**II. ДУМКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО****Довгополий М.М.***

студент

*Національний технічний
університет України
«Київський політехнічний
інститут імені Ігоря
Сікорського»*

Dovhopolyi M.

*National Technical
University of Ukraine «Igor
Sikorsky Kyiv Polytechnic
Institute»*

УДК 629.027**ВИКОРИСТАННЯ
МАГНІТОРЕОЛОГІЧНОЇ РІДИНИ
В ДЕМПФЕРІ ЕНДОПРОТЕЗУ
ДЛЯ ГАСІННЯ ВІБРАЦІЙНИХ
КОЛИВАНЬ**

Дана стаття присвячена визначенню способу використання магнітореологічної рідини як робочої в демпфері протеза колінного суглоба. Проведений інформаційний аналіз дозволяє стверджувати, що використання даного ефекту здатне вирішити проблему, пов'язану зі зниженням ефективності гасіння вібраційних коливань та інших видів навантажень. Запропоновано напівконструктивну схему інтелектуального магнітореологічного демпфера. Також проведено розрахунок його характеристики та геометричних розмірів.

Ключові слова: демпфер, магнітореологічна рідина, вібраційні коливання, перепад тиску, зусилля опору, в'язкість.

Постановка проблеми. Гідравлічні демпфери отримали широке розповсюдження у системах віброзахисту та інших пристроях, метою яких є гасіння механічних коливань та вібрацій за заданими законами, наприклад, від мікроконтролера. Особливого поширення набули гідравлічні демпфери у складі ендопротезів колінних суглобів за рахунок невеликої собівартості, технологічності та функціональності. Вони застосовуються для

отримання необхідного закону руху шарнірного механізму протезу та відтворення реалістичності рухів людини. Також демпфер повинен забезпечувати стійкість конструкції до циклічних та вібраційних навантажень. Під час його роботи відбувається в'язке тертя у дросельних елементах, що призводить до підвищення температури робочої рідини (рис.1).

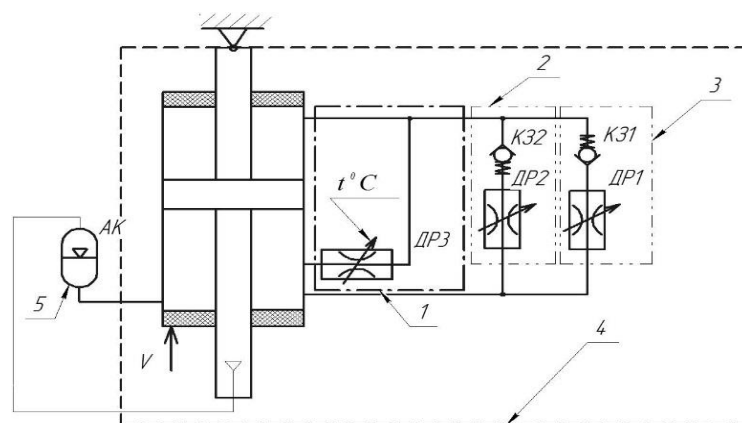
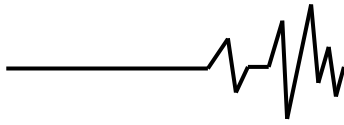


Рис. 1. Спрощена схема пневмогідравлічного демпфера:

1 – слідкуючий термочутливий дросель, 2 – клапанно-дросельний вузол режиму роботи «розтягнення», 3 – клапанно-дросельний вузол режиму роботи «стиснення», 4 – пневмогідравлічний демпфер, 5 – енергоакumuлюючий пристрій високого тиску

*Науковий керівник: к.т.н., доцент Ночніченко І.В.



Залежність зусилля опору від в'язкості робочої рідини має визначальний вплив на стабільність роботи гідравлічних демпферів та ефективність гасіння вібраційних коливань. Тому для ефективної експлуатації демпферів в широкому температурному діапазоні необхідне постійне переналаштування зусилля опору під час роботи під змінні умови експлуатації. Без використання структури мехатронної системи керування технічно складно реалізувати достатньо високу точність та швидкодію зміни зусилля опору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Великий внесок у дослідження керування робочою характеристикою гідравлічних демпферів та характеристикою гідравлічних пристроїв зробили такі вітчизняні вчені, як: Узунова О.В. [1], Іванов М.І., Шаргородський С.А. [2], Струтинський В.Б. [3].

Також дослідженнями магнітореологічного ефекту та магнітогідродинамікою займалися вчені: Ватажин А.Б., Любмов Г.А., Регирер С.А. [4], Шульман З.П. [5] та Дербаремдикер А.Д. [6] та інші.

