

УДК 621.9.62-229.31.001.2

В.В. Васильків, к.т.н., ст. викл.

І.С. Генник, інж.

О.П. Кочубинська, інж.

*Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулюя*

## ДО ПИТАННЯ СИНТЕЗУ КОНСТРУКЦІЙ МЕХАНІЗМІВ З РОБОЧИМИ ЗАТИСКНИМИ ПРУЖНИМИ ГВИНТОВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

*Розроблено класифікацію конструктивно-функціональних особливостей виконання затискних пристроїв, оснащених затискними пружними гвинтовими елементами. Одержано структурні формули перспективних схем пристроїв затиску тонкостінних деталей.*

**Вступ.** Одним із шляхів зменшення деформацій затиску тонкостінних втулок для їх механічного оброблення є використання затискних механізмів (ЗМ), оснащених затискними пружними гвинтовими елементами (ЗПГЕ).

Питанням розробки таких пристроїв присвячені праці Орлікова М.Л., Кузнецова Ю.М. [4], [5], Філатова В.С., Можарова А.С., Гевка Б.М., Данильченка М.Г., Мартиненка В.А., Лакірьова С.Г., Хмельницького Ю.В., Панкова А.С., Мальцева В.Ф., Срібного Л.Н., Хількевича Я.М., Радика Д.Л., Прохорова І.В., Вожаденко В.В. та ін.

**Метою роботи** є розробка багатоваріантної структури конструктивних та функціональних особливостей реалізації процесів затиску, а також синтезу необхідного технологічного спорядження.

Дослідження проводилися згідно з координаційними планами Державної науково-технічної програми Міністерства освіти і науки України за напрямком "Високоєфективні технологічні процеси в машинобудуванні" на 2002–2006 рр.

**Виклад основного матеріалу.** Використання системного підходу призвело до встановлення та систематизації можливих особливостей виконання затискних механізмів (ЗМ), оснащених ЗПГЕ. Це стало основою для їх синтезу з використанням сучасних методів пошукового проектування та оптимізації нових технічних рішень (ТР).

В результаті аналізу конструкцій ЗМ та умов їх роботи встановлено наступні основні умови для їх пошукового проектування для обробки тонкостінних деталей типу тіл обертання.

1. Мінімізація деформації оброблюваної деталі за рахунок:

– збільшення зони контакту ЗПГЕ з об'єктом закріплення

(можливість затиску за зовнішніми та внутрішніми поверхнями оброблюваної втулки);

– рівномірність розподілу контактних напружень між деталлю і ЗПГЕ в процесі затиску та в процесі механічної обробки.

2. Забезпечення відповідного зусилля затиску.

3. Можливість швидкого переналагоджування на інші розміри оброблюваних деталей.

4. Довговічність пристрою (пружні елементи повинні характеризуватись значною ударною в'язкістю (пружністю) і повинні мати значну твердість робочих поверхонь, що суттєво збільшує опір зношуванню).

5. Ширина діапазону затиску при обробці деталей різних типорозмірів і номенклатури.

6. Простота конструкції пристрою, можливість легкої заміни відповідних елементів, вібробстійкість.

7. Виконання пристроїв, що реалізують різну ступінь механізації затиску відповідно до нових типів виробництва.

8. Забезпечення необхідної точності центрування.

9. Забезпечення достатньої жорсткості затиску та ін.

10. Конструкція пристрою повинна попереджувати виникнення заклинювання оброблюваної деталі, через те що пружні елементи можуть залишитися в стиснутому стані після зняття сили затиску через самогальмування.

Багатоваріантна структура конструктивно-функціональних особливостей виконання елементів ЗМ, оснащених ЗПГЕ, є такою:

1. *Види початкових станів ЗПГЕ:* гвинтова спіраль (циліндрична, конічна, фігурна, параболоїдна, призматична, комбінована), плоска спіраль тощо.

2. *Суцільність поверхні витка спіралі:* суцільні, з прорізами: за зовнішнім краєм, за внутрішнім краєм, за зовнішнім і внутрішнім краями.

3. *Спеціальні особливості поверхонь витків:* гладкі, з елементами протиковзання (рифлені), з ідодатковими елементами (шипамі, тощо).

