

УДК 621.814

**Ніколайчук В. В., к.т.н., викладач Технічного коледжу НУВГП,
Тимейчук О. Ю., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)**

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ З'ЄДНАНЬ ЗМІННОЇ ЖОРСТКОСТІ В МАШИНАХ

Наведені результати аналізу сучасного стану з'єднань змінної жорсткості в машинах. Запропоновано нові конструкції з'єднань змінної жорсткості, які захищені патентами України та окреслені перспективи їх подальшого застосування.

Ключові слова: з'єднання, жорсткість, машина, конструкція.

Ефективність роботи різних машин у значній мірі зумовлена технічними характеристиками з'єднань, тому при створенні машин важливою проблемою є раціональний вибір їхніх конструкцій.

В сучасних машинах широко застосовується з'єднання деталей постійної жорсткості, але вони не можуть компенсувати неточності монтажу, зменшувати дії ударів, що негативно впливає на довговічність деталей. З'єднання змінної жорсткості дозволяють компенсувати неточності монтажу, зменшувати дії ударів, що позитивно впливає на працездатність механізмів і тому застосування цих з'єднань має істотне значення в машинобудуванні. Очевидна доцільність застосування названих з'єднань в якості амортизаційних пристроїв і пружних муфт. Більшість з'єднань змінної жорсткості можуть надійно працювати в екстремальних умовах, що є умовою надзвичайної ваги для машин і механізмів військової техніки.

Відтак, **актуальним є розробка нових конструкцій з'єднань змінної жорсткості**, застосування яких дозволить підвищити показники надійності і комфортабельності транспортних машин, а використання таких з'єднань у вібраційних машинах підвищить їх вібростійкість.

Проблема розробки нових конструкцій з'єднань змінної жорсткості досліджена не достатньо повно, про що свідчить незначна кількість публікацій в цьому напрямі. Серед відомих наукових праць щодо дослідження названих з'єднань є такі [1...6], де розглянуті структура і

взаємодія між пружними елементами.

Метою дослідження є перспективи застосування розроблених конструкцій з'єднань змінної жорсткості в сучасних машинах.

В машинах пов'язі деталей виконуються різноманітними з'єднаннями, від якості яких залежить міцність і надійність машин та термін їх роботи. Досвід експлуатації машин показує, що з'єднання в найбільшій мірі руйнуються внаслідок недосконалості їхніх конструктивних виконань. Особливо це стосується випадків роботи елементів з'єднань в умовах дії на них вібрацій та ударів.

З метою підвищення надійності роботи машин авторами запропонований принцип розроблення нових конструкцій з'єднань змінної жорсткості: будова з'єднання повинна бути такою, яка б поєднувала пружні елементи таким чином, щоб під час роботи з'єднання кожен із його складових включався в дію поетапно. Такий підхід можливий при певних умовах розподілу навантаження між пружними елементами з'єднання; це здійснюється шляхом вибору необхідних коефіцієнтів. Детальний виклад матеріалу цього дослідження виконаний в роботах авторів [1, 2, 3, 4].

Дослідимо, в яких межах можлива зміна жорсткісних параметрів нових конструкцій з'єднань, а також визначимо області раціональних діапазонів змін жорсткості на прикладі з'єднання, яке складається із основного пружного елемента (ОПЕ) і додаткових пружних елементів (ДПЕ). В більшості конструкцій таких з'єднань кількість ДПЕ складає два або три (рис. 1).

Структуру з'єднання змінної жорсткості умовно можна показати такою:

$$3ЗЖ \Rightarrow ОПЕ + \sum_{i=1}^n ДПЕ_i . \quad (1)$$

Сумарна жорсткість з'єднання дорівнює сумі жорсткостей його складових, тобто

$$C_{\Sigma} = C_{ОПЕ} + \sum_{i=1}^n C_{ДПЕ_i} . \quad (2)$$

Якщо розділити обидві частини рівності (2) на $C_{ОПЕ}$, то отримаємо формулу для визначення діапазону змін жорсткостей з'єднання

$$D_{\Sigma} = 1 + \sum_{i=1}^n K_i . \quad (3)$$

де D_{Σ} – діапазон змін жорсткості з'єднання, $D_{\Sigma} = \frac{C_{\Sigma}}{C_{ОПЕ}}$; K_i – від-

носні коефіцієнти жорсткості ДПЕ, $K_i = \frac{C_{ДПЕi}}{C_{ОПЕ}}$; n – кількість додат-

кових пружних елементів.

Враховуючи технологічні, конструктивні та експлуатаційні вимоги, які ставляться при виготовленні деталей з'єднань, їх діапазони змін жорсткісних параметрів необхідно обмежити до 10.

