

ВІДПРАЦЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГВИНТОВИХ СЕКЦІЙНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ НА ТЕХНОЛОГІЧНІСЬ

Гевко Б.М., д.т.н., проф., Клендій В.М., Навроцька Т.В.

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

Розроблено методикау відпрацювання конструкцій механізмів з секційними гвинтовими робочими органами на технологічність на основі ресурсозберігаючих технологій. Розроблена нова конструкція секційного гвинтового робочого органу на основі ресурсозберігаючих технологій. До переваг робочого органу відноситься те, що в процесі складання даного вузла не застосовується складного технологічного оснащення. Усе застосоване оснащення нормалізоване й забезпечує швидкий ремонт або заміну.

Постановка проблеми. Створення нових і удосконалення існуючих конструкцій транспортно-технологічних механізмів сприяє подальшому розвитку виробництва і підвищення продуктивності праці. За різними даними їх питома вага у завантажувально-розвантажувальних операціях складає 40...45%. Тому, на даний час основним завданням при розробленні прогресивних конструкцій гвинтових завантажувачів є відпрацювання їх конструкцій на технологічність з точки зору зменшення травмування, широку багатофункціональність, ремонтно-здатність та інше.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями технологічності конструкцій шнеків присвячені праці Амірова Ю.Д. [1], Григорьєва [2], Герман Х. [3], Рогатинського Р.М., Гевко І.Б. [4], Баришев А.И., Бадишевський В.А. та багато інших.

Мета роботи є розроблення методики відпрацювання конструкцій механізмів з секційними гвинтовими робочими органами на технологічність на основі ресурсозберігаючих технологій.

Реалізація роботи. Поняття «технологічність конструкції» охоплює як технічну, так і економічну сторону виробництва, які ніколи не слід розділяти, оскільки вони взаємопов'язані. Проблема створення технологічних конструкцій машин має важливе народногосподарське значення. Правильне її рішення дозволяє: а) знизити трудомісткість і собівартість виготовлення машини; б) краще використовувати наявні основні засоби підприємств; в) знизити витрати на підготовку виробництва; г) зменшити терміни вивчення машини.

Технологічною вважають конструкцію, яка може бути швидко і з мінімальними витратами вивчена у виробництві та виготовляється найбільш раціональними способами в заданих кількостях і умовах виробництва. Технологічність конструкції, машини визначається сукупністю кінематичних, конструктивних і технологічних рішень, здійснюваних у процесі проектування машини на основі порівняльного техніко-економічного аналізу.

Нами розроблено конструкцію гвинтового шарнірного секційного

робочого органу (рис. 1), який виконано з окремих секцій 1 однакових діаметрів і довжин, які виконані у вигляді зварних конструкцій трубчастих заготовок 2, до одного умовного внутрішнього кінця до якої жорстко закріплена циліндрична втулка 3. Остання виконана з системою осьових паралельних пазів 4, які розміщені рівномірно по колу, наприклад, чотири і є паралельними до осі трубчастої заготовки і які є у взаємодії з тілами кочення 5 3 другої сторони тіла кочення 5 є у взаємодії зі сферичною виїмкою 6 сферичного корпусу 7 з можливістю осьового і кутового повертання сферичної тяги 8.

