

УДК 621.01: 539.4 – 62.27(02)

МОРФОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ПРУЖНИХ ЛАНОК МАШИН ЗМІННОЇ ЖОРСТКОСТІ З МЕТАЛЕВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Проценко В.О.

Херсонська державна морська академія

У статті розглянуті питання реалізації системно-морфологічного підходу до синтезу структури пружних ланок машин змінної жорсткості з металевими елементами. Встановлено морфологічні ознаки способів забезпечення змінної жорсткості згаданих ланок та варіанти цих ознак. Запропоновано класифікації способів забезпечення змінної жорсткості ланок оснащених суцільними металевими та канатними пружними елементами. Розроблені морфологічні матриці синтезу способів забезпечення змінної жорсткості, розкриття яких дало можливість обчислити кількість можливих способів забезпечення змінної жорсткості. Отримані результати являють собою морфологічні основи синтезу структури пружних ланок машин змінної жорсткості з суцільними металевими та канатними пружними елементами. Вони дозволяють формалізувати опис цих конструкцій і можуть стати основою для організації системного синтезу нових технічних рішень.

Ключові слова: пружний елемент, канат, жорсткість, муфта, структура, синтез.

Вступ. Розроблення, дослідження та впровадження ефективних конструкцій пружних ланок машин змінної жорсткості може стати причиною підвищення ресурсу сучасних машин. Однак позасистемний пошук нових технічних рішень значно ускладнює процес синтезу, оскільки він у такому випадку виконується практично «всліпу». З огляду на це, розвиток системних підходів до створення нових конструкцій деталей машин, в тому числі пружних ланок змінної жорсткості є актуальною задачею.

Аналіз виконаних досліджень та постановка задачі. Задача створення пружних ланок, що мають змінну жорсткість привела дослідників до розробки ряду оригінальних пристроїв: муфт, пружних елементів, вантажних підвісок, різного роду амортизаторів та ін. Відомі на сьогодні способи забезпечення змінної жорсткості пружних ланок створених на основі пружних елементів універсальної конструкції із власною лінійною характеристикою, для випадку застосування їх у муфтах, в [1] узагальнено до таких:

- а) послідовне навантаження пружних елементів;
- б) «нетрадиційний» спосіб навантаження пружних елементів;
- в) забезпечення змінного положення точки (лінії) прикладення навантаження до пружного елемента.

Наведені у [1] приклади конструктивних рішень, що відповідають згаданим класифікації підтверджують її недостатню чіткість та формалізованість, що ускладнює реалізацію системного підходу у синтезі нових технічних рішень. Так, наведені у [1] приклади конструкцій для згаданих способів б) і в) фактично можуть бути обидва віднесені до способу в), оскільки конструкції по типу [2], які в наведеній класифікації [1] віднесені до випадку б) як раз реалізують зміну лінії прикладення навантаження до пружних елементів (у випадку [2] гвинтових пружин).

Ці обставини вимагають уточнення або розроблення нової класифікації способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок з метою формалізації опису та організації системного синтезу цих технічних рішень. Для організації системного синтезу пружних ланок змінної жорсткості зручно застосовувати метод морфологічного аналізу та синтезу [3]. Для його застосування необхідно уточнити класифікацію способів забезпечення зміни їх жорсткості, а для цього встановити морфологічні ознаки, які дозволять побудувати нову, уточнену класифікацію способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин і намітити напрямки подальших досліджень, що і становить мету даної роботи.

Виклад основного матеріалу. Для вирішення поставленої задачі на початковому етапі запишемо узагальнену формулу [4] для визначення деформації перерізу $ДП$:

$$ДП = \frac{ВСФ}{ЖП}, \quad (1)$$

де $ВСФ$ – внутрішній силовий фактор (сила F , згинальний момент $M_{зз}$, крутний момент T); $ЖП$ – жорсткість перерізу стрижня.

В той же час:

$$ЖП = M \times ГХП, \quad (2)$$

де M – модуль пружності матеріалу; $ГХП$ – геометрична характеристика перерізу.

Підставляючи (2) у (1) отримуємо:

$$ДП = \frac{ВСФ}{M \times ГХП}. \quad (3)$$

Оскільки деформація $ДП$ базового пружного елемента визначає жорсткість пружної ланки, яку оснащено цим пружним елементом, формула (3) дозволяє уточнити запропоновану в [1] класифікацію та розкрити резерви створення нових пружних ланок змінної жорсткості для сучасних машин, а для цього намітити деякі морфологічні ознаки – це зміна $ВСФ$, $ГХП$, або $ЖП$ вцілому. Далі, для вирішення поставлених задач встановимо варіанти цих морфологічних ознак.

