; 4-кронштейн; 5-танген-нутромір; 7-штангенциркуль; 8-рухома ніжка; 9-наскрізний паз; 10-ноніус; 11-гвинтова стрічка

Проведені та проаналізовані результати експериментальних досліджень згідно розробленої програми підтвердили адекватність теоретичних розрахунків дійсним значенням технологічних параметрів, на основі яких уточнено параметри технологічного оснащення, конструкції яких захищені деклараційними патентами.

Проведено техніко-економічне обґрунтування показників ефективності та технологічної собівартості від виробництва та експлуатації секційних РО ГГК.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що полягає в розробленні високопродуктивних ТП виготовлення секційних РО ГГК, які працюють на криволінійних трасах і характеризуються покращеними експлуатаційними характеристиками. Задача вирішена за рахунок виведення аналітичних залежностей, які дозволяють визначити конструктивні, силові та технологічні параметри секційних РО ГГК, досліджено запропоновану динамічну модель проточування й профілювання секцій РО ГГК, що дало можливість визначити конструктивні, силові та технологічні параметри, режими різання і допустимі напруження, які забезпечують оптимальну технологічність конструкції, раціональність процесів виготовлення секцій РО ГГК. Вирішення цієї задачі дозволить підвищити продуктивність праці досліджуваних технологічних операцій, покращити техніко-експлуатаційні показники ГГК, зокрема, підвищити надійність, як самих робочих органів, так і гнучких рукавів, які мають обмежений ресурс експлуатації, низьку якість і точність виготовлення, а

також покращити ремонтпридатність вузлів ГГК.

1. Вперше в результаті теоретичних досліджень встановлено величину деформації та зусилля, які виникають у кожній із виділених частин ланки секцій РО ГГК при точінні й профілюванні, визначено величину загального крутного моменту, що діє на секцію із врахуванням наявної кількості стержнів і значень їх параметрів. Встановлено, що зміна кута піднімання середньої лінії витка шнека суттєво впливає на зміну величини напружень у ньому, причому максимальне його значення спостерігається для кута повороту близько 25 град, а із збільшенням діаметрів стержнів суттєво зменшується напруження у всіх елементах ланок; в результаті чого визначено конструктивні параметри секції РО ГГК.

2. Для визначення жорсткості секцій РО ГГК при проточуванні вперше виведено систему рівнянь для встановлення величини прогину стержнів секції від дії сили різання, кута нахилу поперечного перерізу стержнів в точці дії навантаження і кута закручування секції. Встановлено, що із збільшенням кількості стержнів від 2 до 6 і постійній довжині секцій $l = 0,12$ м кут закручування зменшується від 21° до $6,9^\circ$, а крутильна жорсткість при цьому збільшується у 3 рази.

3. На основі теорії розмірних ланцюгів проведено розмірний аналіз секцій робочих органів ГГК, записано рівняння номінальних розмірів з визначенням параметрів проміжних і замикальної ланок розмірного ланцюга та величини їх допусків, що є визначальним для забезпечення необхідної точності секцій і розроблення технологічного спорядження для їх виготовлення. Проведено розмірний аналіз кулькового шарнірного з'єднання секцій РО ГГК з метою дослідження точності фінішних операцій механічного оброблення й складання. На основі розрахунку розмірного ланцюга складено рівняння номінальних розмірів із двома взаємно перпендикулярними фіксуєчими елементами, визначено параметри проміжних і замикальної ланок і величини їх допусків. Залежно від цих параметрів рекомендовано режими фінішних операцій механічного оброблення для виготовлення з'єднувальних елементів секцій гнучкого шнека.

4. Розроблено динамічну модель технологічного процесу проточування та профілювання секцій РО ГГК і встановлено, що основними технологічними чинниками забезпечення точності оброблення є режими різання – глибина і подача, які доцільно вибирати мінімально можливими ($t = 0,8 - 1,5$ мм; $S = 0,15 - 0,25$ мм/об), що зменшує ударні навантаження на різець і підвищує стійкість інструмента в часі. Товщина смуги шнека ($H_0 = 2-5$ мм) суттєво впливає на збільшення швидкості до $V = 80 - 100$ м/хв.