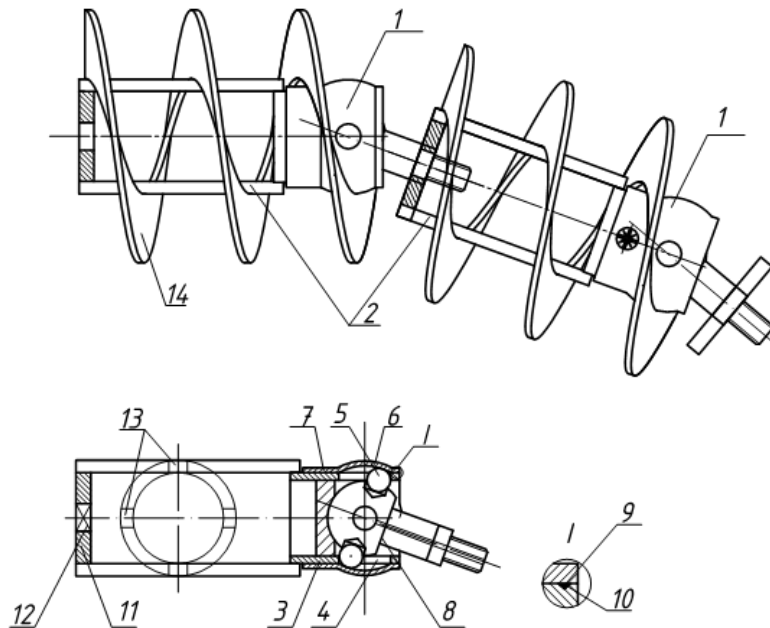


Рисунок 1 – Конструкція гвинтового шарнірного секційного робочого органу

Крім цього зверху циліндрична втулка 3 є у жорсткій взаємодії зі сферичним корпусом 7, в якому внутрішня сфера 6 є у взаємодії з зовнішніми поверхнями тіл кочення 5, а на вільному внутрішньому кінці сферичного корпусу 7 виконано циліндричне кільце з зовнішнім трикутним профілем 9, яка є у жорсткій взаємодії з аналогічною виточкою 10 циліндричної втулки 3, яке виконано на вільному її кінці зовні. З другого кінця зварної циліндричної секції у внутрішній отвір жорстко, перпендикулярно до осі встановлено з'єднувальна втулка 11 з внутрішнім квадратним чи фасонним отвором 12 і яка є у взаємодії з відповідним кінцем сферичної тяги сусідньої секції і жорсткою її фіксацією відомим способом. До зовнішнього діаметра з'єднувальної втулки 11 рівномірно по колу з одного кінця приварено, наприклад, чотири перемички 13, а з другого кінця перемички приварені до зовнішнього діаметра циліндричної втулки 3.

На зовнішньому діаметрі циліндричної секції 2 жорстко приварена гвинтова секція 13, яка є фактично продовженням гвинтових спіралей сусідніх секцій, в центрі сферичної тяги 8 виконано виїмку 14, яка є у взаємодії з мастилом 15, яке в свою чергу системою отворів з'єднано з тілами кочення 8, а на вільному кінці тяги виконано центральний отвір 17, який з'єднано з виїмкою

15 і на його кінці загвинчена маслянка 18.

Для проведення експериментальних досліджень були виготовлені секції гнучкого гвинтового конвеєра, їх профілювання здійснювалося на токарному верстаті 16К20 (рис.2).

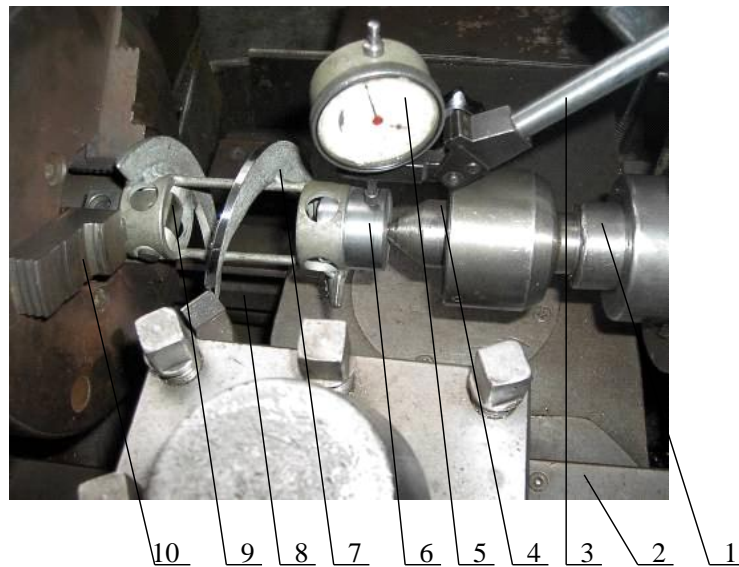


Рисунок 2 – Експериментальна установка для виготовлення секцій гнучкого гвинтового конвеєра:

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

Експериментальні дослідження проводили для визначення складової сили різання P_z , а теоретично визначали складові сили різання P_z , P_y і P_x залежно від швидкості, подачі та глибини різання заготовок матеріалу сталь 08кп.