Внутрішній силовий фактор $ВСФ$ можна змінити за рахунок кількісної зміни величини зовнішнього навантаження на пружні елементи, зміни складової цього навантаження, що сприймається пружним елементом (за рахунок забезпечення змінного положення точки (лінії) прикладення навантаження до пружного елемента) [2], а також послідовним навантаженням і попереднім деформуванням складених пружних елементів [5, 6].

Для суцільних пружних елементів іншим варіантом зміни жорсткості згідно формули (3) є зміна геометричної характеристики перерізу пружного елемента $ГХП$. Принципово відповідь про можливі способи зміни $ГХП$ дають рівняння (4) та (5), які описують зміну моменту інерції J_{x1} при повороті перерізу на кут α чи зміщення на величину b відносно центральних осей:

$$J_{x1} = J_x \cos^2 \alpha + J_y \sin^2 \alpha - J_{xy} \sin 2\alpha; \quad (4)$$

$$J_{x1} = J_x + b^2 A, \quad (5)$$

де J_x , J_y , J_{xy} – осьові та відцентровий моменти інерції перерізу відносно головних осей; A – площа перерізу.

Перший із двох варіантів зміни $ГХП$ – поворот перерізу пружного елемента реалізовано у [7]. Другий варіант – зміщення перерізів пружних елементів поки в розроблених конструкціях пружних ланок застосування не знайшов, що розкриває резерв для майбутніх досліджень. Зміна площі A для суцільних металевих елементів не є можливою, тому далі не розглядається.

Отже можна записати варіанти морфологічних ознак способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з класичними суцільними металевими елементами:

1. Вплив на внутрішній силовий фактор ($ВСФ = var$).

Варіанти: $ВСФ$ незмінний (A_0);

зміна $ВСФ$ послідовним навантаженням пружних елементів (A_1);

зміна $ВСФ$ попереднім навантаженням (деформацією) пружних елементів (A_2);

зміна $ВСФ$ забезпеченням змінного положення точки (лінії) прикладення зовнішнього навантаження до пружного елемента (A_3);

зміна $ВСФ$ зміною величини зовнішнього навантаження на пружний елемент (A_4).

2. Вплив на геометричну характеристику перерізу ($G_{HP} = var$).

 Варіанти реалізації: G_{HP} незмінна (B_0);

 зміна G_{HP} поворотом перерізу пружного елемента (B_1);

 зміна G_{HP} зміщенням перерізу пружного елемента (B_2);

 зміна G_{HP} зміщенням і поворотом перерізу пружного елемента (B_3).

Наведені ознаки допускають розширення за рахунок додавання зміни J_{HP} (формула (1)) без зміни G_{HP} , або за її незначної зміни. Однак для класичних суцільних пружних елементів, що виготовлені з матеріалів із незмінним модулем пружності M , цей варіант не є можливим. Очевидне виключення становлять еластомірні елементи, які характеризуються рядом відомих недоліків і далі не розглядаються.

Серед металевих елементів можливістю зміни J_{HP} без зміни G_{HP} характеризуються тільки сталеві канати, це доведено роботами професорів Нестерова П. П., Глушко М. Ф., Ковальського Б. С., Сергеева С. Т., Малиновського В. А., Чаюна І. М. [8–13] та ін. Перспективність застосування сталевих канатів у якості елементів пружних ланок різноманітних машин доведена багатьма дослідниками.

Зокрема, дослідженнями проф. Малиновського В. А. [9] встановлено, що зведена згинальна жорсткість каната \bar{B} складається з жорсткості B , обумовленої пружною деформацією дротин та триборжорсткості b від тертя дротів і сталок між собою:

$$\bar{B} = B \pm b. \quad (6)$$

Питання міцності та конструювання сталевих канатів були детально розроблені завдяки роботам проф. Глушко М. Ф., яким були отримані диференційні рівняння статички каната [8]. На основі цих рівнянь, Глушко М. Ф., розглянувши аналогію згину каната та щільно звитої пружини, отримав формули для визначення пружної згинальної жорсткості канатів одинарної та подвійної звивки, загального вигляду:

$$B = n' g' + 10^{-3} (a_1 + a_2 \sigma_p) \Delta^4, \quad (7)$$

де n' – кількість сталок у канаті; g' – згинальна жорсткість окремої сталки; $a_{1,2}$ – коефіцієнти, що залежать від конструкції канатів; Δ – діаметр сталки; σ_p – середнє напруження розтягу.

Триборжорсткість b обчислюється за формулою:

$$b = (a_1 \sigma_p + a_2) d_k^4, \quad (8)$$

де a_1 і a_2 – дослідні коефіцієнти для конструкції застосованого в муфті канату, віднесені до одиничного діаметру.