5. Спроековано та виготовлено секції гнучких гвинтових робочих органів зовнішнім діаметром 100 мм з довжиною секцій $l = 0,12$ м і технологічне спорядження для складання й зварювання секцій, стенд для досліджень їх конструктивних параметрів в процесі профілювання. Дослідження проводилися на спеціально виготовленому гнучкому гвинтовому конвеєрі. Характеристика стенда для дослідження:

продуктивність до 25 т/год, довжина транспортування – 12 м, внутрішній діаметр гнучкого кожуха – 100 мм, потужність електродвигуна приводу – 1,5 кВт, швидкість робочого органу – 500 об/хв. Для проведення експериментальних досліджень профілювання секцій ГГК використано токарний верстат 16К20Ф3 і експериментальна установка для визначення зусилля проточування і впливу режимів різання на шорсткість поверхні для сталі 08кп і Ст3.

6. Досліджено вплив процесу профілювання секцій РО ГГК на його продуктивність і енерговитрати, виведено аналітичні залежності для визначення продуктивності секційного ГГК залежно від профілю секцій для забезпечення стабільного виконання технологічного процесу транспортування без інтенсивного зношування гнучких рукавів. Розроблено програми для верстатів з ЧПК для оброблення секцій робочих органів ГГК заданого профілю. Виведено регресійні залежності для визначення сил різання для проточування секцій РО ГГК двох серій повнофакторного експерименту ПФЕ 2³ для сталі 08кп і Ст3 залежно від режимів різання.

7. Розроблено методику та комплекс експериментальних досліджень надійності інструментів, які працюють на ударні навантаження в процесі обточування та профілювання гвинтових секцій робочих поверхонь залежно від різних факторів на основі теорії Брокса (властивостей скалярного добутку осьових векторів) із використанням методу найменших квадратів. Виведено аналітичні залежності для визначення стійкості інструменту залежно від швидкості, глибини і подачі різання, експериментально уточнено значення показників степенів швидкості $K_v=1,46$; подачі $K_s=0,47$, глибини різання $K_f=0,16$. За критерій затуплення різця прийнято розмір фаски зношення задньої поверхні для вершини $N_{h3}=1,0$ мм. Розходження теоретичних і експериментальних досліджень становить 5-12%.

8. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень встановлено раціональну довжину секції РО ГГК, яка дорівнює 1,5-2 витка гвинтової спіралі (100-150 мм) товщиною 2-4 мм і шириною 20-50 мм з матеріалів сталь 08кп і Ст3. В результаті аналізу експериментальних досліджень встановлено, що профілювання секцій РО ГГК на зовнішньому діаметрі доцільно здійснювати на спеціальних оправах у два етапи: перший – чорнове оброблення самих ГГЗ із заданим кроком і навитих в щільний пакет на токарному верстаті 16К20Ф3 із наступними режимами різання: $V=60-70$ м/хв; $t=2,5-3$ мм; $S=0,25-0,4$ мм/об. Другий етап – чистове профілювання секцій РО ГГК на спеціальній оправі з режимами різання: $V=80-100$ м/хв.; $t=0,8-1,5$ мм; $S=0,15-0,25$ мм/об та шорсткістю $R_a=1,25-6,3$.

9. На основі проведеного комплексу теоретичних і експериментальних досліджень створено конкурентноспроможні РО ГГК, раціональні технології їх виготовлення з розробленням технологічного спорядження для їх складання та оброблення, конструкції різальних та вимірювальних інструментів, що забезпечило підвищення продуктивності праці процесів механічного оброблення на 19–28% і якість продукції, а також значно підвищити надійність та довговічність як самих РО, так і гумових гнучких

рукавів і вузлів тертя конвеєрів. Технічна новизна розроблень захищена 10 деклараційними патентами України на винаходи. Результати досліджень впроваджено на ВАТ “Ковельсьільмаш” з річним економічним ефектом 5068 грн.

СПИСОК ОСНОВНИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Новосад І.Я. До питання розрахунку гвинтового секційного конвеєра. Науковий вісник Національного аграрного університету, Вип. 92/2. Частина II. К.: 2005.- С. 140-143.

2. Новосад І.Я. Особливості технології виготовлення секцій гнучкого гвинтового конвеєра // Міжвузівський збірник за напрямом “Інженерна механіка” “Наукові нотатки”, ЛДТУ, Вип. №18. - Луцьк, 2006.-С.249 – 254.

3. Новосад І.Я. Вибір режимів різання при обточуванні секцій гнучкого гвинтового конвеєра // Вісник Тернопільського державного технічного університету. Вип. № 3. - Тернопіль, 2006.-С. 58–62.

