

Висновки. Отже, враховуючи результати аналізу динамічних процесів, що відбуваються під час опускання вантажу, де як автоматичний регулятор швидкості використовується гідромурфта, та беручи до уваги простоту конструкції дисипатора кінетичної енергії, необхідно відмітити ефективність та перспективність розроблення конструктивної схеми такого рятувального пристрою.

1. Пат. 2265465 Россия, МПК А 62 В 1/10 ОАО. Устройство для аварийного спуска людей с высотных зданий / Н.В. Клопов. – № 2004126575/12; Заявл. 01.09.2004; Опубл. 10.12.2005. 2. Заявка 2394214 Великобритания, МПК А 62 В 1/00, 35/00. Канат для спасения с постоянной скоростью. Constant velocity cable lowering device / Williams David Hume. – № 02239432; Заявл. 15.10.2002; Опубл. 21.04.2004; НПК В8М. 3. Персональная система эвакуации с высотных зданий (США). Egress: personal building evacuation system. Clothier David Elevator World. – 2005. – 53, № 3. – С. 63–64. 4. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем: Современные концепции, парадоксы и ошибки. – 4-е изд., перераб. – М.: Наука, 1987. – 352 с. 5. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. – М.: Наука, 1971. – 896 с. 6. Шагин В. М. Гидромеханика. – М.: Высш. шк., 1990. – 384 с. 7. Алямовский А.А. и др. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 800 с.

УДК 621. 825.1

К.К. Колесник

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра систем автоматизованого проектування

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КУТОВОГО ЗМІЩЕННЯ ОСЕЙ ВАЛІВ НА ЖОРСТКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРУЖНОЇ ВТУЛКОВО-ПАЛЬЦЕВОЇ МУФТИ

© Колесник К.К., 2007

Викладено методику визначення впливу кутового зміщення осей валів на жорсткісні властивості пружної втулково-пальцевої муфти. Розрахунок ґрунтується на аналізі деформованого стану гумової втулки методом скінчених елементів. Під час побудови геометричних моделей для дослідження муфти застосовували методику ділення деталей складальної одиниці на частини, а під час їх розбиття на скінченні елементи використовували скінченні елементи з зазорами.

The method of the definition of influence angular displacements of axes of shafts on stiff's properties of elastic bush-finger clutch is directed. The calculation is grounded on the analysis of strained state of a rubber bush by a finite element method. At constructing models the method of division of details of assembly on a part was applied to research of a clutch, and at their separation on finite elements – the finite gap-elements were applied.

Аналіз досліджень та постановка проблеми. Пружна втулково-пальцева муфта (МПВП) включає податливі елементи у вигляді гумових кілець, якими передається зусилля від пальців, жорстко зв'язаних з однією півмуфтою, до іншої півмуфти. Набір гумових кілець, насаджених на один і той самий палець, утворює втулку муфти [1]. Аналіз роботи пружної втулки з достатньою для практики точністю можна здійснити розрахунком напружено-деформованого стану окремо взятого гумового кільця [2]. Незважаючи на те, що визначенню жорсткостей пружних муфт у науковій літературі приділено значну увагу, дослідження просторових вібрацій привідних систем з пружними муфтами потребують детальнішого розгляду. Саме тому, у цій роботі за мету поставлено дослідити вплив кутового зміщення осей валів на жорсткісні властивості пружної втулково-пальцевої муфти.

Математичне моделювання з визначення жорсткості МПВП. За об'єкт дослідження прийнято стандартну муфту типу МПВП (ГОСТ 21424-75 [1]), номінальний момент якої становить $M_{\text{ном}} = 31,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Гумове кільце муфти має такі розміри (рис. 1): $s = 1,25 \text{ мм}$; $t = 2,5 \text{ мм}$; $d_{\text{вн.}} = 10 \text{ мм}$; $d_{\text{зовн.}} = 19 \text{ мм}$; $b = 2,5 \text{ мм}$.