За формулою (3) визначаємо діапазони змін жорсткості з'єднання, при заданих практично можливих значеннях відносних коефіцієнтах K_i ; будуємо графік $D_{\Sigma} = f(K_i)$ (рис. 1).

Із графіка (рис. 1) видно, що діапазони змін жорсткісних параметрів з'єднання можна умовно розділити на такі: раціональні, практичні та можливі.

Основний принцип розроблення нових конструкцій з'єднань змінної жорсткості включає такі етапи:

- 1) вибрати декілька варіантів (два, три) конструктивних схем з'єднань;
- 2) задатися практичним діапазоном змін жорсткісних параметрів;
- 3) визначити сумарну жорсткість з'єднання та розподілити її між складовими;
- 4) задатися технологічними, конструктивними і експлуатаційними вимогами;
- 5) перевірити працездатність з'єднань за критеріями міцності, жорсткості та вібростійкості;
- 6) вибрати оптимальний варіант з'єднання, який відповідав поставленим вимогам.

Відтак, застосування нових конструкцій з'єднань змінної жорсткості, які змінюють (регулюють) їх жорсткісні параметри на порядок вищий, ніж відомі з'єднання, дозволить підвищити ефективність роботи машин, в яких є необхідність зміни жорсткісних параметрів з'єднань під час їх роботи (транспортні, вібраційні).

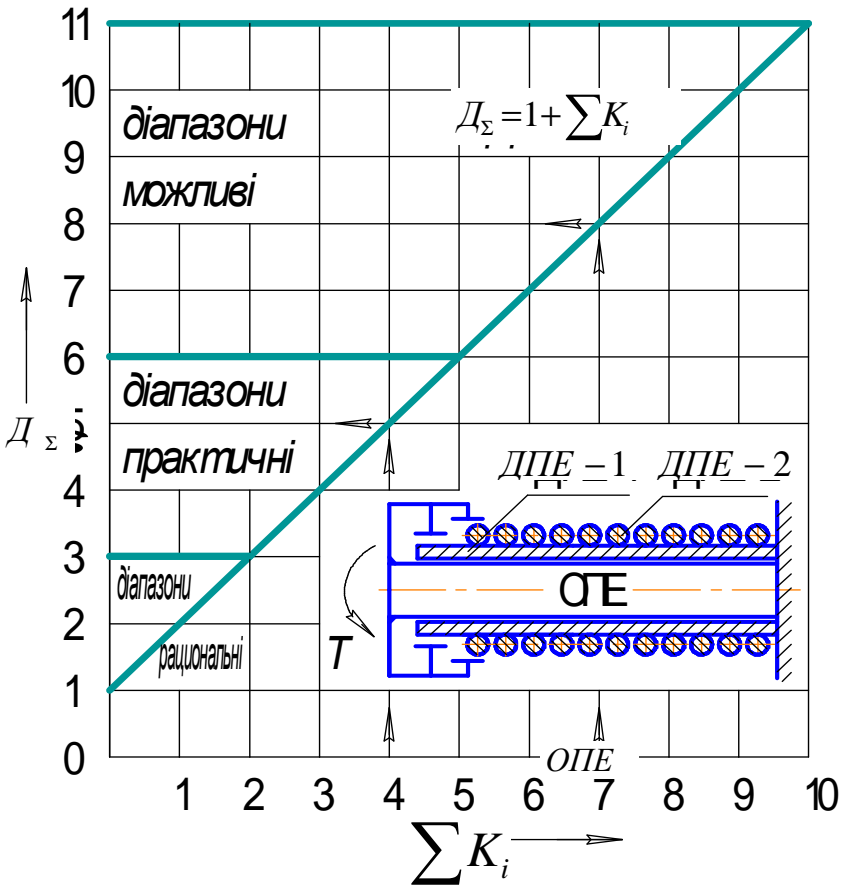


Рис. 1. Діапазони змін жорсткісних параметрів з'єднання змінної жорсткості:
 D_{Σ} – діапазон змін; K_i – відносні коефіцієнти жорсткостей ДПЕ;
 n – кількість додаткових пружних елементів;
 ОПЕ – основний пружний елемент; ДПЕ – додатковий пружний елемент

На основі розглянутого принципу розроблені нові конструкції з'єднань змінної жорсткості [7...12], які мають широку перспективу застосування в амортизаційних пристроях, муфтах і віброізоляторах технологічних машин (рис. 2).