4. Новосад І.Я. Розмірний аналіз секцій гвинтового конвеєра – основа надійності його роботи // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, Вип. 51 “Механізація сільськогосподарського виробництва”, Т.1.- Харків, 2007.–С. 236–241.

5. Новосад І.Я., Свідовий А.Б. Розмірний аналіз технологічного процесу виготовлення секцій гнучкого гіперболічного шнека // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, Вип. 44. “Механізація сільськогосподарського виробництва”, Т.1.- Харків, 2006.- С. 192–198.

6. Гевко Б.М., Новосад І.Я. Розрахунок жорсткості секцій гвинтового секційного конвеєра при проточуванні // Міжвузівський збірник за напрямом “Інженерна механіка” “Наукові нотатки”, ЛДТУ, Вип. 20. – Луцьк, 2007.– С.82–86.

7. Клендій М.І., Новосад І.Я. До питання профілювання секцій гнучкого гвинтового конвеєра. Житомирський державний технологічний університет “Процеси механічної обробки в машинобудуванні”// Збірн. наукових праць, Вип. 4.- Житомир, 2006.–С.136-143.

8. Гевко І.Б., Новосад І.Я., Дзюра В.О. Обґрунтування параметрів нових типів гвинтових конвеєрів// Збірн. наукових статей, Вип. 13 “Сільськогосподарські машини”. - Луцьк, 2005.–С. 60–65.

9. Гевко І.Б., Новосад І.Я. Обґрунтування параметрів гвинтового секційного соковитискача// Збірн. наукових статей, Вип. 13. “Сільськогосподарські машини”. - Луцьк, 2005.–С. 65–74.

10. Гевко І.Б., Новосад І.Я. Розмірний аналіз кулькового шарнірного з’єднання секцій гіперболічного шнека// Збірн. наукових праць, Вип. 3. “Процеси механічної обробки в машинобудуванні”, Житомирський державний технологічний університет.-Житомир, 2006.–С. 181–198.

11. Гевко І.Б., Новосад І.Я. Особливості технології виготовлення секцій гнучких гвинтових конвеєрів // Міжвузівський збірник за напрямком “Інженерна механіка”. - Луцьк, 2006, Вип. 18.–С. 11–16.

12. Гевко І.Б., Новосад І.Я., Колесник О.А. Інструменти для заміру конструктивних параметрів гвинтових робочих органів. Проблеми створення та технічної експлуатації машин і обладнання// Матеріали 2-гої всеукраїнської конференції – семінару докторів, аспірантів та пошукачів у галузі аграрної інженерії//.- Кіровоград: КНТУ, 2007.–С.22-23.

13. Патент № 18401 Україна МПК В65G33/26. Гвинтовий секційний карданний робочий орган/ Гевко І.Б., Новосад І.Я, Колесник О.А. - №200603924; Заявл. 10.04.2006; Опубл. 15.11.2006; Бюл. № 11. – 4с.

14. Патент № 22577 Україна МПК В65G33/26. Пристрій для зварювання секцій гіперболічного шнека/ Гевко Б.М., Новосад І.Я, Дзюра В.О. - №200603924; Заявл. 30.11.2006; Опубл. 25.04.2007; Бюл. № 5. – 6с.

15. Патент № 22781 Україна МПК G01B3/20. Контрольний пристрій для заміру конструктивних параметрів шнеків/ Гевко Б.М., Драган А.П., Новосад І.Я, Колесник О.А. - №200611197; Заявл. 25.12.2006; Опубл. 25.04.2007; Бюл. № 5. – 6с.

16. Патент № 18401 Україна МПК G01B3/20. Гвинтовий секційний карданний робочий орган/ Гевко І.Б., Новосад І.Я, Колісник О.А. - № 200611197; Заявл. 10.04.2006; Опубл. 15.11.2006; Бюл. № 11. – 6с.

17. Патент “№ 10254 Україна МПК В65G33/16. Стенд для дослідження характеристик гвинтових конвеєрів/ Гевко І.Б., Рогатинська О.Р., Новосад І.Я., Дзюра В.О. - №200502962; Заявл. 31.03.2005; Опубл. 15.11.2005; Бюл. № 11. – 4с.