Ендопротез представляє собою шарнірний механізм, оснащений демпферним пристроєм. Даний пристрій використовується для повного або часткового поглинання вібрацій та навантажень [6]. У демпферному пристрої передбачена можливість налаштування під індивідуальні параметри людини, що передбачає особливості роботи демпфера у певних режимах. Він забезпечує змінний режим демпфування та навантаження у процесі руху людини. У роботі демпфера, в залежності від напрямку руху, виділяють два режими: «розтяг» та «стиснення» (рис.1).

При режимі «розтягнення» за допомогою дроселя 2 забезпечується амортизація з можливістю її регулювання. Режим «стиснення» реалізовано у три етапи руху (рис.2) за допомогою клапанно-дросельного вузла режиму роботи «стиснення». На першому етапі руху відбувається лише незначне демпфування. На другому етапі руху коефіцієнт демпфування збільшується згідно з заданим максимальним значенням і налаштовується відповідно до маси людини. На третьому етапі руху коефіцієнт демпфування залишається сталим, тобто рівним тому, що було досягнуто на другому етапі.

На сьогоднішній день застосовують магнітореологічні демпфери у якості демпфуючої частини суглоба. Використання магнітореологічного демпфера дозволяє розширити можливості використання протезів колінного суглоба. До основних недоліків таких демпферів можна віднести: залежність робочої характеристики від температурних

режимів роботи та низьку енергоефективність. Тому запропоновано технічне рішення та програмний алгоритм вирішення проблеми залежності робочої характеристики демпфера від температури робочої рідини, за рахунок застосування термокомпенсаційної системи [7-9].

Для отримання реалістичних рухів протезу шарнірного механізму необхідно забезпечити такі режими роботи протезу як хода, швидка хода чи біг, переміщення на велосипеді, в залежності від яких параметри демпфера змінюються відповідно до швидкості руху. Також потрібно забезпечити термостабілізацію демпфера в автономному режимі за заданим законом чи в залежності від умов експлуатації (температури та кута повороту).

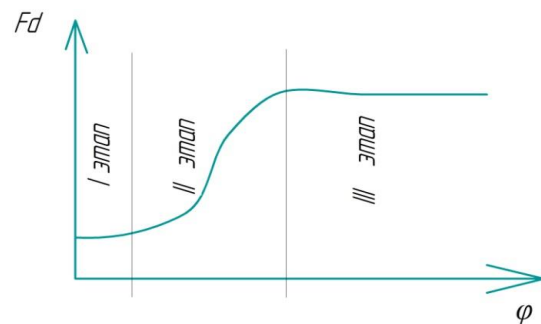


Рис. 2. Робоча характеристика демпфера штучного колінного суглоба

Магнітореологічний ефект забезпечує швидку та високоточну зміну в'язкості та інших реологічних властивостей феромагнітної рідини під дією прикладеного магнітного поля.

Формулювання мети досліджень. Метою даної роботи є отримання конструкції демпферного пристрою для ендопротезу з поліпшеною робочою характеристикою, з використанням у якості робочого середовища феромагнітної рідини.

Для досягнення мети у роботі було вирішено такі задачі:

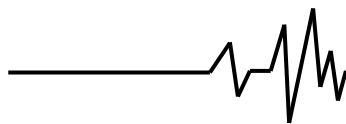
1. Аналіз основних недоліків гідравлічних демпферів і методів їх усунення. Розгляд магнітореологічних рідин і використання їх у пристроях даного типу.

2. Аналіз структурування феромагнітної рідини під дією прикладеного магнітного поля у каналах, зазорах, дроселях.

3. Пропозиція модернізації існуючого демпферного пристрою ендопротезу.

Завданням проведеної роботи є перевірка можливості керування характеристиками рідини за рахунок магнітного поля.

Виклад основного матеріалу дослідження. Головним показником амортизаційних рідин, від якого значно



залежить зусилля опору демпферів, є коефіцієнт кінематичної в'язкості:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{dP_{\tau}}{ds \cdot \frac{du}{dz} \cdot \rho}, \quad (1)$$

де: μ – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с,
 ρ – густина, кг/м³,

dP_{τ} – елементарна величина сили в'язкого тертя, Н;

ds – площа дотику шарів в частині рідини, мм²,

$\frac{du}{dz}$ – градієнт швидкості,

du – різниця швидкостей на зсувних площинах рідини,

dz – відстань між площинами.