4. *Основні класи та групи гвинтових профілів, до яких належать можливі варіанти виконання ЗПГЕ* (латинські цифри – номери класів, інші – номери груп, що належать даному класу): I – стрічкові з осями симетрії (1, 2 кл.); II – теж клиноподібні (3–6 кл.); III – з відігнутими краями (7 кл.); IV – з потовщеними краями (8–10 кл.); V – стрічкобультбові (11 кл.); VI – стрічкові з ребрами жорсткості (12–14 кл.); VII – С-подібні (15–18 кл.); VIII – профілі з певним відношенням ширини  $B$  до висоти  $H$  (19–22 кл.); IX – таврові та хрестоподібні (23–

25 кл.); X – кутові (26–28 кл.).

Найбільш поширеними є такі технологічні групи профілів поперечного перерізу витка спіралі (в дужках вказано номер групи профілів): стрічкові з двома осями симетрії (1); стрічкові з вертикальною віссю симетрії (2); стрічкові асиметричні (3); стрічкові клиноподібної форми (3); клиноподібні асиметричні (4); стрічкові асиметричні з клиноподібними потовщеннями (5); стрічкові асиметричні з відігнутими краями (6); стрічкові жолобчастої форми (7); стрічкові з гострокутними потовщеннями за краями (8); стрічкові з круглими потовщеннями за краями (9); стрічкособульбові (10); стрічкові односторонні асиметричні (11); стрічкові двохребеневі і більше (12); стрічкові з повздовжніми виступами у вигляді “хвоста ластівки” (14).

5. *Матеріали спіралей*: сталі (45, У7А, 30ХГСА (НРС 34-37)), пластик (полімери), спеціальні матеріали.

6. *Форма поперечного перерізу витка*: закрита, відкрита, напівзакрита, комбінована.

7. *Крок ЗПГЕ*: постійний, змінний, комбінація ділянок постійного та змінного кроків.

8. *Кількість кінців ЗПГЕ*: 1, 2, більше двох.

9. *Просторове розміщення основної осі профілю поперечного перерізу витка ЗПГЕ відносно його радіальної прямої*: паралельно, перпендикулярно, похило, мимобіжне.

10. *Види ЗПГЕ за напруженим станом*: гвинтова тарілчаста пружина, ( $B > H$ ), гвинтова мембрана ( $B \gg H$ ), гвинтовий дріт ( $B \approx H$ ), гвинтова вузька стрічка ( $B \ll H$ ).

11. *Кількість ЗПГЕ в механізмі затиску*: 1, 2, більше двох.

12. *Крок приєднання до сталюї спіралі стрічки колодок заклепками чи спеціальними деталями*: з рівномірним кроком, з нерівномірним кроком.

13. *Різновиди кріплення колодок до ЗПГЕ*: заклепками або болтами, за допомогою пазів типу ластівкового хвоста, болтами, головки яких розміщені в пазах колодки, шарнірне, болтами, що закручені в різьбові отвори колодки та ін.

14. *Кут обхвату одним пружним елементом деталі*: менше  $270^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $590^\circ$ , більше  $590^\circ$ .

15. *Види виконання ЗПГЕ*: однорідний, складений (містить стрічку, фрикційні колодки та ін. деталі).

16. *Види переміщень ЗПГЕ в процесі затиску*: радіальне, тангенціальне, аксіальне, комбіноване.

17. *Рівномірність затиску*: послідовне, одночасне, комбіноване.

18. *Види гнучких з'єднань складових частин ЗПГЕ*: пружинами

кручення, стиску–розтягу, кільцевими, плоскими, буферними та ін.

19. *Різновидність розчленування ЗПГЕ*: гнучкі елементи 1-го виду, 2-х видів, більше 3-х видів.

20. *Напрямок навивки спіралей*: правий, лівий.

21. *Форми взаємозв'язків витків через*: стержневі елементи, гнучкий гвинтовий елемент (розміщені за зовнішнім краєм, за внутрішнім краєм, або в серединній площині витка), особливі конфігурації профілів (L-, П-, Г-подібні тощо) та ін.

22. *Варіанти розчленування ЗПГЕ для одержання необхідного ефекту затиску*: повне розчленування (зіркою, гранне (трикутне)), неповне розчленування (зіркою), комбіноване (наприклад, розчленування зіркою (повне – неповне)).

23. *Ступінь механізації ЗМ*: ручні, механізовані, автоматизовані.

24. *Форма приводу ЗМ*: механічний, електромеханічний, пневмогідравлічний, від сил різання тощо.