Формули (7) та (8) ілюструють залежність згинальної пружної та триборжорсткості від сили натягу каната (у вигляді середнього напруження розтягу σ_p).

Аналогічні висновки можна дістати з розгляду квазіпружної моделі розтягувальної \bar{A} (8) та крутильної \bar{G} (9) жорсткості також запропонованих Малиновським В. А. [13]:

$$\bar{A} = A \pm a, \quad (8)$$

$$\bar{G} = G \pm g, \quad (9)$$

де A – пружна розтягувальна жорсткість; a – триборжорсткість при розтягу; G – пружна крутильна жорсткість; g – триборжорсткість при крученні.

Наведеними моделями не охоплено такий вид опору каната як стиск. Це не є дивним, оскільки робота канатів на стиск у поширених випадках їх використання є нетиповою, однак для створення пружних ланок, в яких пружні елементи працюють на стиск, сталеві канати є дуже перспективними, оскільки мають при стискуванні власну нелінійну характеристику [14], що формує умови для їх застосування у пружних ланках із

змінною жорсткістю, а також дозволить уникнути пропуску морфологічних ознак у новій класифікації.

Для зведеної стискальної жорсткості (compression rigidity) \bar{C} каната по аналогії з формулами (8) та (9) запишемо:

$$\bar{C} = C \pm c, \quad (10)$$

де C – пружна стискальна жорсткість; c – трибожорсткість при стиску.

Очевидно, що найбільш простим засобом зміни зведеної стискальної жорсткості \bar{N} є закручування чи розкручування каната.

Аналізуючи формули (6–10) для визначення зведених жорсткостей та їх складових, а також ряд результатів проф. Чаюна І. М. [15], можна зробити висновок, що резервом для зміни жорсткостей є керування пружними жорсткостями A , G та C , а також трибожорсткостями a , g та c . Таким чином, можна записати варіанти забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин за рахунок керування жорсткістю перерізу канатних елементів:

2. Вплив на жорсткість перерізу (для канатних елементів) ($ЖП = var$). Варіанти реалізації:

$ЖП$ незмінна ($Бк_0$);

зміна $ЖП$ натягуванням каната ($Бк_1$);

зміна $ЖП$ стисканням каната ($Бк_2$);

зміна $ЖП$ закручуванням каната ($Бк_3$);

зміна $ЖП$ розкручуванням каната ($Бк_4$);

зміна $ЖП$ натягуванням і закручуванням каната ($Бк_5$);

зміна $ЖП$ натягуванням і розкручуванням каната ($Бк_6$);

зміна $ЖП$ стисканням і закручуванням каната ($Бк_7$);

зміна $ЖП$ стисканням і розкручуванням каната ($Бк_8$);

зміна $ЖП$ виведенням з роботи окремих сталок ($Бк_9$);

зміна $ЖП$ зміною кривизни канатного елемента ($Бк_{10}$).

Конструктивно найбільш просто реалізувати варіанти $Бк_5$ – $Бк_{10}$ керування жорсткістю канатних пружних елементів, тому резерв майбутніх досліджень сталевих канатів ілюструють дані табл. 1.

Зміну кожного із вказаних параметрів можна виконати тільки за рахунок підведення керуючої енергії, що реалізує керування жорсткістю і витрачається на поворот, зсув, розтягування чи стиск елементів згідно наведених варіантів. Тут можливі два варіанти – керуюча енергія є частиною енергії, що передається чи сприймається пружною ланкою або вона підводиться ззовні від незалежного джерела. При використанні того чи іншого варіанту забезпечення керуючого впливу на жорсткість, відповідні ланки будуть пасивними чи активними. Активні варіанти керування жорсткістю зазвичай складні та дорогі. З огляду на це далі розглядатимемо тільки варіант керування жорсткістю за рахунок енергії та керуючих параметрів джерелом яких є рух самої пружної ланки. Оскільки рух характеризується силовими та кінематичними параметрами – обертальним моментом та кутовою швидкістю при обертальному русі (силою та лінійною швидкістю при поступальному русі), то наступною морфологічною ознакою вважатимемо джерело керуючого впливу – навантаження (тоді керування жорсткістю буде здійснюватись за рахунок навантаження та реалізуватиметься зв'язок жорсткості із навантаженням) та швидкість (керування жорсткістю здійснюватиметься силою інерції, наприклад, відцентровою при обертальному русі, і реалізуватиметься зв'язок жорсткості із швидкістю):

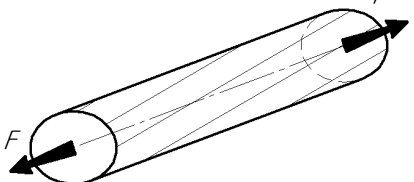
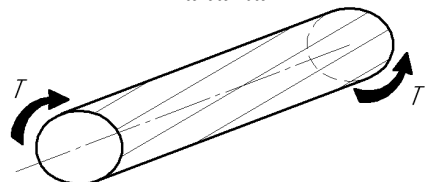
3. Джерело керуючого впливу.