Однак в результаті тривалої роботи демпфера відбувається підвищення температури робочої рідини і, як наслідок, це

призводить до зменшення коефіцієнту кінематичної в'язкості. У результаті при незмінному навантаженні на штоку демпфера зростає витрата робочої рідини через калібровані дроселі і його зусилля опору зменшується, що негативно впливає на стабільність роботи та здатність поглинати механічні коливання.

В якості робочої рідини пропонується застосування феромагнітної рідини LORD MRF-122EG. Основою даної рідини є нафтопродукти, а тому вона не замерзає та не втрачає своїх магнітних явищ при температурі від мінус 25°C до плюс 50°C. Розміри магнітних часток рідини складають 0,00001 мм. Під дією прикладеного магнітного поля можна керувати в'язкістю магнітореологічної рідини з часом реагування до 40 мс. Для магнітореологічної рідини виділяють три режими роботи (рис.3): клапанний режим, режим зсуву, режим стиснення.

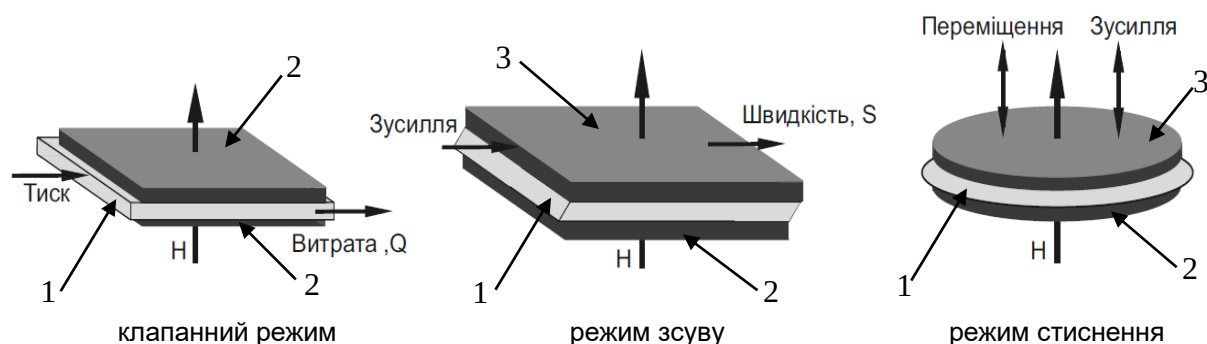


Рис. 3. Характерні режими роботи феромагнітної рідини:
1- феромагнітна рідина, 2- нерухомі пластини, 3 - рухомі пластини

Керувати магнітореологічною рідиною раціонально за рахунок використання постійних магнітів, або ж змінного магнітного поля.

При застосуванні схеми магнітореологічного демпфера з використанням постійних магнітів величина магнітного поля визначається положенням магніту щодо магнітореологічного каналу. Даний спосіб управління є досить простим у виконанні та вигідним з точки зору енергонезалежності. Однак недоліком може

бути складність отримання точних значень в'язкості рідини, що необхідно забезпечити в ендопротезі та не технологічність системи регулювання. Також рухомі магніти можуть неточно позиціонуватися та змінювати своє положення при вібраціях. Використання змінного магнітного поля у конструкції демпфера забезпечує високу точність регулювання в'язкості феромагнітної рідини і реалізує досить високу надійність роботи даної мехатронної системи (рис.4).

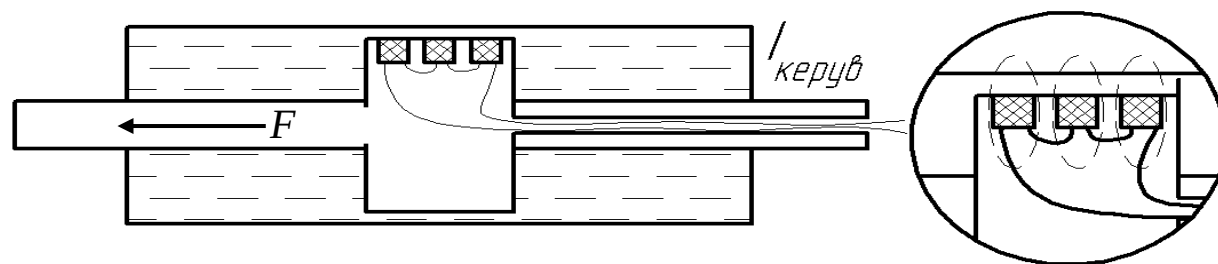
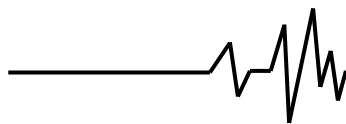


Рис. 4. Принципова схема демпфера з використанням магнітореологічної рідини та змінного магнітного поля



Для забезпечення стабільності роботи магнітореологічного демпфера в складі протеза колінного суглоба необхідно розглянути можливість керування характеристикою демпфера. Взаємодію елементів ендопротезу можна представити у вигляді блок-схеми (рис.5) [9, 10].