Для базування, закріплення й проточування секцій секцій робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів в процесі виготовлення й відновлення з заміром складової сили різання P_z , розроблено спеціальну методику та систему пристроїв, зображених на рис. 3.

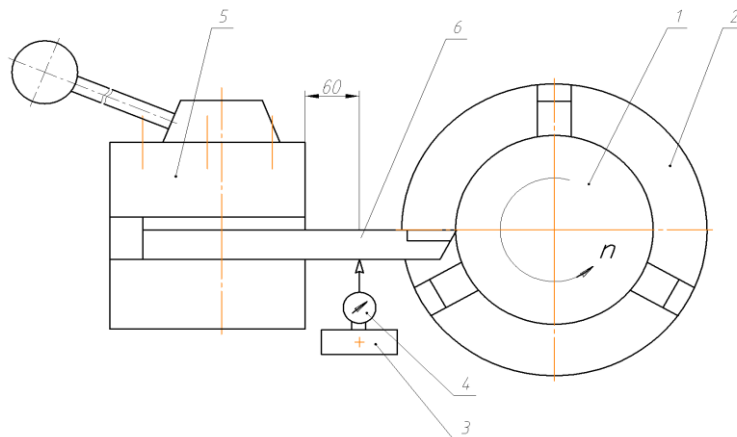


Рисунок 3 – Схема експериментальної установки для визначення складової сили різання P_z в процесі точіння секцій гнучких гвинтових конвеєрів із сталей 08кп і ст. 3.

Також програмою експериментальних досліджень передбачалось встановлення впливу зон з'єднань та способу кріплення окремих секцій на характер і величину деформацій кручення робочих органів у зібраному стані.

Збільшення довжини секції веде до пропорційного збільшення максимального кута закручування, а шарнірне з'єднання практично не впливає на величину деформації, так як його жорсткість вища за жорсткість самої секції. Встановлено, що максимальний крутний момент T_{\max} , який призводить до руйнування секції робочого органа у, значно більший за крутний момент, необхідний для перевантаження сипких вантажів розробленим робочим органом за максимальної висоти перевантаження та мінімального радіусу кривини магістралі.

Основні критерії технологічності наведені в таблиці 1 [3].

Таблиця 1 - Основні показники технологічності та конструктивної складності виконання гвинтових деталей

№ з/п	Показники технологічності	Аналітичний зміст показника	Зміст складових параметрів
1.	Коефіцієнт використання матеріалу	$K = \frac{M_d}{M_z}$	M_d – маса деталі; M_z – маса заготовки
2.	Питома висота витка	$b' = B/H$	H - товщина витка
3.	Відносна товщина спіралі	$\delta_n = 1/b'$	
4.	Відносне видовження спіралі	$\delta_{сп} = 0,5(\sqrt{\psi} - 1)$	
5.	Коефіцієнт технологічної складності виготовлення НЗ	$K_{mc} = (\psi - 1)^x K_e$	x – показник степеня функції; K_e – коефіцієнт

Для того щоб конструкція машини була технологічною, при її проектуванні необхідно:

1) вибрати найбільш раціональну схему і компоновку машини, раціонально розділити її на складальні вузли, досягти найбільш простих конструктивних рішень при розробці вузлів і агрегатів і зменшення загальної кількості деталей в машині;

2) максимально використовувати стандартні, нормалізовані та уніфіковані вузли, агрегати і деталі, а також деталі, вже освоєні у виробництві;

3) при конструюванні деталей враховувати вимоги технологічності.

Великий вплив на технологічність конструкції показує вибір раціональної компоновки машини.

Складність конструкції машини залежить від складності конструкцій входять до неї вузлів і агрегатів. Тому при конструюванні вузлів треба точно встановити функції, які повинен виконувати кожен з вузлів, і проектувати вузли, погодившись, з цими функціями і вибираючи найбільш прості варіанти.

Технологічність конструкції машини поліпшується, якщо в неї входить менше деталей. Це може бути досягнуто не тільки за рахунок застосування більш коротких кінематичних ланцюгів, але і за рахунок скорочення зайвих

з'єднань, що дає можливість зменшити кількість допоміжних і кріпильних деталей.

Доцільність створення тієї чи іншої нової машини оцінюється за зведеними затратами та річним економічним ефектом.