Варіанти:

3.1) навантаження (механічний зв'язок жорсткості з навантаженням) (B_1);

3.2) швидкість (механічний зв'язок жорсткості з швидкістю) (B_2).

Таблиця 1 – Стан та резерви досліджень впливу на жорсткість сталевих канатів

Об'єкт впливу		Спосіб впливу	
		Зміна натягу каната 	Закручування (розкручування) каната 
1.	Пружна згинальна жорсткість B	Досліджено Глушко М. Ф., Чаюном І. М., Ковальським Б. С. та ін.	Досліджено Чаюном І. М.
	Трибожорсткість b при згині	Досліджено Малиновським В. А. та ін.	?
2.	Пружна стискальна жорсткість C	?	?
	Трибожорсткість c при стиску	?	?
3.	Пружна крутильна жорсткість G	Досліджено Глушко М. Ф., Чаюном І. М. та ін.	Досліджено Чаюном І. М.
	Трибожорсткість g при крученні	Досліджується Малиновським В. А. та ін.	Досліджується Малиновським В. А. та ін.
4.	Пружна розтягувальна жорсткість A	Досліджено Глушко М. Ф., Чаюном І. М. та ін.	Досліджено Чаюном І. М.
	Трибожорсткість a при розтягу	?	?

Таким чином, можна запропонувати нову класифікацію способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з суцільними металевими пружними елементами (рис. 1), яка характеризується більшою формалізованістю ніж існуючі, та дозволить у майбутньому застосувати при створенні нових конструкцій пружних ланок машин змінної жорсткості з суцільними металевими елементами системний метод морфологічного аналізу.

Морфологічна матриця синтезу способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з суцільними металевими елементами ($СЗЖСМЕ$) може бути представлена у вигляді (11):

$$СЗЖСМЕ = \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Тоді формула для визначення повного числа варіантів $N_{СЗЖСМЕ}$ розкриття матриці (11) набуде вигляду (12):

$$N_{СЗЖСМЕ} = (A) \times (B) \times (B) = 5 \times 3 \times 2 = 30. \quad (12)$$