Важливим є використання датчиків для отримання інформації про закон руху. Протез повинен містити датчики переміщення (гіроскоп та акселерометр) для вимірювання кута, напрямку прискорення та швидкості колінного суглоба.

Відповідно до цих даних мікроконтролер визначає положення людини, нахил, швидкість, спосіб переміщення (біг, хода і т.д.) та закон її руху. Також необхідно вимірювати температуру магнітореологічної рідини в демпфері за

рахунок використання датчика температури. Відповідно до визначеного положення людини та температури робочого середовища програма, у відповідності до прописаного алгоритму та закону, обирає «програмну карту» зміни зусилля опору демпфера. Ця характеристика напряму залежить від в'язкості та витрати магнітореологічної рідини, що керується магнітним полем, яке в свою чергу задається силою струму в обмотці. Час дії такої мехатронної системи з керуючим мікроконтролером складає близько 50 мс, чого цілком достатньо для забезпечення швидкодії та відтворення реалістичності ходи людини, так як реакція живого коліна практично співпадає з реакцією такої системи штучного колінного суглоба [9].

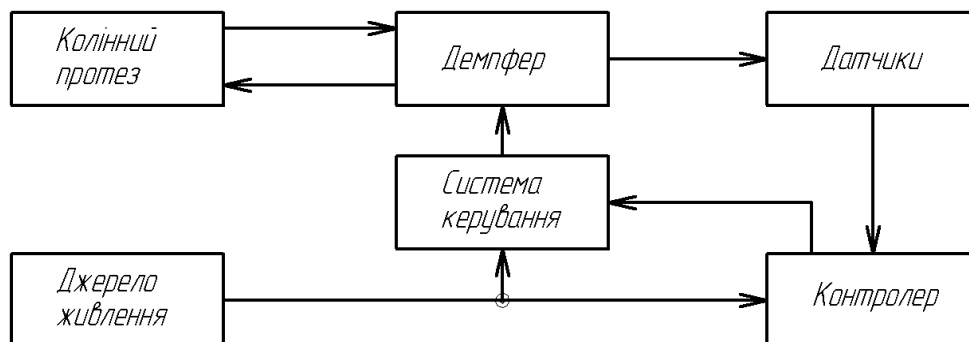
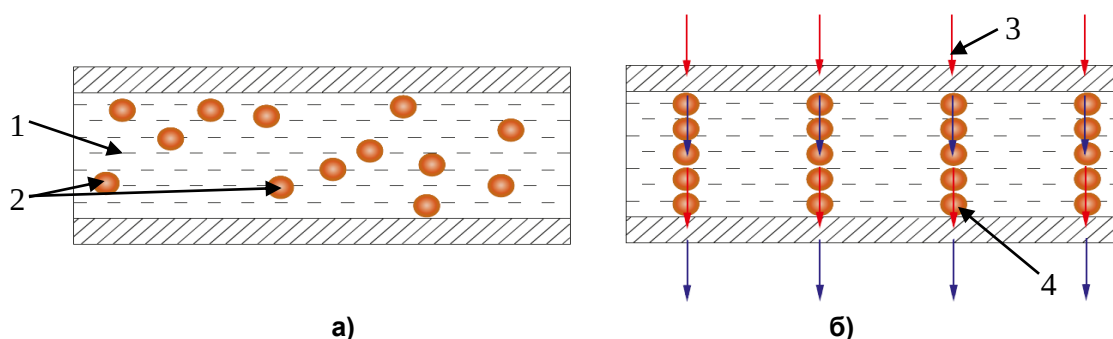


Рис. 5. Блок-схема роботи магнітореологічного демпфера, у якому використовується мікроконтролер

Фізичний зміст магнітореологічного ефекту полягає в тому, що напруження плинності магнітореологічної рідини залежить

За рахунок цієї властивості можна керувати характеристикою демпфера та забезпечувати змінні режими роботи (рис.6).



від напруженості прикладеного магнітного поля.