Жорсткість муфти під час кутового зміщення валів визначатиметься з урахуванням розрахункової схеми, що зображена на рис. 2, де 1 – перша півмуфта; 2 – друга півмуфта; 3 – пружні елементи; 4 – пальці; R – радіус, на якому розташовані пальці муфти; α – кут, що створюється при кутовому зміщенні валів; $\Delta_x = R \cdot \alpha^2$, $\Delta_z = R \cdot \alpha$ – зміщення гумової втулки в напрямку x та z при кутовому зміщенні валів; φ_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) – кут нахилу до осі y променя, що має початок на осі муфти і проходить у площині xOy через вісь пальця; F_x, F_z, M_α – сили та моменти, які діють на гумові втулки під час кутового зміщення валів.

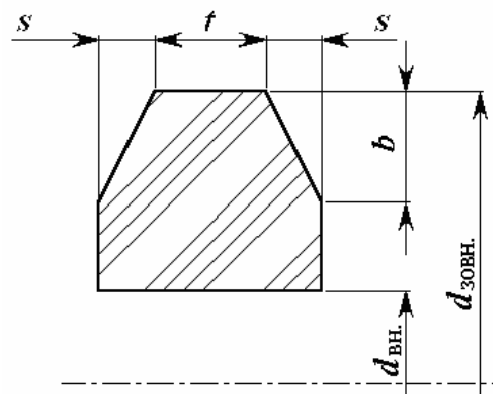


Рис. 1. Геометричні параметри гумового кільця

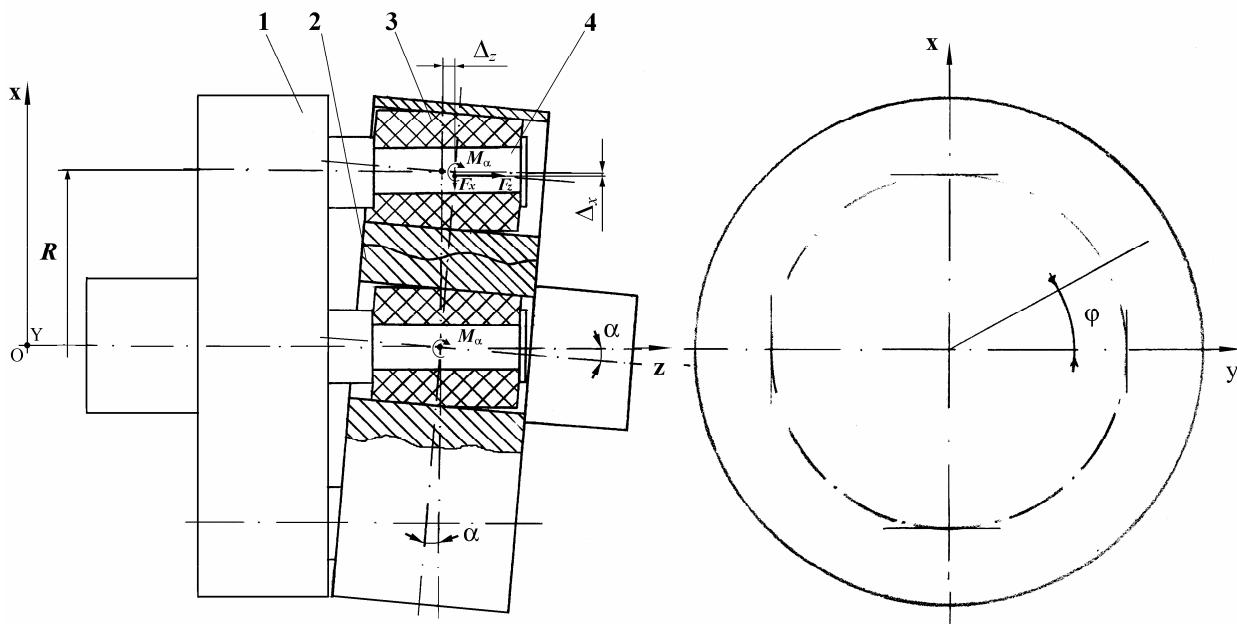


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення жорсткості МПВП під час кутового зміщення валів