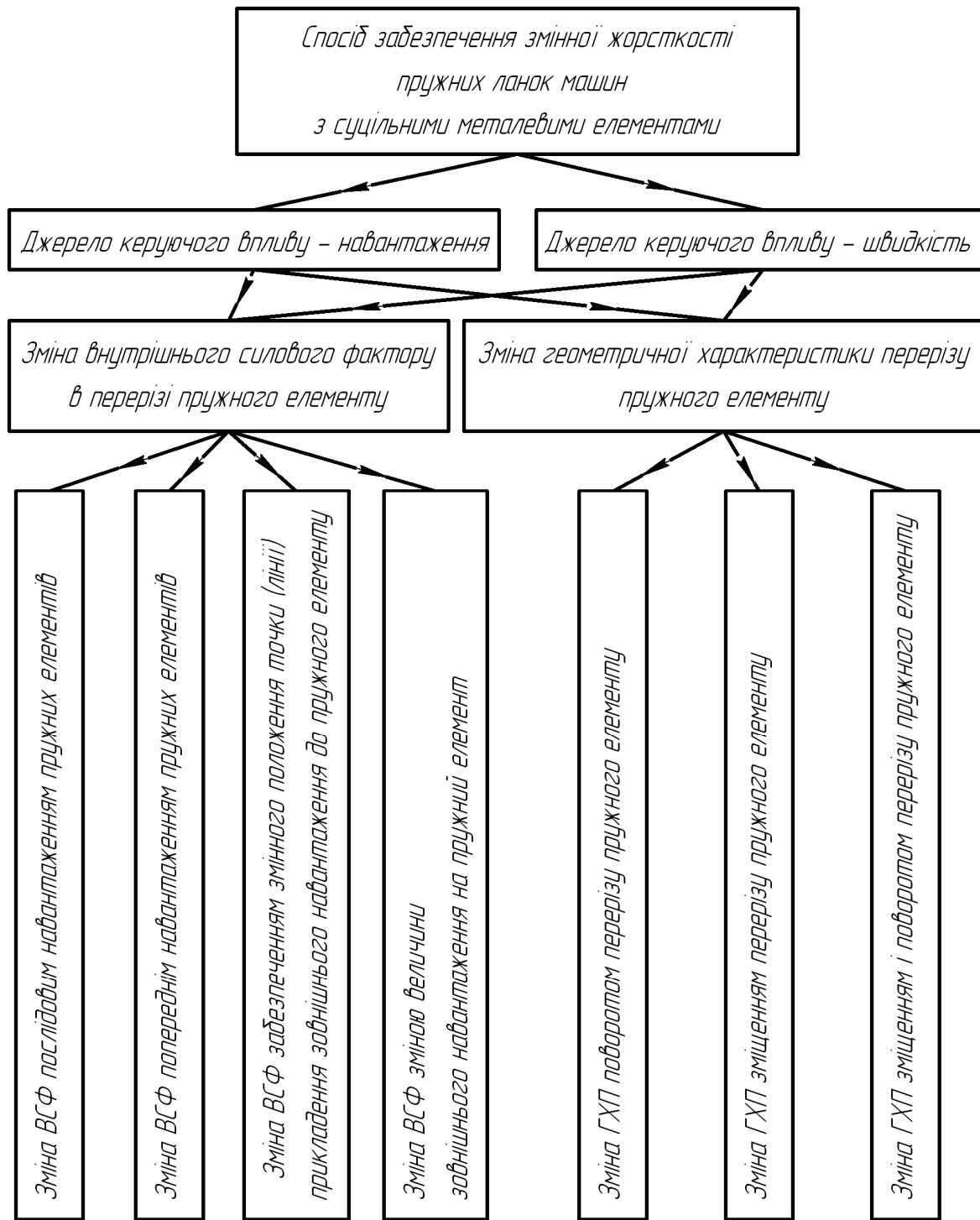


Рисунок 1 – Класифікація способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок з суцільними металевими пружними елементами

Отже, за рахунок виконаних теоретичних досліджень встановлено, що можна виділити 30 основних способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин із суцільними металевими елементами.

Для канатних пружних елементів класифікація способів забезпечення змінної жорсткості може бути узагальнена до вигляду показано на рис. 2.