25. *Методи затиску з урахуванням кінематичних умов* (тут і далі  $P_0$  – навантаження, що прикладене до ЗПГЕ в напрямку поздовжньої осі  $Z$ ,  $M_0$  – пара сил, що прикладена в площині, перпендикулярній до поздовжньої осі  $Z$ ): для силового фактора  $P_0$  (поворот торців існує або відсутній), для силового фактора  $M_0$  осьове переміщення існує або відсутнє, для силових факторів  $P_0$ ,  $M_0$  можливі варіанти: поворот торців і осьове переміщення, поворот профілю поперечного перерізу витка по всій довжині спіралі.

26. *Рухомість ЗПГЕ*: нерухомий, рухомий.

27. *Різновиди затискних спіралей за видом напружено-деформованого стану їх витків у процесі деформації*: товсті, жорсткі, гнучкі, еластичні, комбіновані.

28. *Вид контакту ГЕ з оброблюваною деталлю*: точковий, лінійний (одно-, двох-, багатолінійний), повно-, неповноповерхневий.

29. *Розподіл деформації спірального елемента*: по всьому об'єму (повний), частковий (ділянок спіралі за краями).

30. *Види навантажень ЗПГЕ*: розтяг, стиск, згин, кручення, комбінація різних навантажень.

У процесі розробки ЗМ важливо враховувати, що основні принципи компенсації зазору між ЗПГЕ і затискуваною деталлю є такими:

- радіальне переміщення полюса поперечного перерізу витка в поздовжній площині ЗПГЕ;
- радіальне переміщення точок контуру профілю поперечного перерізу витка при обертанні їх навколо полюса цього перерізу;
- радіальне переміщення точок контуру профілю поперечного

- перерізу при відцентровому переміщенні відносно центра профілю цього перерізу;
- колове переміщення зовнішнього (внутрішнього) краю ЗПГЕ відносно внутрішнього (зовнішнього);
- комбінації різних варіантів.

Перспективність використання ЗПГЕ визначається їх гнучкістю, що забезпечує певний інтервал змін діаметральних параметрів, значною статичною стійкістю витків під дією локалізованого навантаження [3–5], легкістю виготовлення.

Конструювання ЗМ, оснащених ЗПГЕ, може здійснюватись на основі формалізованого опису їх структури на базі теорії компоновок технічних пристроїв [2], [6]. В основному механізмі виділяють ведучу ланку (або ланки) і ведену ланку (або ланки), як правило, це ЗПГЕ. В окремих випадках розрізняють переміщення кінців гвинтової спіралі. Для позначення таких рухів введено позначення (індекси  $L$  і  $R$ ). Переміщення ланок розрізняють за функціональним призначенням на закріплюючі і настроюючі. Позначення напрямків переміщень прийемо відповідно до ГОСТу 23597-79.

Розміщення осей вибираємо так: вісь  $Z$  співпадає з віссю спіралі; напрямок, що перпендикулярний до осі спіралі, позначимо  $Y$ . За наявності руху ведучої ланки в площині поперечного перерізу перпендикулярно до осі  $Y$ , його позначено  $X$ . Поряд з первинними рухами передбачені і вторинні поступальні  $V$  і  $W$  та обертові  $D$  і  $E$  відцентрові рухи позначатимемо буквою  $R$  (гвинтова спіраль) відносно осі  $Z$ ,  $r$  (поперечний переріз відносно полюса).

Структурні формули компоновок записуватимемо так: спочатку записуються букви, що визначають рухи ведучої ланки, а після розділового знаку (тире) записують рухи веденої ланки. Для конкретизації переміщень веденої ланки розглянуто рухи поперечного перерізу витка, у якому введено полюс  $O$  та центр твірної верхнього краю  $h$ , а центр твірної внутрішнього краю  $H$ . Таким чином, переміщення витка описуватиметься відповідно до встановлених систем координат з позначенням індексів відносності рухів в позначеннях поверхонь (рис. 1.)

Настроюванні переміщення записуватимемо на відміну від закріплюючих малими буквами після позначення закріплюючого переміщення відповідної ланки.

Формування конкретних конструктивних варіантів затискних пристроїв відповідно до теорії морфологічного аналізу здійснюється так.