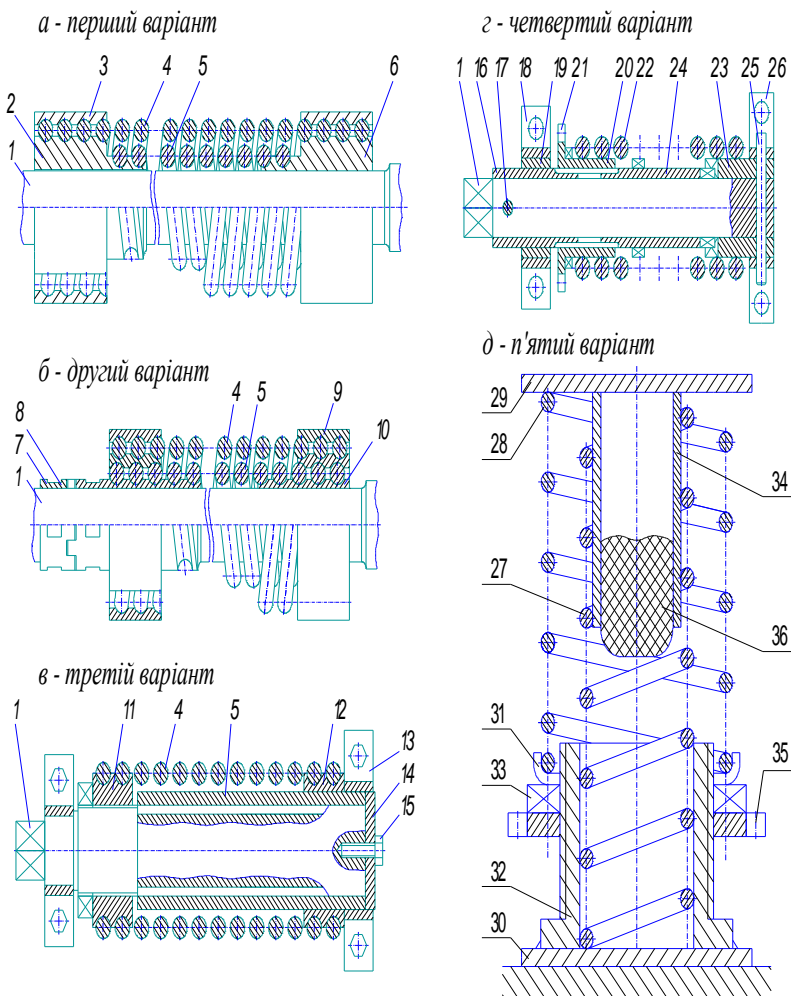


Рис. 2. З'єднання змінної жорсткості: 1 – вал; 2, 6, 7, 8, 10 – різні втулки; 3, 9 – з'єднувальні втулки; 4, 5, 22 – пружини кручення; 11, 12 – регульовальні втулки; 13 – опора; 14 – шпонка; 15 – гвинт; 16, 19, 23 – втулки; 17, 25 – штифти; 18, 26 – опори; 20 – регульовальна гайка; 21 – шестерня; 24 – трубка; 27 – основна пружина; 28 – допоміжна пружина; 29, 30 – фланці; 31 – шайба; 32 – корпус; 33 – гайка; 34 – напрямна втулка; 35 – шестерня; 36 – буфер

Для вибору конструктивних параметрів деталей з'єднань були розроблені розрахункові схеми і застосовувався метод умовної оптимізації. За критерій оптимізації вибрано найменшу вартість виготовлення виробу. Обмеження виражались у вигляді нерівностей через геометричні та фізичні параметри, які характеризували технологічні та експлуатаційні вимоги [1, 2, 3, 4].

Застосування нових конструкцій з'єднань змінної жорсткості в транспортних засобах і технологічних машинах підвищить ефективність їх роботи: при експлуатації транспортних засобів в складних дорожніх умовах дозволить змінювати жорсткісні параметри системи піддресорування залежно від характеру нерівностей дороги; вібраційні машини ефективно працюють в резонансних режимах, тому зміна жорсткісних параметрів віброізоляторів теж очевидна.

Встановлені аналітичні залежності мають теоретичне і практичне значення оскільки дають змогу виконувати багатоваріантний аналіз при проектуванні нових з'єднань змінної жорсткості.

Виконане дослідження є науковим підґрунтям для подальших перспектив розробки з'єднань з вищими технічними характеристиками в порівнянні з існуючими.