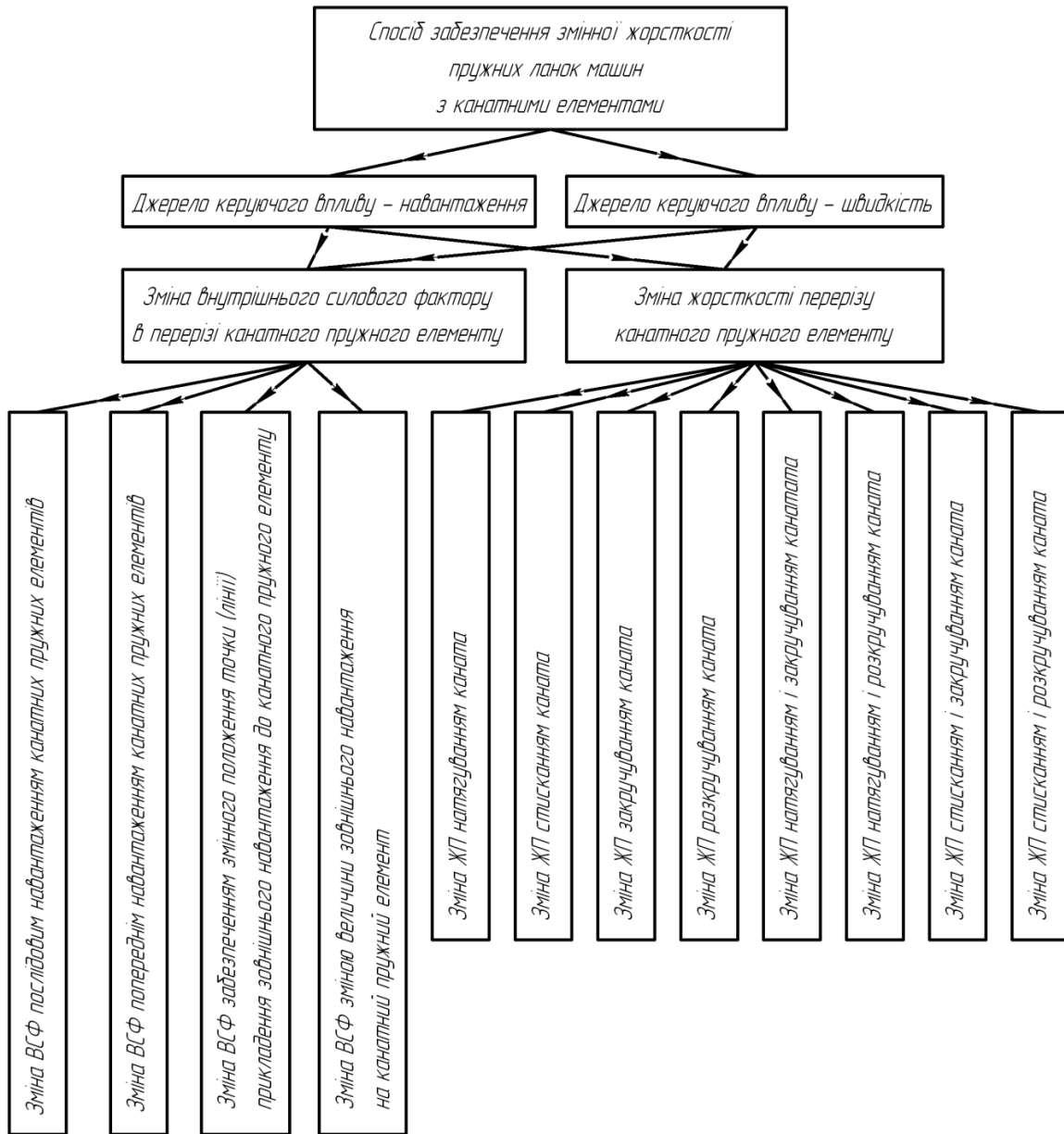


Рисунок 2 – Класифікація способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок з канатними пружними елементами

Морфологічна матриця синтезу способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з канатними елементами (СЗЖКЕ) може бути представлена у вигляді (13).

$$\text{СЗЖКЕ} = \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_{\kappa_0} \\ B_{\kappa_1} \\ B_{\kappa_2} \\ B_{\kappa_3} \\ B_{\kappa_4} \\ B_{\kappa_5} \\ B_{\kappa_6} \\ B_{\kappa_7} \\ B_{\kappa_8} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Тоді формула для визначення повного числа варіантів $N_{СЗЖКЕ}$ розкриття матриці (13) набуде вигляду (14):

$$N_{СЗЖКЕ} = (A) \times (Bк) \times (B) = 5 \times 8 \times 2 = 80. \quad (14)$$

Таким чином можна виділити 80 основних способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з канатними елементами.

Результати виконаних досліджень формують умови для розроблення нової класифікації пружних ланок машин змінної жорсткості з суцільними металевими та канатними пружними елементами, що стане можливим після доповнення розроблених класифікацій способів забезпечення змінної жорсткості морфологічними ознаками що додатково характеризують технічні системи, що розглядаються і становить джерело майбутніх досліджень.

Таким чином, в результаті виконання представлених досліджень можна зробити наступні **висновки**:

1. Існуючі класифікації способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин характеризуються недостатньою формалізованістю, що утруднює їх системне застосування для синтезу нових технічних рішень.

2. За рахунок виконання теоретичних досліджень встановлено морфологічні ознаки способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин із суцільними металевими та канатними елементами та варіанти цих ознак.

3. Встановлення морфологічних ознак способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з суцільними металевими та канатними пружними елементами дозволило запропонувати нові класифікації цих способів.

4. Розроблені морфологічні матриці синтезу способів забезпечення змінної жорсткості, розкриття яких дало можливість встановити, що для пружних ланок оснащених суцільними металевими пружними елементами можна виділити 30 способів забезпечення змінної жорсткості, а для ланок оснащених канатними пружними елементами – 80 способів забезпечення змінної жорсткості.

5. Показано, що механіка сталевих канатів, для випадку застосування їх у пружних елементах змінної жорсткості вивчена недостатньо та розкрито резерв для подальших досліджень.

6. Отримані результати являють собою морфологічні основи синтезу структури пружних ланок машин змінної жорсткості з суцільними металевими та канатними пружними елементами, оскільки дозволяють формалізувати опис цих конструкцій та можуть стати основою для організації системного синтезу нових технічних рішень.

Подальші дослідження слід зосередити на наступному:

1. Дослідження діапазону зміни жорсткості пружних елементів різних типів при реалізації вказаних способів впливу.

2. Дослідження властивостей сталевих канатів у випадках керованого впливу на їх напружено-деформований стан.

3. Розроблення класифікації пружних ланок машин змінної жорсткості з суцільними металевими пружними елементами.

4. Розроблення класифікації пружних ланок машин змінної жорсткості з канатними пружними елементами.

5. Морфологічний синтез нових конструкцій пружних ланок машин змінної жорсткості з суцільними металевими пружними елементами.