Складається морфологічна матриця затискних переміщень ведучих

ланок (ЗП),  $ЗП = \begin{vmatrix} x - y & y - y & \dots \\ x - z & y - z & \dots \end{vmatrix}$ . Потім складаються матриці настроєних переміщень ланок, що можуть здійснюватися як ведучою  $НП_{вед}$  ( $НП_{вед}$  – матриця – рядок,  $НП_{вед} = \| x \ y \ z \ a \ b \ c \ \dots \|$ ), так і веденою  $НП_{вдн}$  ( $НП_{вдн}$  – матриця – стовпчик,  $НП_{вдн} = \| y \ z \ a \ b \ c \ \dots \|^T$ ) ланками. Кронекерові добутки матриць  $ЗП \otimes НП_{вед}$ ,  $ЗП \otimes НП_{вдн}$ ,  $НП_{вед} \otimes НП_{вдн}$  утворюють можливі ТР затискних механізмів, які потім аналізуються з точки зору практичної реалізації.

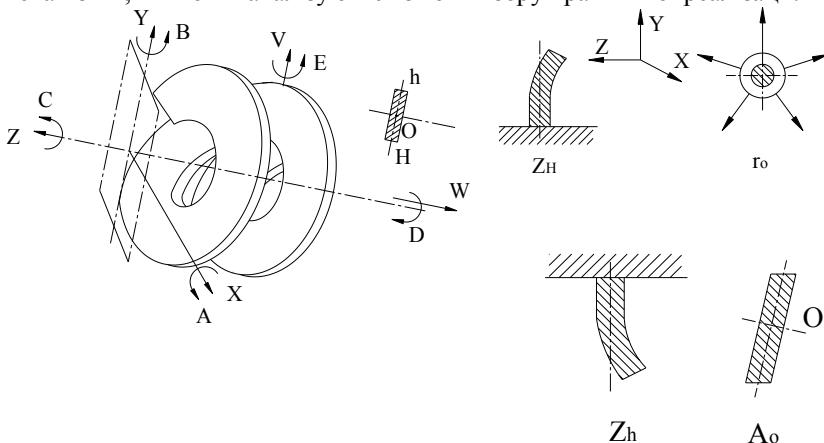


Рис. 1. Позначення напрямків переміщень рухів ланок ЗМ

Теорія вибору раціональних конструкцій здійснюється за методами синтезу ТР з використання різних критеріїв ефективності, запропонованих проф. Андрейчиковим А.В і Андрейчиковою О.Н [1], а також проф. Кузнецовим Ю.М. (у статті не представлено).

На основі пошуку ТР елементів ЗМ, що відповідають синтезованим структурним формулам, одержано багатоваріантну структуру конструктивно-функціональних особливостей їх виконання. Приклади синтезованих фрагментів структурних формул із зазначенням відповідних схем конструктивних особливостей ЗМ є такими:

$C_L C_R - r$ ,  $C_L - r$ ,  $Z_L C_L - r$ ,  $Z - A_H$ ,  $Z_L C_L Z_r C_r - r$  – схеми деформацій ЗПГЕ відповідно крученням за двома кінцями, за одним краєм при одному жорстко защемленому, кручення та стиску, повороту одного краю витка відносно іншого, стиску і кручення обох кінців ЗПГЕ. Так, ЗМ

характеризуються можливістю використання тяги з гідроприводом, байонетного механізму тощо.

$O-r_O$  – схема радіальної деформації ЗПГЕ змієвидного типу з наповнювачем (наприклад, гідропластом).

$Z-A_{Or}$  – схема стиску та поступової деформації обертовим рухом профілю поперечного перерізу витка.

$C_q-R_q, Z_q-R_q$  – схеми радіальних деформацій, гофрованих ЗПГЕ. У першому випадку через передавально-підсилювальний механізм (ППМ) за рахунок обертового переміщення, у другому – осьового (наприклад, тяга взаємодіє з кулачками). Зона контакту з деталлю розміщена зі сторони, протилежної до зони взаємодії спіралі з ППМ.

$C-A_O$  – механізм підтиску забезпечує зміну кута нахилу поперечного перерізу витка спіралі ЗПГЕ відносно осі  $h-H$  або поворот навколо полюса цього перерізу. Схема особливо ефективна для випадку використання спіралей з профільними вирізами.

$Z_L-Zr_C$  – ППМ забезпечує самовільне провертання витків навколо власної осі під дією сил пружності.

$CZ-Ycr$  – механізм підтиску спіралі здійснює поступове осьове і обертове переміщення навколо нерухомої деталі і водночас забезпечує радіальний підтиск до деталі. Вихідним станом ЗПГЕ є плоска гофрована, або суцільна спіраль.