18. Патент № 7812 Україна МПК В65G33/26. Гнучкий гвинтовий робочий орган соковитискача/ Гевко І.Б., Комар Р.В., Лещук Р.Я., Новосад І.Я., Гевко І.Б. - №20041109453; Заявл. 18.11.2004; Опубл. 15.07.2005; Бюл. № 7. – 6с.

19. Патент № 10169 Україна МПК G01B3/20. Шнекомір/ Гевко І.Б., Рогатинська О.О., Новосад І.Я. - №200501474; Заявл. 17.02.2005; Опубл. 15.11.2005; Бюл. № 11. – 4с.

20. Патент № 15699 Україна МПК В23В5/00.Оправка для профілювання секцій гнучкого гвинтового робочого органу/ Новосад І.Я. - №200600105; Заявл. 03.01.2006; Опубл. 17.07.2006; Бюл. № 7. – 4с.

21. Патент №23331 Україна МПК В21Н3/00. Спосіб виготовлення гвинтових гофрованих заготовок/ Гевко І.Б., Гевко Б.М., Дячун А.Є., Драган А.П., Новосад І.Я. - №200611180; Заявл. 23.10.2006; Опубл. 25.05.2007; Бюл. №7. – 4с.

22. Патент №23332 Україна МПК G01B3/20. Пристрій для заміру конструктивних параметрів шнеків/ Гевко Р.Б., Гевко І.Б., Драган А.П., Новосад І.Я. - №200611197; Заявл. 23.10.2006; Опубл. 25.05.2007; Бюл. №7. – 4с.

Анотація

Новосад І.Я. Технологічне забезпечення виготовлення секцій робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 - технологія машинобудування. Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. –Тернопіль, 2007.

Робота присвячена розробленню прогресивних технологічних процесів виготовлення й профілювання секцій РО ГГК, удосконаленню їх конструкції з метою підвищення надійності як самих РО, так і гнучких рукавів, які мають обмежений ресурс роботи, низьку якість і точність виготовлення, а також покращення ремонтпридатність їх вузлів. Виведено аналітичні залежності для визначення конструктивних, силових і технологічних параметрів, режимів різання і допустимих напружень, які забезпечують раціональність конструкції.

Розроблено динамічну модель технологічного процесу роботи секційного ГГК і на її основі визначено силові та технологічні параметри. Для встановлення жорсткості секцій ГГК виведено систему рівнянь для визначення величини прогину стержнів секцій від дії сил різання, кута нахилу поперечного перерізу стержнів в точці дії навантаження і кута закручення секцій. Проведено розмірний аналіз кулькового шарнірного з'єднання секцій ГГК з рекомендацією для визначення точності фінішних операцій оброблення. Представлено результати експериментальних досліджень впливу конструкторсько-технологічних параметрів на показники точності й шорсткості секцій ГГК, аналіз яких дозволив значно підвищити довговічність гнучких рукавів, зменшити забруднення транспортних матеріалів гумовими відходами, які вискоблюють циліндричні секції.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено технологічне устаткування для виготовлення й профілювання секцій РО ГГК, різальні та вимірювальні інструменти.

Ключові слова: технологічний процес, розмірний ланцюг, секційні робочі органи, гвинтовий конвеєр, криволінійні траси.

Аннотация

Новосад И.Я. Технологическое обеспечение изготовления секций рабочих органов гибких винтовых конвейеров. - Рукопись.

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук за специальностью 05.02.08 - технология машиностроения. Тернопольский государственный технический университет имени Ивана Пулюя – Тернополь, 2007.

В диссертационной работе на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований изложено обобщение и предложено новое решение научно-прикладной задачи разработки прогрессивного технологического процесса (ТП) изготовления секций рабочих органов гибких винтовых конвейеров, долговечность и ресурс работы которых повышается за счет уменьшения интенсивности износа как самих рабочих

органов, так и гибких рукавов, которые имеют ограниченный ресурс работы. При этом повышается точность их изготовления, а также улучшается ремонтоспособность узлов гибких винтовых конвейеров (ГВК). При разработке технологичности конструкции секций рабочих органов (РО) произведено усовершенствование их конструкции с улучшенными эксплуатационными показателями.

Выведены аналитические зависимости для определения конструктивных, силовых и технологических параметров, режимов резания и допустимых напряжений, которые обеспечивают рациональность конструкции.