6. Морфологічний синтез нових конструкцій пружних ланок машин змінної жорсткості з канатними пружними елементами.

7. Встановлення функціональних та експлуатаційних характеристик пружних ланок машин змінної жорсткості з металевими та канатними пружними елементами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сидоренко І. І. Пружна муфта з нелінійним механічним зворотним зв'язком / І. І. Сидоренко, В. О. Курган // Праці Одеського політехнічного університету. – 2011. – Вип. 2. – С. 38-45.
2. Панов С. Л. Исследование упругих муфт квазиулеговой жесткости : автореферат дис. канд. техн. наук: спец. 05.02.02 – машиноведение и детали машин / С. Л. Панов. – Харьков, 1979. – 24 с.
3. Настасенко В. А. Морфологический анализ – метод синтеза тысяч изобретений : монография. – Херсон : Айлант, 2015. – 100 с.
4. Чаюн И. М. Сопrotивление материалов / И. М. Чаюн. – Одесса : Изд-во «Optimum», 2013. – 376 с.
5. Ніколайчук В. В. Обґрунтування кінематично-силових параметрів з'єднань змінної жорсткості : автореферат дис. канд. техн. наук: спец. 05.02.02 – машинознавство / В. В. Ніколайчук. – Львів, 2014. – 18 с.
6. Яхин С. М. Совершенствование методов расчета и повышение надежности пружинных элементов сельскохозяйственной техники : автореф. дис. докт. техн. наук: спец. 05.20.03 – технологи и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве / С. М. Яхин. – М., 2013. – 32 с.
7. Сидоренко І. І. Розроблення пружних муфт з механічним зворотнім зв'язком крутильної жорсткості за крутильним моментом, що передається : автореферат дис. канд. техн. наук: спец. 05.02.02 – машинознавство та деталі машин / І. І. Сидоренко. – Одеса, 1994. – 18 с.
8. Нестеров П. П. Проходческие канаты / П. П. Нестеров, С. Т. Сергеев. – Харьков : Металлургиздат, 1953. – 188 с.
9. Глушко М. Ф. Стальные подъемные канаты / М. Ф. Глушко. – К. : Техніка, 1966. – 327 с.
10. Сергеев С. Т. Стальные канаты / С. Т. Сергеев. – К. : Техніка, 1974. – 324 с.
11. Малиновский В. А. Особенности механики подъемных и тяговых канатов с учетом нелинейных и квазиупругих свойств : автореф. дис. докт. техн. наук: спец. 05.05.05 – подъемно-транспортные машины; 05.15.16 – горные машины / В. А. Малиновский. – Днепропетровск, 1996. – 36 с.
12. Чаюн И. М. Статическая несущая способность подъемных канатов : автореф. дис. докт. техн. наук: спец. 05.02.02 – машиноведение; 05.05.05 – подъемно-транспортные машины / И. М. Чаюн. – Одесса, 1993. – 36 с.
13. Малиновский В. А. Влияние внутреннего конструкционного трения на кручение шахтных канатов / В. А. Малиновский, А. А. Пригода // Бюллетень МАИСК. – 2012. – № 9 – С. 22-38.
14. Проценко В. О. Обґрунтування можливості застосування стиснутих сталевих канатів як пружних елементів сучасних машин / В. О. Проценко // Стальные канаты. – Одесса : Астропринт, – 2013. – № 9. – С. 232-238.
15. Чаюн И. М. Несущая способность подъемных канатов и лент / И. М. Чаюн. – Одесса : Астропринт, 2003. – 236 с.