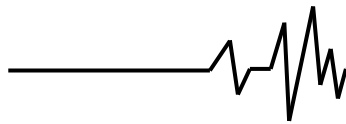
Рис. 6 – Схема активізації феромагнітної рідини

(а – магнітне поле відсутнє, б – під дією магнітного поля)

1 – основа рідини; 2 – магнітні частинки; 3 – напрям ліній магнітного поля; 4- магнітні частинки утворюють ланцюг вздовж ліній напруженості магнітного поля

Основними характеристиками магнітореологічної рідини є залежності: напруження плинності від напруженості прикладеного магнітного поля та напруження зсуву від градієнта швидкості зсуву для неактивної рідини. Використовуючи дані

залежності, можна розрахувати необхідні геометричні параметри пристроїв, їх каналів. З залежності напруження плинності від напруженості магнітного поля (рис.7) видно, що в магнітних рідинах спостерігається ефект насичення [9,11]: так після деякого значення



величини прикладеного магнітного поля напруження плинності залишається практично постійним і подальше зростання магнітного поля істотно не впливає на реологічні

характеристики рідини (починаючи з напруженості магнітного поля у 200 кА/м-«точка насичення»).

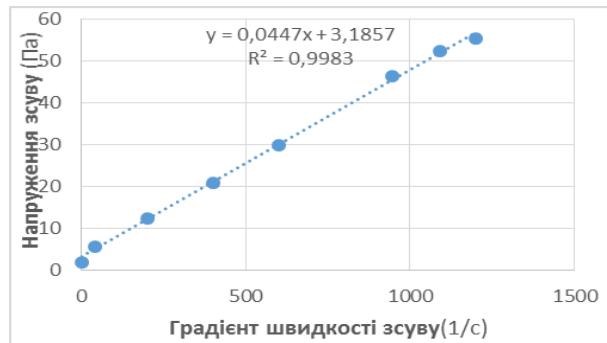
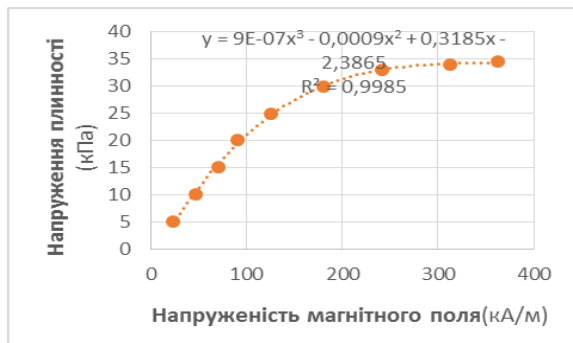


Рис. 7. Залежності, що характеризують феромагнітну рідину (LORD MRF-122EG)

У випадку роботи демпфера з використанням магнітореологічної рідини з'являється можливість керування демпфером шляхом подачі струму на обмотку магнітореологічного дроселя. Розрахунок його параметрів та геометричних розмірів необхідно виконувати за наведеними нижче залежностями [9].

Перепад тиску, створюваний на робочому зазорі МР-дроселя $\Delta P = \Delta P_\eta + \Delta P_\tau$ ΔP_η – в'язкий компонент, який визначає плинном рідини з в'язкістю h , ΔP_τ – мінімальний перепад тисків, який необхідний для зсуву одного шару рідини щодо іншого, що визначається межею плинності структурованого середовища τ_y .

При відсутності магнітного поля потік магнітореологічної рідини через кільцевий зазор дроселя описується формулою Пуазейля для розрахунку трубопроводів з ламінарним режимом і Ньютонівська складова перепаду тиску ΔP_τ являє собою функцію, залежну від напруження плинності суспензії і геометричних параметрів зазору:

$$\Delta P_\eta = f(\tau_y, L, h) \quad (2)$$

У загальному вигляді залежність (2) для дроселя з кільцевих робочим зазором, в якому діють зсувні напруження, можна записати як:

$$\Delta P_\tau = \frac{c \tau_y(H) L}{h} \quad (3)$$

де c - коефіцієнт, що залежить від відношення $\Delta P_\tau / \Delta P_\eta$ (згідно з даними роботи [5] $c = 2$ для $\Delta P_\tau / \Delta P_\eta < 1$ і $c = 3$ для $\Delta P_\tau / \Delta P_\eta > 100$).

Тоді можна записати у загальному вигляді формули для визначення перепаду тиску в магнітореологічному демпфері:

$$\Delta P_{vis} = \Delta P_\eta = \frac{12 \rho \nu Q L}{\pi B (r_2 - r_1)^3} \quad (4)$$

$$\Delta P_{mr} = \Delta P_\tau + \Delta P_{vis} = \frac{c \tau_y L}{r_2 - r_1} + \Delta P_{vis}, \quad (5)$$

де ΔP_{vis} – перепад тиску для не активізованої рідини;

ΔP_{mr} – перепад тиску для активізованої рідини;

B – довжина кола демпфера;

r_2 – радіус циліндра демпфера;

r_1 – радіус поршня;

$r_2 - r_1$ – ширина концентричного зазору;

L – довжина концентричного зазору (поршня);

τ_y – межа плинності структурованого середовища.