1. Малащенко В. О. Силовий розрахунок деталей з'єднання змінної жорсткості / В. О. Малащенко, О. Ю. Тимейчук, В. В. Ніколайчук // Вісник НУВГП. – Вип. 4 (64). – Рівне : НУВГП, 2012. – С. 265–271.
2. Ніколайчук В. М. Методика визначення зведеної жорсткості підвіски з регульованою жорсткістю / В. М. Ніколайчук, О. Ю. Тимейчук, В. В. Ніколайчук // Вісник НУВГП. – Вип. 3 (51). – Рівне : НУВГП, 2010. – С. 122–129.
3. Ніколайчук В. В. Оптимізація конструктивних параметрів деталей підвісок зі змінною жорсткістю / В. В. Ніколайчук, О. Ю. Тимейчук // Вісник НУВГП. – Вип. 1 (46). – Рівне : НУВГП, 2010. – С. 100–110.
4. Тимейчук О. Ю. Математична оптимізація параметрів систем піддресорення транспортних засобів, які експлуатуються в складних умовах / О. Ю. Тимейчук, В. М. Ніколайчук, В. В. Ніколайчук // Вісник НУВГП. – Вип. 4 (40) – Рівне : НУВГП, 2007. – С. 44–49.
5. Малащенко В. О. Обґрунтування раціональних параметрів пружних елементів машин / В. О. Малащенко, В. В. Ніколайчук // 10-й міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові : тези доповідей. – Львів : КІНПАТРІ ЛТД, 2011. – С. 209.
6. Малащенко В. О. Оптимізація конструктивних параметрів з'єднань змінної жорсткості транспортних засобів / В. О. Малащенко, В. В. Ніколайчук // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування : Всеукраїнська науково-практична конференція. – Херсон, 2012. – С. 105–109.
7. Пат. на корисну модель 38986 Україна, МПК В60G11/50. Підвіска колеса транспортного засобу / Марчук М. М., Ніколайчук В. М., Ніколайчук В. В. (Україна). – № 2000127342; заявл. 20.12.2000; опубл. 15.01.2004, Бюл. № 1.
8. Пат. на корисну модель 4884 Україна, МПК В60G11/50. Підвіска колеса транспортного засобу / Марчук М. М., Ніколайчук В. М., Ніколайчук В. В. (Україна). – № 20040503638; заявл. 17.05.2004; опубл. 15.02.2005,

Бюл. № 2. **9.** Пат. на корисну модель 40776 Україна, МПК В60G11/50. Підвіска колеса транспортного засобу / Марчук М. М., Ніколайчук В. М., Ніколайчук В. В. (Україна). – № у 200813304; заявл. 17.11.2008; опубл. 27.04.2009, Бюл. № 1. **10.** Пат. на корисну модель 64562 Україна, МПК В60G11/50. Підвіска колеса транспортного засобу / Малащенко В. О., Ніколайчук В. М., Ніколайчук В. В. (Україна). – № у 201104826; заявл. 19.04.2011; опубл. 20.11.2011, Бюл. № 21. **11.** Пат. на корисну модель 71174 Україна, МПК В60G 11/00. Підвіска колеса транспортного засобу / Малащенко В. О., Ніколайчук В. М., Ніколайчук В. В., Данченков Я. В. (Україна). – № у 201113581; заявл. 18.11.2011, опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13. **12.** Пат. на корисну модель 84179, Україна, МПК В60G 11/00. З'єднання змінної жорсткості / Малащенко В. О., Ніколайчук В. М., Ніколайчук В. В. (Україна). – № у 201305190; заявл. 22.04.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19.

Рецензент: к.т.н., доцент Лук'яничук О. П. (НУВГП)

**Nikolaichuk V. V., Candidate of Engineering, Lecturer,
Tymeychuk O. Y., Candidate of Engineering, Associate Professor**
(National University of Water Management and Nature Resources Use,
Rivne)

CURRENT STATE AND PROSPECTS APPLICATION OF NEW COMPOUNDS WITH VARIABLE RIGIDITY IN THE CAR

**The results of analysis of current state of variable stiffness in machines.
New variable stiffness design of compounds that are, protected patents
of Ukraine and outlines the prospects for their further use.**

Keywords: compound, rigidity, machine, construction.

**Николайчук В. В., к.т.н., преподаватель, Тимейчук А. Ю., к.т.н.,
доцент** (Национальный университет водного хозяйства и
природопользования, г. Ровно)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ В МАШИНАХ

**Приведены результаты анализа нынешнего состояния соединений
переменной жесткости в машинах. Предложены новые конструк-
ции соединений переменной жесткости, которые защищены пате-
нтами Украины, и изложены перспективы их дальнейшего испо-
льзования.**

Ключевые слова: соединения, жесткость, машина, конструкция.