Визначення жорсткості втулки, що відповідає обертальному переміщенню осі пальця щодо осі отвору, необхідне для визначення жорсткості МПВП при кутовому зміщенні валів $\Delta\alpha$. Кутове зміщення валів, на яких розташовані півмуфти, може бути спричинено похибкою під час монтажу, яку здебільшого дуже важко уникнути.

Жорсткість муфти у разі кутового зміщення валів визначатиметься, враховуючи розрахункову схему (рис. 2), за формулою

$$c_{\alpha} = n \cdot c_{\alpha B} + c_{zB} \cdot \sum_{i=1}^n (R \cdot \sin \varphi_i)^2 + c_{xB} \cdot \alpha^2 \cdot \sum_{i=1}^n (R \cdot \sin \varphi_i)^2, \quad (1)$$

де $c_{\alpha B} = M_{\alpha}/\alpha$ – жорсткість втулки, що відповідає обертальному переміщенню осі пальця щодо осі отвору; $c_{zB} = F_z/\Delta_z$ – жорсткість втулки в напрямку z ; $c_{xB} = F_x/\Delta_x$ – жорсткість втулки в напрямку x .

Для муфти з чотирма пальцями (1) набуде вигляду:

$$c_{\alpha} = 4 \cdot c_{\alpha B} + 2 \cdot c_{zB} \cdot R^2 + 2 \cdot c_{xB} \cdot R^2 \cdot \alpha^2. \quad (2)$$

З (2) випливає, що жорсткість муфти у разі кутового зміщення валів визначатиметься так на всьому періоді обертання муфти $2 \cdot \pi \cdot n$, де $n = 1, 2, 3 \dots$

Аналіз напружено-деформованого стану гумових втулок МПВП. Розрахунок жорсткостей гумової втулки МПВП розглянемо для трьох випадків:

- без зазороутворення під час деформації гумової втулки;
- з зазороутворенням під час деформації гумової втулки;
- з проковзуванням та коефіцієнтом тертя в парі контакту, що дорівнює нулю.

Аналітичні моделі для розрахунку жорсткостей втулок МПВП для трьох випадків показано на рис. 3, де в рядах відповідно моделі для цих випадків. Під час прикладання зовнішнього навантаження торцевим поверхням умовного пальця задаємо зусилля 125 Н в напрямку x для визначення радіальної жорсткості гумової втулки c_{xB} так, щоб загальне зусилля, яке створює палець, становило $F = 250$ Н (вибирається з умови номінального навантаження на муфту). Для визначення поздовжньої жорсткості гумової втулки c_{zB} силу $F = 100$ Н прикладаємо до однієї з торцевих поверхонь умовного пальця. Зовнішню поверхню обойми для двох випадків защемляємо (в третьому випадку $c_{zB} = 0$). Для визначення жорсткості втулки $c_{\alpha B}$, що відповідає обертальному переміщенню осі пальця щодо осі отвору, кінці умовного пальця защемлюємо і прикладаємо загальне зусилля по $F = 125$ Н до торцевих поверхонь обойми у різні боки вздовж напрямку x . Всі частини твердотільних моделей ділимо на скінченні елементи у вигляді тетраедра з додатковим розташуванням вузла на кожному його ребрі, з розміром між вершинами тетраедра 2 мм. Скінченним елементам, які належать частинам складальної одиниці, задаємо відповідно властивості матеріалів гуми та сталі.

Напружено-деформований стан гумових втулок проаналізовано із застосуванням методу скінченних елементів [3–5]. Переміщення скінченних елементів складальних одиниць для трьох випадків показано відповідно до аналітичних моделей на рис. 4.