Разработана динамическая модель технологического процесса работы секционного ГВК и на ее основании определены силовые и технологические параметры. Для определения жесткости секций РО ГВК выведена система уравнений для определения величины прогиба стержней секций от действия сил резания, угла наклона поперечного сечения стержней в точке действия нагрузки и угла закручивания секций. Проведен размерный анализ шарикового шарнирного соединения секций ГВК с рекомендацией для определения точности финишных операций обработки. Представлены результаты экспериментальных исследований влияния конструкторско-технологических параметров на показатели точности и шероховатости секций ГВК.

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка использованной литературы и предложений.

В первом разделе проведен анализ известных в литературе результатов исследований технологических процессов изготовления секций РО ГВК и их профилирования. Рассмотрены способы их изготовления, технологическая оснастка, режущие и измерительные инструменты для их реализации и сформулирована цель и задачи исследования.

Во втором разделе приведены технологические основания обработки секций РО ГВК и их профилирования по наружному диаметру радиусом 320мм в продольном сечении. Конструкция секций РО отработана на технологичность с точки зрения технологии их изготовления, долговечности и ресурса эксплуатации за счет уменьшения интенсивности износа элементов в контактных зонах. Составлены уравнения размерных цепей технологического процесса сборки РО.

В третьем разделе разработаны конструкции приспособлений для изготовления деталей секций РО ГВК и их сборки. Спроектированы и изготовлены секции РО ГВК (для материалов - сталь 08кп и Ст3) и предложена технология их изготовления. Составлены уравнений регрессии для определения силы резания в зависимости от режимов обработки.

В четвертом разделе выведены аналитические зависимости для определения потерь производительности обработки ГВК при профилировании секций по наружному диаметру. Они составляют 2–5% от общей производительности, но при этом значительно повышается надежность и долговечность как самих РО, так и особенно гибких рукавов.

Предложена методика определения стойкости инструмента при точении, так как процесс резания связан с ударными нагрузками. В качестве критерия стойкости резца принято радиус его вершины, оптимальное значение которого не должно превышать 2мм.

В пятом разделе наведена инженерная методика проектирования и расчета технологической оснастки для сборки и сварки секций РО ГВК. Предложена методика для определения минимального радиуса изгиба секций РО ГВК в зависимости от конструктивных параметров. Рассмотрены экономические критерии оценки рациональных технологических процессов изготовления и эксплуатации секционных ГВК.

Ключевые слова: технологический процесс, размерная цепь, секционные рабочие органы, винтовой конвейер, криволинейные трассы.

ANNOTATION

Novosad I.Y. Technological provisions of manufacturing the sectional working bodies of flaxible screw conveyers. – Manuscript.

Dissertation submitted for the Candidate of Sciences degree (Engineering) in specialism 05.02.08 – Technology of Mechanical Engineering. Ternopil Ivan Pul'uj State Technical University. – Ternopil, 2007.

The dissertation is devoted to the development of progressive technological processes of manufacturing and profiling the sectional working bodies of flexible screw conveyers (FSC) and to the improvement of their constructions in order to increase the reliability, quality and accuracy of manufacturing the working bodies and flexible sleeves that possess the bounded working durabilites and to improve the maintainability of their knots.

The analytical dependences to determine the power and technological parameters, cutting regimes and acceptable strain rates that provide the construction rationality are developed.

The dynamic model of technological process of internal turning and profiling the sectional working bodies of FSC is worked out. As the result the analytical dependences of their technological and structural parameters are developed as well. To determine the hardness of FSC sections the system of equations is worked out for defining the flexure value sections rods under the pressure of cutting, the dip angle of nods profile in a point of their loading and the angle of torsion of sections. The analysis of ball pivot-hinged joint of FSC sections with the recommendation of finishing operations of mechanical process is made. The result of experimental investigating of the effect of structural-technological parameters on accuracy indexes of FSC sections is proposed. Due to profiling the sections of working bodies (WB) of FSC the durability of flexible sleeves, working bodies has increased; the pollution of transport materials by all-rubber scraps scraping out cylindrical sections is absent.

On the basis of theoretical and experimental investigations the technological equipment for manufacturing and profiling the WB of FSC, cutting and measuring instruments is designed.

Key words: technological process, dimensions chain, sectional working bodies, flexible screw conveyers, curve traces.

Підписано до друку 12.08.2007 р. Формат 60x84/16.
Папір друкарський. Друк офсетний.
Умов. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим.

Видавництво БФ «Добрі справи»
вул. Тролейбусна, 12, м. Тернопіль