В результаті перетворень рівнянь (4-5) отримуємо:

$$V = k \left(\frac{\eta}{\tau_y^2} \right) \cdot \lambda W_m, \quad (6)$$

де k – константа.

Для клапанного режиму $k = 11,9 / c^2$, $\lambda = \Delta P_\tau / \Delta P_{vis}$, а $W_m = Q \Delta P_\tau$.

Об'єм активної рідини, необхідний для досягнення бажаного коефіцієнта управління λ при заданому рівні керованої потужності W_m , можна визначити як:

$$V = LB(r_2 - r_1) \quad (7)$$

Підставляючи залежності (4-5) в рівняння (6) отримуємо:

$$B(r_2 - r_1)^2 = \frac{12}{c} \left(\frac{\eta}{\tau_y} \right) \cdot \lambda Q \quad (8)$$

Рівняння (8) визначає необхідні співвідношення геометричних розмірів демпфера (рис.8) та характеристики МР рідини, динамічний діапазон і витратну характеристику.

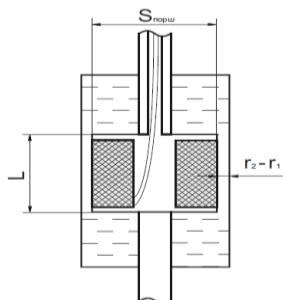
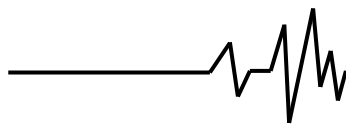


Рис. 8. Напівконструктивна схема
магнітореологічного демпфера

Довжину концентричного зазору можна визначити наступною залежністю:

$$B = 2\pi r_2$$

Для визначення геометричних розмірів демпфера задаємо необхідні для розрахунку емпіричні коефіцієнти:

$W_m=3,3$ Вт; $\Delta P_{mr}=2880$ кПа; $\Delta P_r=2800$ кПа;
 $Q=1,18$ см³/с (при швидкості поршня 0,1 м/с);
 $\lambda=35$; $\Delta P_{vis}=80$ кПа; $r_2=9,5$ мм, $\tau_y=15$ кПа,
 $\eta=0,25$ Па.

Тепер проведемо розрахунок геометричних розмірів демпфера:

$$V = k \left(\frac{\eta}{\tau_y^2} \right) \cdot \lambda W_m = \frac{12}{2,35^2} \left(\frac{0,25}{15000^2} \right) \cdot 35 \cdot 3,3 = 277 \text{ мм}^3$$

$$r_2 - r_1 = \sqrt{\frac{\frac{12}{c} \left(\frac{\eta}{\tau_y} \right) \cdot \lambda Q}{B}} = \sqrt{\frac{\frac{12}{2,35} \left(\frac{0,25}{15000} \right) \cdot 35 \cdot 1,18 \cdot 10^{-6}}{0,06}} = 0,24 \text{ мм}$$

$$L = \frac{\Delta P_r (r_2 - r_1)}{c \tau_y} = \frac{2800 \cdot 10^3 \cdot 0,242 \cdot 10^{-3}}{2,35 \cdot 15 \cdot 10^3} = 19,2 \text{ мм}$$

(9)

Зусилля опору для демпферів розраховується за формулою:

$$F = \Delta P \cdot S, \quad (10)$$

де S – площа поршня.

При даних величинах тиску в порожнинах циліндра демпфера можна отримати зусилля опору з формули (10):

$$F_{vis} = \Delta P_{vis} \cdot S = 80000 \cdot 0,00027 = 21,6 \text{ Н}$$

$$F_{mr} = \Delta P_{mr} \cdot S = 2880000 \cdot 0,00027 = 778 \text{ Н}$$

Висновки. Розглянута можливість використання магнітореологічної рідини як робочої в гідравлічному демпфері. Запропоновано конструкцію магнітореологічного демпфера і виконано розрахунок розмірів каналу магнітореологічного дроселя. Використання розглянутого способу керування робочою характеристикою демпфера є перспективним для систем, де необхідна висока точність та висока швидкодія зміни характеристики з максимальним часом реакції системи близько 50 мс.