Зведені затрати на існуючий та новий зразок машини визначають за формулою

$$Z = Z_B E_H + Z_e, \quad (1)$$

де Z_B – затрати на виготовлення машини;
 E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;
 Z_e – затрати при експлуатації машини.

Перевага віддається тому варіанту машини, який має менші зведені затрати.

Річний економічний ефект від виробництва та тривалого використання нових машин із ліпшими якісними характеристиками обчислюють за співвідношенням

$$E_p = (E_B + E_e) A_B, \quad (2)$$

де E_B – економія коштів за рахунок більш раціонального виготовлення машини;
 E_e – те саме через поліпшення експлуатаційних характеристик машини;
 A_B – річний обсяг виробництва.

Економія коштів E_e залежить від довговічності машини. Тому при малих експлуатаційних затратах коштів і достатній довговічності машини економічний ефект можна мати при більших затратах коштів на виготовлення машини.

Економічне обґрунтування вибору того чи іншого варіанта конструкції машини може бути здійснене за такими техніко-економічними параметрами, як матеріалоемність, трудомісткість, собівартість тощо. Оскільки маса машин в одних випадках відіграє позитивну роль, а в інших – негативну, часто для оцінки різних варіантів машини використовують питомі показники, які є відношенням маси виробу до найхарактернішого його параметра, наприклад продуктивності машини. Трудомісткість виробу виражається нормованою сумою затрат праці (в одиницях часу) на повне його виготовлення. Матеріалоемність та трудомісткість значно впливають на собівартість порівняльних варіантів заново спроектованих машин.

Технологічність конструкції забезпечується застосуванням наступних принципів: простота конструкцій, мале число деталей і вузлів, що складаються; прості форми деталей і мінімальна матеріалоемність, максимальна уніфікація, нормалізація і стандартизація деталей і вузлів; можливість застосування простих заготовок з мінімальними припусками, використання прокату, штамповок і т.д.; застосування високопродуктивних технологічних процесів механічної обробки; відсутність завищених потреб до точності виготовлення деталей і шорсткості поверхонь; простота і економічне складання вузлів і машин в цілому. Всі ці принципи повинні використовуватися без зниження

якості машин, її економічності і надійності (довговічності і безвідмовності).

Технологічність конструкції може оцінюватися за допомогою основних і допоміжних показників. До основних показників належать технологічна собівартість, трудоємність виготовлення деталей і складання машин. Технологічна собівартість C_m визначається за формулою:

$$C_m = C_M + C_3 + C_{ц.р.}, \quad (3)$$

де C_M - собівартість матеріалу;
 C_3 - заробітна плата робітників з нарахуванням;
 $C_{ц.р.}$ - цехові витрати на електроенергію, амортизацію обладнання, інструменту, пристосувань, на мастильні, охолоджуючі та інші матеріали, обслуговування і ремонт.

Трудоємність виготовлення виробів визначається сумою трудомісткостей елементів виробу, що складається і виражається в нормогодинах.

Для оцінки технологічності однотипових конструкцій при наявності базової моделі можна використовувати наступні відносні показники технологічності. Рівень технологічності по технологічній собівартості:

$$K_{y.c.} = C_m / C_{б.м.}, \quad (4)$$

де C_m - технологічна собівартість виробу, який розглядається;
 $C_{б.м.}$ - технологічна собівартість базового виробу. Рівень технологічності по трудоємності виробу:

$$K_{y.m.} = T_u / T_{б.у.}, \quad (5)$$

де T_u - трудоємність виготовлення виробу, який розглядається;
 $T_{б.у.}$ - трудоємність виготовлення базового виробу.

Економічне використання матеріалу в машині може оцінюватися двома показниками: конструктивною матеріаломісткістю і технологічною матеріалоемністю. Першим показником визначаються затрати конструктивних матеріалів на одиницю потужності або виробництва, другим - встановлюється ступінь використання матеріалу заготовки при виготовленні деталі.

Конструктивна (гранична) металоемність машини, виражається в кг/кВт:

$$M_k = M_u / N, \quad (6)$$

де M_u - маса машини;
 N - потужність машини.

Чим менше M_k , тим технологічна конструкція.