Значення жорсткостей $c_{\alpha B}$, c_{xB} , c_{zB} гумових втулок пружної втулково-пальцевої муфти, яка розрахована на передачу номінального моменту $M_{\phi \max} = 31,5$ Н·м і виготовлена згідно з ГОСТ 21424-75 [1], наведені у таблиці.

Значення жорсткостей $c_{\alpha B}$, c_{xB} , c_{zB} гумових втулок МПВП

Жорсткість муфти	Вид деформування пружного елемента		
	без зазороутворення	з зазороутворенням	з проковзуванням в зоні контакту
$c_{\alpha B}$, Н·м/рад	31,25	17,5	7,85
c_{xB} , Н/м	$9,874 \cdot 10^5$	$5,1 \cdot 10^5$	$2,273 \cdot 10^5$
c_{zB} , Н/м	$3,053 \cdot 10^5$	$1,389 \cdot 10^5$	—

За допомогою значень жорсткостей $c_{\alpha B}$, c_{xB} , c_{zB} гумових втулок (таблиця) одержано такі значення жорсткостей пружної втулково-пальцевої муфти c_{α} з номінальним обертовим моментом $M_{\phi \text{ном}} = 31,5$ Н·м під час деформування її гумових втулок:

- без зазороутворення $c_{\alpha} = 731$ Н·м/рад;
- з зазороутворенням $c_{\alpha} = 346$ Н·м/рад;
- з проковзуванням та нульовим тертям у парі контакту $c_{\alpha} = 31,5$ Н·м/рад.