Список використаних джерел

1. Узунов О.В. Дослідження біметалевого приводу гідравлічного дроселю амортизатора вібраційних коливань / О.В. Узунов, І.В. Ночніченко // Вібрації в техніці та технологіях – м. Вінниця: Вінницький національний аграрний університет, 2011. – №3(63). – С.66-73.

2. Іванов М.І. Експериментальний стенд для дослідження системи гідравлічних приводів блочно-порційного відокремлювана консервованого корму / М.І. Іванов, С.А. Шаргородський В.С. Руткевич //

Промислова гідравліка і пневматика. – 2016. – №1(51) – С.77-84.

3. Струтинський В.Б., Колот О.В. Математичне моделювання стохастичних процесів у системах приводів: Монографія. – Краматорськ: ЗАТ «Тираж – 51», 2005. – 530 с.

4. Ватажин А.Б., Любмов Г.А., Регирер С.А. Магнітогидродинамические течения в каналах. – М.: Гл. ред. физ. – мат. л-ры, Наука, 1970. – 672 с.

5. Шульман З.П., Кордонский В.И. Магнітореологический эффект. – Минск: Наука и техника, 1982. – 184 с.

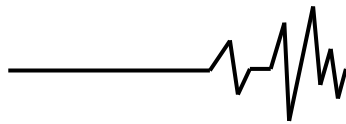
6. Дербаремдикер А.Д. Амортизаторы транспортных машин. [2 изд. перераб. и доп.] / А.Д. Дербаремдикер. – М.: Машиностроение – 1985. – 200 с.

7. Башта Т.М., Зайченко И.З., Ермаков В.В., Хаймович Е.М. Объёмные гидравлические приводы. М., «Машиностроение» – 1969. – 628 с.

8. І.В. Ночніченко, Експериментальне дослідження магнітореологічного дроселя / Ночніченко І.В., Галецький О.С. // XV міжнародної науково-технічної конференції. Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта м. Київ, 2014. – С. 30-32.

9. І.В. Ночніченко, До питання побудови демпфера протезу ноги на основі магнітореологічної рідини / Костюк Д.В., Ночніченко І.В. // Міжнародно науково-технічна конференція «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування» м. Вінниця. – 2016. – С. 58-60.

10. Уорден К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение Москва : Техносфера, (2006). ISBN 5-94836-065-2. – 224 с



11. А.С. Карпов Застосування феромагнітної рідини для покращення характеристик демпфера протезу колінного суглобу / Карпов А.С., Ночніченко І.В., Костюк Д.В. // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню 2017». Секція: Прикладна гідроаеромеханіка і механотроніка, м. Київ – 2017. С. 2. 30. 05.2017.

Список джерел у транслітерації

1. Uzunov, O.V., & Nochnichenko, I.V. (2011). Doslidzennja bimetallevoho pryvodu hidravlichnoho droselju amortyzatora vibracijnykh kolyvan [Investigation of the bimetallic drive of the hydraulic throttle of the shock absorber of vibrational oscillations]. *Vibraciji v tekhnici ta tekhnologijakh* *Vibration in engineering and technology*. (Vols. 3), no. 63, (pp.66-73). Vinnytsia: VNAU [in Ukrainian].

2. Ivanov M.I., & Sharghordskyj S.A. & Rutkevych V.S. (2016) Eksperymentalnyj stand dlja doslidzhennja systemy ghidravlichnykh pryvodiv blochno-porcijnogho vidokremlyuvana konservovanogho kormu [Experimental stand for research of the system of hydraulic drives of block-portion separable canned feed] *Promyslova ghidravlika i pnevmatyka Industrial hydraulics and pneumatics*. (Vols. 1), no. 51, (pp.77-84). Vinnytsia: VNAU [in Ukrainian].

3. Strutyn's'kyj, V.B., & Kolot, O.V. (2005), *Matematychni modelyuvannya stoxastychnyx procesiv u systemax pryvodiv*, [Mathematical modeling of stochastic processes in drive systems]. Kramators'k: ZAT «Tyrazh-51» [in Ukrainian].

4. Vatazhin, A.B., & Lyubmov, G.A., & Regirer, S.A. (1970), *Magnitogidrodinamicheskie techenija v kanalah* [Magnetohydrodynamic flows in channels]. Moscow: Gl. red. fiz. – mat. I-ry Nauka [in Russian].

5. Shul'man, Z.P., & Kordonskii, V.I. (1982), *Magnitoreologicheskii efekt* [Magnetorheological effect]. Minsk: Nauka i tekhnika [in Russian].

6. Derbaremdiker, A.D., *Amortizatory transportnykh mashin* [Shock absorbers transport vehicles]. 2nd ed., Moscow: Mashinostroenie [in Russian].