REFERENCES

1. Sidorenko I. I. Pruzhna mufta z neliniyjnim mekhanichnim zvorotnim zv'yazkom / I. I. Sidorenko, V. O. Kurgan // Praci Odesjkogo politekhnichnogo universitetu. – 2011. – Vip. 2. – S. 38-45.
2. Panov S. L. Issledovanie uprugikh muft kvazinulevoj zhest kosti : avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk: spec. 05.02.02 – mashinovedenie i detali mashin / S. L. Panov. – Kharjkov, 1979. – 24 s.
3. Nastasenko V. A. Morfologicheskij analiz – metod sinteza tihsyach izobreteniyj : monografiya. – Kherson : Ayjlant, 2015. – 100 s.
4. Chayun I. M. Soprotivlenie materialov / I. M. Chayun. – Odessa : Izd-vo «Optimum», 2013. – 376 s.
5. Nikolaychuk V. V. Obruntuvannya kinematchno-silovikh parametriv z'ednanj zminnoï zhorstkosti : avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk: spec. 05.02.02 – mashinoznavstvo / V. V. Nikolaychuk. – Ljviv, 2014. – 18 s.
6. Yakhin S. M. Sovershenstvovanie metodov rascheta i povihshenie nadezhnosti pruzhinnikh ehlementov seljskokhozyayjstvennoj tekhniki : avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk: spec. 05.20.03 – tekhnologi i sredstva tekhnicheskogo obsluzhivaniya v seljskom khozyayjstve / S. M. Yakhin. – M., 2013. – 32 s.
7. Sidorenko I. I. Rozroblennya pruzhnikh muft z mekhanichnim zvorotnim zv'yazkom krutiljnoï zhorstkosti za krutiljnim momentom, tho peredaetsya : avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk: spec. 05.02.02 – mashinoznavstvo ta detali mashin / I. I. Sidorenko. – Odesa, 1994. – 18 s.
8. Nesterov P. P. Prokhodcheskie kanatih / P. P. Nesterov, S. T. Sergeev. – Kharjkov : Metallurgizdat, 1953. – 188 s.
9. Glushko M. F. Staljnihe podjhemnihe kanatih / M. F. Glushko. – K. : Tekhnika, 1966. – 327 s.
10. Sergeev S. T. Staljnihe kanatih / S. T. Sergeev. – K. : Tekhnika, 1974. – 324 s.
11. Malinovskiy V. A. Osobennosti mekhaniki podjhemnikh i tyagovikh kanatov s uchetom nelineynihk i kvaziuprugikh svoystv : avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk: spec. 05.05.05 – podjhemno-transportnihe mashin; 05.15.16 – gornihe mashin / V. A. Malinovskiy. – Dnepropetrovsk, 1996. – 36 s.
12. Chayun I. M. Sticheskaya nesuthaya sposobnostj podjhemnikh kanatov : avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk: spec. 05.02.02 – mashinovedenie; 05.05.05 – podjhemno-transportnihe mashin / I. M. Chayun. – Odessa, 1993. – 36 s.
13. Malinovskiy V. A. Vliyanie vnutrennego konstrukcionnogo treniya na kruchenie shakhtnikh kanatov / V. A. Malinovskiy, A. A. Prigoda // Byulletenj MAISK. – 2012. – № 9 – S. 22-38.
14. Procenko V. O. Obruntuvannya mozhlivosti zastosuvannya stisnutikh stalevikh kanativ yak pruzhnikh elementiv suchasnikh mashin / V. O. Procenko // Staljnihe kanatih. – Odessa : Astroprint, – 2013. – № 9. – S. 232-238.
15. Chayun I. M. Nesuthaya sposobnostj podjhemnikh kanatov i lent / I. M. Chayun. – Odessa : Astroprint, 2003. – 236 s.

Проценко В.А. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА УПРУГИХ ЗВЕНЬЕВ МАШИН ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В статье рассмотрены вопросы реализации системно-морфологического подхода к синтезу упругих звеньев машин переменной жесткости с металлическими элементами. Установлены морфологические принципы способов обеспечения переменной жесткости упомянутых звеньев и варианты этих признаков. Предложены классификации способов обеспечения переменной жесткости звеньев оснащенных цельными металлическими и канатными упругими элементами. Разработаны морфологические матрицы способов обеспечения переменной жесткости. Полученные результаты являются морфологическими основами синтеза структуры упругих звеньев машин переменной жесткости с цельными металлическими и канатными упругими элементами. Они позволяют формализовать описание этих конструкций и могут стать основой для организации системного синтеза новых технических решений.

Ключевые слова: упругий элемент, канат, жесткость, муфта, структура, синтез.

Protsenko V.O. THE MORPHOLOGICAL FUNDAMENTALS OF STRUCTURAL SYNTHESIS OF ELASTIC LINKS OF MACHINES OF VARIABLE RUGGEDNESS WITH METAL ELEMENTS

Questions of realisation of a system-morphological campaign to synthesis of elastic links of machines of a variable gesture of a bone with metal elements are considered in the article. Morphological principles of modes of security of a variable gesture of a bone of the mentioned links and variants of these признакою are fixed. Classifications of modes of security of a variable gesture of a bone of links оснащенных integral metal and канатными are offered by elastic elements. Morphological dies of modes of security of variable ruggedness are developed. The received results is the morphological fundamentals of synthesis of structure of elastic links of machines of variable ruggedness with integral metal and канатными elastic elements. They allow to formalize the exposition of these constructions and can become the fundamentals for architecture of system synthesis новых technical decisions.

Keywords: elastic element, rope, ruggedness, clutch, structure, synthesis.

© Проценко В. О.

Статтю прийнято
до редакції 05.10.15