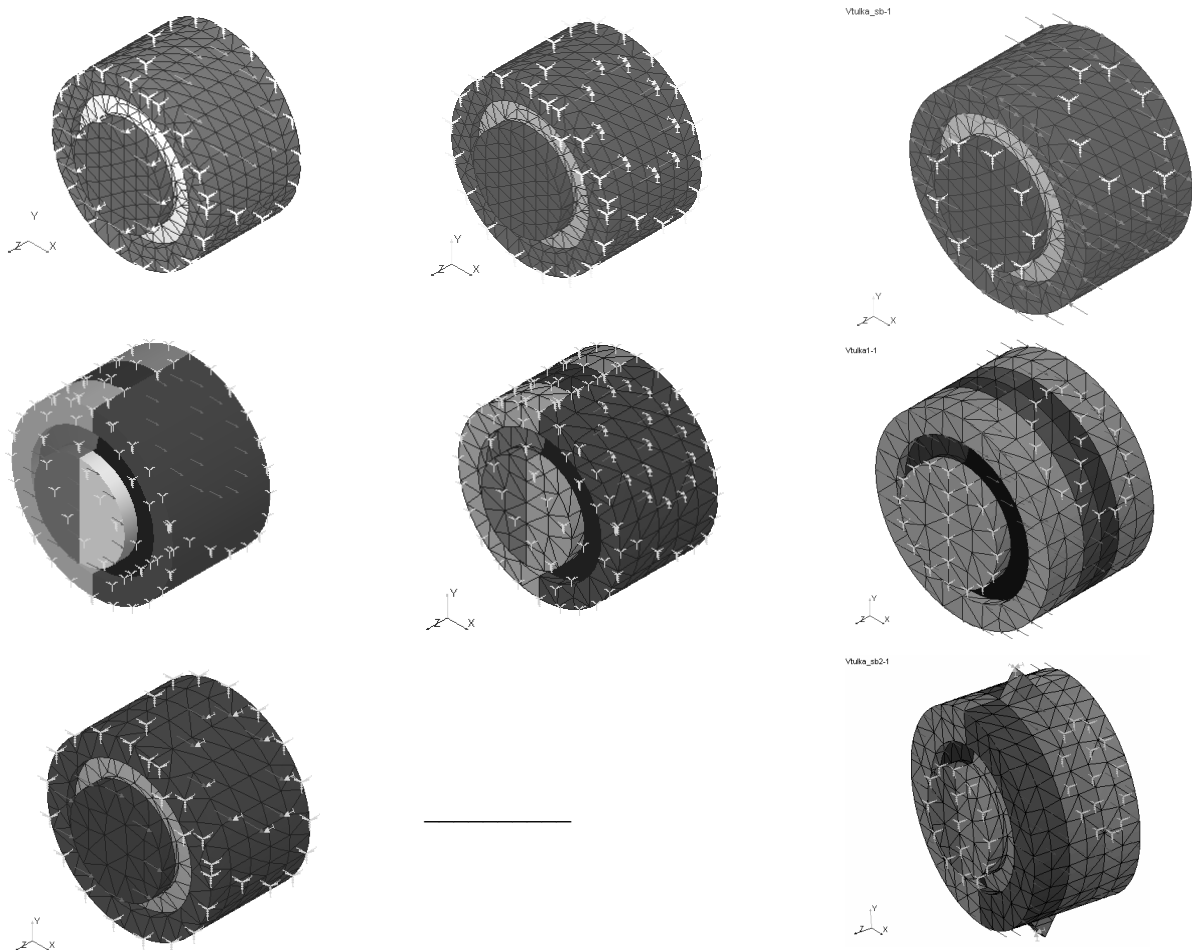


Рис. 3. Скінченно-елементні моделі гумових втулок з частинами пальців та обойми

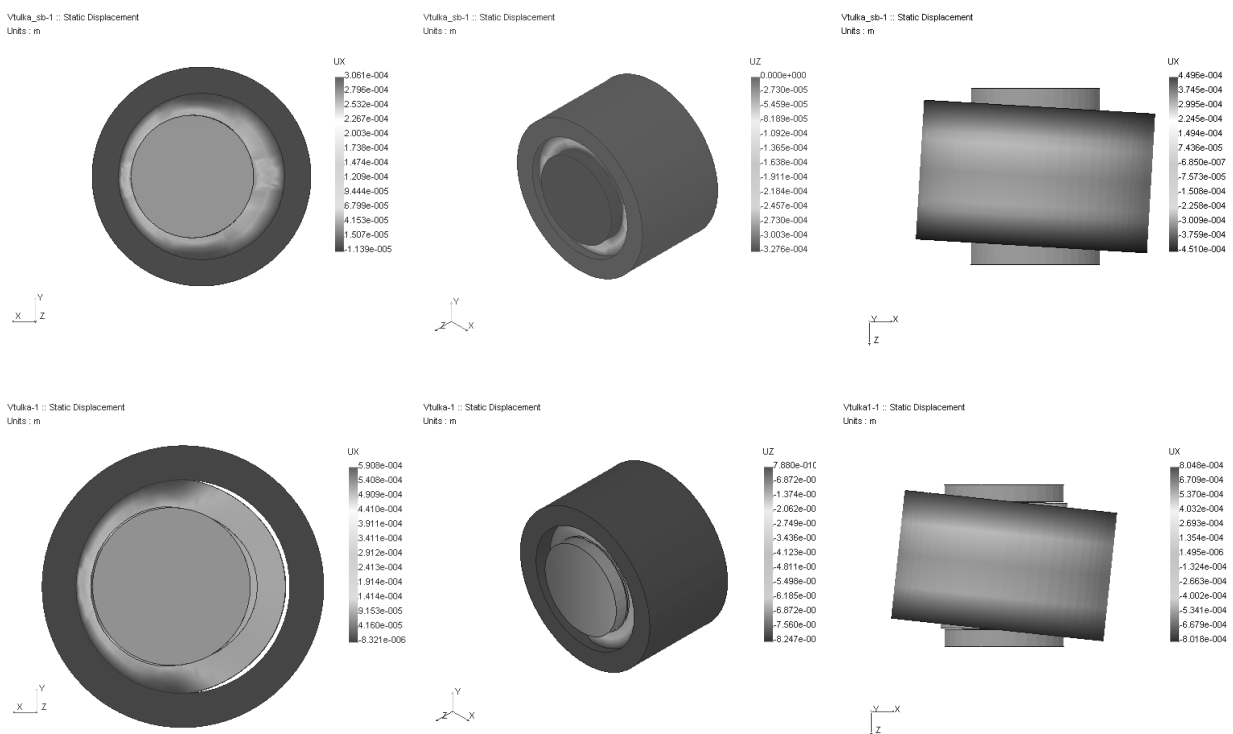


Рис. 4. Переміщення скінченних елементів у скінченно-елементних моделях

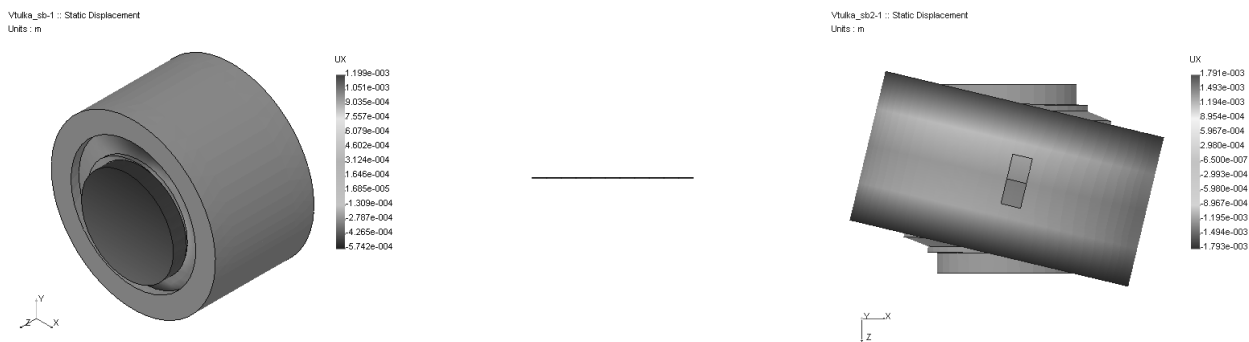


Рис. 4. (Продовження). Переміщення скінченних елементів у скінченно-елементних моделях

Висновки. Запропоновано методику та проведено розрахунки з визначення жорсткості муфти, що відповідає кутовому зміщенню валів, для випадків, коли гумові втулки робочими поверхнями повністю або частково скріплені зі сталевими деталями, а також для випадку можливого проковзування матеріалу гумових втулок по поверхнях сталевих деталей за відсутності тертя. Одержані значення жорсткостей дають можливість оцінювати компенсаційні властивості муфти і можуть бути використані для обґрунтування допусків на похибки монтажу привідних систем. Крім того, можна стверджувати, що жорсткість муфти при кутовому зміщенні валів для трьох випадків деформування гумової втулки (гумові втулки з гуми 7В–14) не залежить від кута α , який приймали в діапазоні від 0 до $\alpha_{\max} = 1,5^\circ$.

1. Поляков В.С., Барбаиш И.Д., Ряховский О.А. *Справочник по муфтам* / Под ред. В.С. Полякова. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1979. – С. 127–131. 2. Харченко Є.В., Колесник К.К. *Розрахунок жорсткісних характеристик пружних втулково-пальцевих муфт* // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2000. – № 412. – С. 96–100. 3. Зенкевич О. *Метод конечных элементов в технике*. – М.: Мир, 1975. – 541 с. 4. Klein В. *FEM: Grundlagen und Anwendungen der Finite-Elemente-Methode*, Vieweg, 3., ueberarbeitete Auflage. – 1999. – 345 s. 5. Algor: *Mechanical event simulation tutorial*. Algor.inc, Pittsburgh. – 2000.