7. Bashta, T.M., & Zaichenko, Y.Z., & Ermakov, V.V., & Khaimovych, E.M. (1969). *Objomnye gidravlicheskie privody* [Volumetric hydraulic actuators]. Moscow: Mashynostroenye [in Russian].

8. Nochnichenko, I.V., & Galets'kii, O.S. (2014) Eksperymental'ne doslidzhennja magnitoreologichnogo droselya [Experimental study of magnetoresistance choke]. Proceedings from PTTIO `14: XV Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferenciia «Proghresyva

tekhnika, tekhnologhija ta inzhenerna osvita» - International scientific and technical conference «Progressive technology, technology and engineering education.» (pp. 30-32). Kiev [in Ukrainian].

9. Nochnichenko, I.V., & Kostjuk, D.V. (2016) Do pitannya pobudovi dempfera protezu nogi na osnovi magnitoreologichnoi' ridini [To the question of construction of a damper of a prosthetic leg by using a magnetorheological fluid] Proceedings from Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsija «Hidro- ta pnevmopryvody mashyn – suchasni dosiahnennia ta zastosuvannia» - International scientific and technical conference «Hydraulic and pneumatic drives of machines - modern achievements and applications». (pp. 58-60). Vinnytsia: [in Ukrainian].

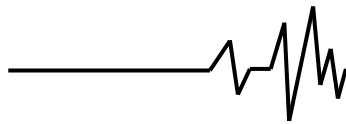
10. Uorden, K., (2006) *Novye intellektual'nye materialy i konstrukcii. Svoystva i primenenie* [New intelligent materials and structures. Properties and applications]. 1st ed., Moscow: Tekhnosfera, [in Russian].

11. Karpov, A.S., & Nochnichenko, I.V., & Kostjuk, D.V. (2017) Zastosuvannja feromagnitnoi' ridyny dlja pokrashhennja harakterystyk dempfere protezu kolinnogo suglobu [Application of a ferromagnetic fluid to improve the characteristics of the knee prosthetic damper], Proceedings from Vseukrajins'ka naukovo-tekhnichna konferenciia molodykh vchenykh ta studentiv Innovaciji molodi - mashynobuduvannju 2017 Sekcija: Prykladna ghidroaeromekhanika i mekhanotronika - All-Ukrainian scientific and technical conference of young scientists and students «Innovations of youth - machine building 2017». (pp. 1–2) Kiev: [in Ukrainian].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ В ДЕМПФЕРЕ ЭНДОПРОТЕЗА ДЛЯ ГАШЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ

Данная статья посвящена определению способа использования магнитореологической жидкости в демпфере протеза коленного сустава в качестве рабочей среды. Проведенный информационный анализ позволил сделать вывод, что использование данного эффекта способно решить проблему, связанную со снижением эффективности гашения вибрационных колебаний и иного рода нагрузок. Предложена полуконструктивная схема интеллектуального магнитореологического демпфера, а также проведен расчет его характеристики и геометрических размеров.

Ключевые слова: демпфер, магнитореологическая жидкость,



вибрационные колебания, перепад давления, усилие сопротивления, вязкость.

THE USE OF MAGNETORHEOLOGICAL FLUID IN THE ENDOPROTHESIS DAMPER FOR VIBRATION DAMPING

The aim is to determine the method of exploitation magnetorheological fluid in damper of artificial knee prosthetic. The research used to made a conclusion, that using of this technology

will be useful for solving a problem of efficiency of suppression vibration oscillations and other types of loads. A semiconstructive scheme of an intelligent magnetorheological damper is proposed. A dampers' characteristic and its geometric sizes are calculated.

Keywords: *damper, magnetorheological fluid, vibration oscillations, pressure drop, resistance effort, viscosity.*

Відомості про автора

Довгополий Михайло Михайлович – студент 2 курсу, гр. МА-72, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Механіко-машинобудівний інститут, кафедра прикладної гідроаеромеханіки та механотроніки, Україна, 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37. e-mail: mdov99@gmail.com.

Довгополый Михаил Михайлович – студент 2 курса, гр. МА-72, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Механико-машиностроительный институт, кафедра прикладной гидроаеромеханики и механотроники, Украина, 03056, г. Киев, проспект Победы, 37. e-mail:mdov99@gmail.com.

Dovhopolyi Mykhailo – student of II course, group MA-72 of Department of fluid mechanics and mechatronics of Mechanical-Engineering Institute of National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», address: 37, Prosp. Peremohy, Kyiv, Ukraine, 03056. e-mail: mdov99@gmail.com.