Для оцінки технологічної матеріаломісткості деталі може застосовуватися коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = m_d / m_3 \quad (7)$$

де m_d - маса деталі;
 m_3 - маса заготовки.

Зниження трудомісткості (і собівартості) механічної обробки досягається застосуванням деталей простих форм з ділянками, легко доступними для механічної обробки.

При конструюванні деталей бажано звести до мінімуму необхідну площу, що обробляється, попередити можливість обробки на прохід, чітко розмежувати поверхні, що обробляються і не обробляються.

Застосування уніфікованих деталей і їх елементів дозволяє здешевити обробку шляхом застосування типових технологічних процесів і укрупнення партій оброблюваних деталей.

Собівартість складання і розбирання цілком визначаються конструкцією машини, її складальних одиниць. Конструктивні рішення, які застосовують для розбирання конструкцій, повинні передбачити можливість зручного розташування деталей у складальній одиниці та наступного складання машини. Заміна вузлів або швидкозношуваних деталей повинна виконуватися без допоміжного зняття великого числа деталей (складальних одиниць) машини. Заміна прокладок і сальникових кілець, набивка сальників, заправка мастильних матеріалів, регулювальні роботи повинні виконуватися без застосування складних пристосувань й інструментів, а також по можливості швидко і без залучення персоналу високої кваліфікації.

Висновки. На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Визначено основні вимоги до секційних гвинтових робочих органів, що мають домінуючий вплив на проектування гвинтових транспортно-технологічних механізмів.

2. Встановлено сновні вимоги до технологічності конструкцій гнучких гвинтових секційних робочих органів.

3. Приведені й розшифровані основні технологічні та конструктивні показники технологічності конструкції складових елементів секційних гвинтових робочих органів і аналітичні залежності для їх розрахунку.

Список використаних джерел

1. Рогатинський Р. Модель конструювання і вибору гвинтових конвеєрів з розширеними технологічними можливостями / Р. Рогатинський, І. Гевко // Вісник ТНТУ, 2012. – № 3 (67). – С.197–210.
2. Васильків В. В. Технологічні та конструктивні особливості виготовлення гвинтових заготовок з листового прокату / В. В. Васильків, Л. Д. Радик, І. Б. Гевко // Міжвузівський збірник (за напрямом «Інженерна механіка»): «Наукові нотатки» ЛДТУ, 2004. – Вип. 14. – С. 12–18.
3. Конвеєри гвинтові. Загальні технічні вимоги : ДСТУ 2672:94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1995. – 10 с. – (Національний стандарт України).
4. Конвеєри гвинтові. Терміни та визначення : ДСТУ 2763:94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1995. – 11 с. – (Національний стандарт України).

5. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення : ДСТУ 3278:95. – [Чинний від 1996-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 1996. – 142 с. – (Національний стандарт України).
6. Гевко І.Б. Технологічність конструкцій гвинтових транспортно-технологічних механізмів машин / І.Б. Гевко // Науковий вісник Національного аграрного університету, 2004. – № 73. – С. 348–352.
7. Chris Rorres. The turn of the screw: optimal design of an Archimedes screw/ Jornal of hydrauling/ January 2000. P 72-80.

Аннотація

ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВИНТОВЫХ СЕКЦИОННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ НА ТЕХНОЛОГИЧНИСЬ

Гевко Б.М., Клендій В.М., Навроцька Т.В.

Разработано методику отработки конструкций механизмов с секционными винтовыми рабочими органами на технологичность на основе ресурсосберегающих технологий. Разработана новая конструкция секционного винтового рабочего органа на основе ресурсосберегающих технологий. К преимуществам рабочего органа относится то, что в процессе составления данного узла не применяется сложного технологического оснащения. Все применяемое оснащение, нормализованное и обеспечивает быстрый ремонт или замену

Abstract

TESTING CONSTRUCTION OF SECTIONAL SCREW OPERATIVE MEMBER FOR MANUFACTURABILITY

B. Hevko, V. Klendiy, T. Navrotska

Methodology for testing mechanisms designs with sectional screw operative members for manufacturability based on resource-saving technologies was developed. A new design of sectional screw operative member on the basis of resource-saving technologies was selected. The advantages of operative member include the fact that in build process of the node does not apply sophisticated technological equipment. All applicable equipment normalized and provides quick repair or replacement