$C-C_O$  – ППМ забезпечує поворот профілів змієвидного ЗПГЕ у площині, що перпендикулярна до поздовжньої осі заготовки.

Конструктивне опрацювання таких формул дозволило одержати нові ТР. Наприклад,  $Z_C-VR_q; C-VR_q$  (для Г-подібних профілів) – у конструкції передбачена тяга, на передньому кінці якої нарізані похилі зуби, яка може рухатися у двох напрямках:  $Z$  – вздовж осі деталі при її закріпленні,  $C$  – при настроюванні на діаметральний розмір. Кулачки, що перебувають у взаємодії з тягою із однієї сторони, а з другої – із гофрованим ЗПГЕ, при цьому можуть переміщуватися в отворах корпусу оправки, що направлені по хордах поперечного перерізу (напрямок  $V$ ). Переміщення кулачків передається ЗПГЕ.

Приклади окремих конструктивних схем реалізації затиску використанням ЗПГЕ, розміщених між корпусом і заготовкою є такі:

*нахилена розпірка* (гвинтові тарілчасті пружини, різьбова оправка зі змінним кутом гвинтової нарізки профілю);

*кулачок змінної конфігурації* (зміна об'єму профілю: гнучкий змійовик із наповнювачем; поворот профілю внаслідок деформацій спіралі);

*радіальне переміщення профілю* (кручення спіралі).

**Висновки.** В результаті проведених досліджень зроблено такі

висновки:

1. Вперше розроблено класифікацію конструктивно-функціональних особливостей виконання ЗМ, оснащених ЗПГЕ. Вона відкрита до подальшого розширення. Її можна застосувати, як морфологічний ящик до генерування нових ТР. Запропонований системний підхід є базою знань для створення алгоритмів вирішення винахідницьких задач на основі використання сучасних інформаційних систем.

2. На основі проведених пошукових досліджень встановлено, що перспективними елементами ЗМ, які розглядалися, є гвинтові розрізні спіралі з *П*-, *Х*-, *У*-, *У*- подібними профілями поперечних перерізів їх витків та гофровані гвинтові спіралі.

3. Синтезовано структурні формули конструктивних особливостей ЗМ, на основі яких розроблено ТР, що характеризуються рівномірністю кругової жорсткості, компактністю, технологічністю, рівномірністю затиску.

4. Встановлено основні методи затиску оброблюваних деталей гвинтовими елементами на основі аналізу впливу зовнішніх силових факторів та кінематичних умов та деформацій пружних ланок.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н.* Компьютерная поддержка изобретательства (методы, системы, примеры применения). – М.: Машиностроение, 1998. – 472 с.

2. *Врагов Ю.Д.* Анализ компоновок металлорежущих станков (Основы компонетики). – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

3. *Геник І.С.* Затискний пристрій для обробки деталей типу тіл обертання // Сучасні проблеми сільськогосподарського машинобудування. – К.: НАУ. – 1997. – Т 1. – С. 101–107.

4. *Кузнецов Ю.Н., Вачев А.А., Сяров С.П., Цервенков А.Й.* Самонастраивающиеся зажимные механизмы: Справочник. – К.: Техника; София: Гос. изд-во "Техника", 1988. – 222 с.

5. *Орликов М.Л., Кузнецов Ю.Н.* Проектирование зажимных механизмов автоматизированных станков. – М.: Машиностроение, 1977. – 141 с.

6. *Хмельницький Ю.В.* Оснастка в гибких автоматизированных системах для обработки тел вращения // Изв. Вузов. Машиностроение. – 1986. – № 10. – С.157–160.

ВАСИЛЬКІВ Василь Васильович – кандидат технічних наук,



старший викладач кафедри комп'ютерних технологій в машинобудуванні Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя.

Наукові інтереси:

- теорія автоматизованого синтезу технологічних процесів та машинобудівних конструкцій;
- математичне моделювання технологічних процесів;
- програмне забезпечення математичного моделювання технічних систем.

ГЕНИК Ігор Степанович – викладач кафедри комп'ютерних технологій в машинобудуванні Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя.

Наукові інтереси:

- розрахунок та конструювання затискних механізмів.

КОЧУБИНСЬКА Ольга Петрівна – інженер кафедри технології машинобудування Тернопільського державного технічного університету ім. І.Пулюя.

Наукові інтереси:

- розрахунок та конструювання затискних механізмів.

Подано 17.03.2006











