

4. Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів : освітньо-професійна програма другого (магістерського) рівня вищої освіти / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ, 2024. – Режим доступу: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/opfiles/132_oppm_ntkdm_2024.pdf.

5. Стандарт вищої освіти України другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 132 Матеріалознавство / Міністерство освіти і науки України. – Київ, 2020. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2020/11/17/132-materialoznavstvo-mahistr.pdf>

6. Викладач закладу вищої освіти : професійний стандарт / Міністерство освіти і науки України. – Київ, 2024. – Режим доступу: <https://register.nqa.gov.ua/profstandart/vikladaci-zakladiv-visoi-osviti>.

Величкович А. С.

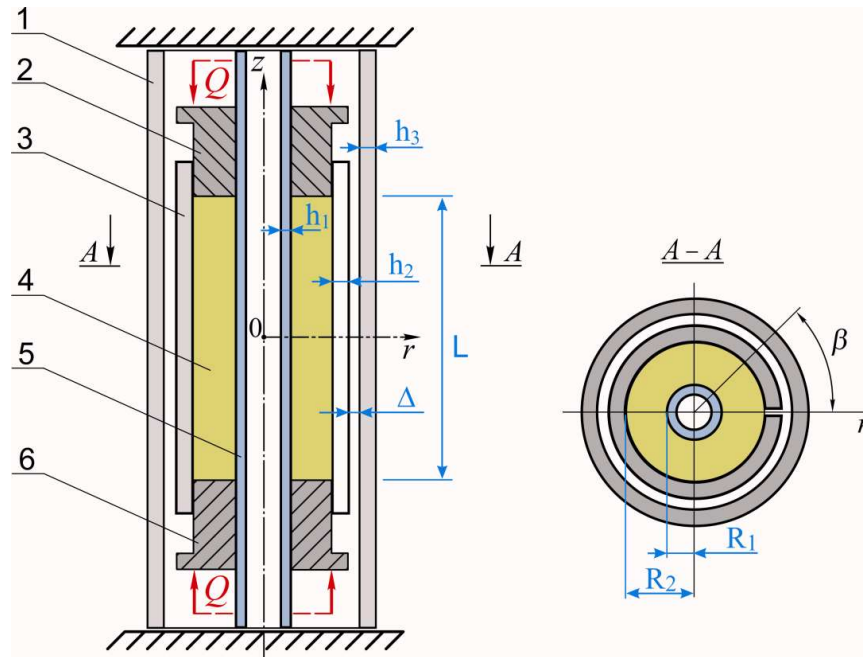
(Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу)

**ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОГО ФРИКЦІЙНОГО
ДЕМПФЕРА З РОЗІМКНУТОЮ ОБОЛОНКОЮ**

E-mail: a_velychkovych@ukr.net

У роботі розглянуто адаптивний фрикційний демпфер, який виконано у вигляді розімкнутої циліндричної оболонки із слабостисливим деформівним заповнювачем [1, 2]. Особливістю конструкції є наявність радіального зазора між оболонкою та жорстким корпусом. У штатному режимі оболонка деформується вільно, забезпечуючи високу податливість системи, а при зростанні навантаження зазор закривається і корпус стає додатковою опорою.

На рис. 1 показано взаємодію основних компонентів демпфера. Осьове навантаження Q передається через поршні на заповнювач, який перетворює його у радіальний тиск на оболонку. Контактні пари «заповнювач – оболонка» і «заповнювач – ствол» моделюються з урахуванням сухого тертя.



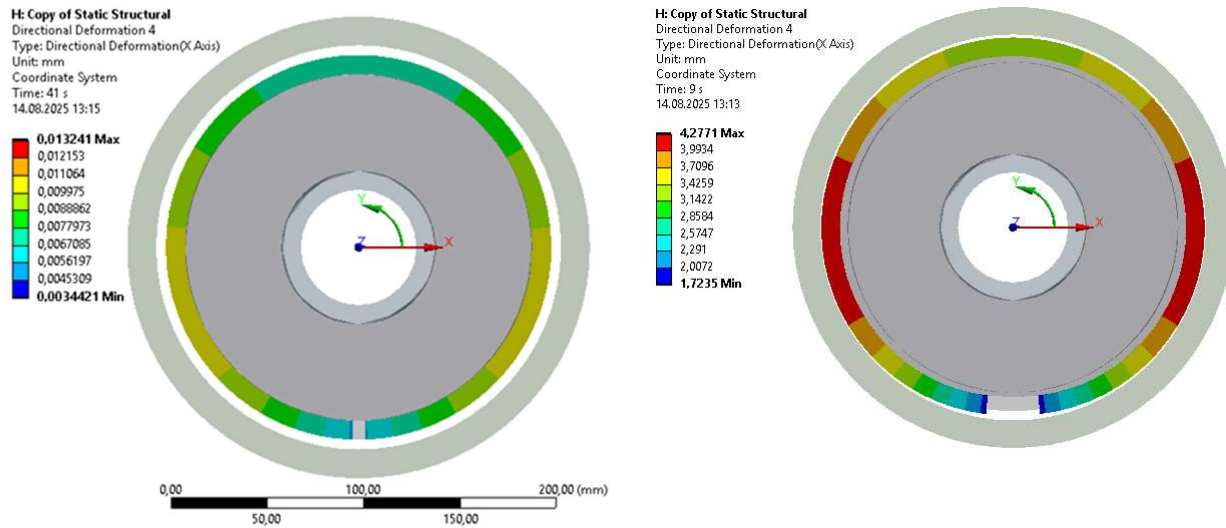
1 – корпус; 2 – верхній поршень; 3 – розрізана вздовж твірної циліндрична оболонка; 4 – еластомерний заповнювач; 5 – ствол; 6 – нижній поршень

Рисунок 1. Схема взаємодії компонентів адаптивного демпфера:

У табл. 1 наведено основні розміри моделі: зовнішній діаметр 240 мм, радіус ствола 40 мм, радіус оболонки 90 мм, товщини основних сталевих елементів 10–15 мм, радіальний зазор 5 мм, довжина заповнювача 500 мм. Ці параметри відповідають реалістичному типорозміру демпфера.

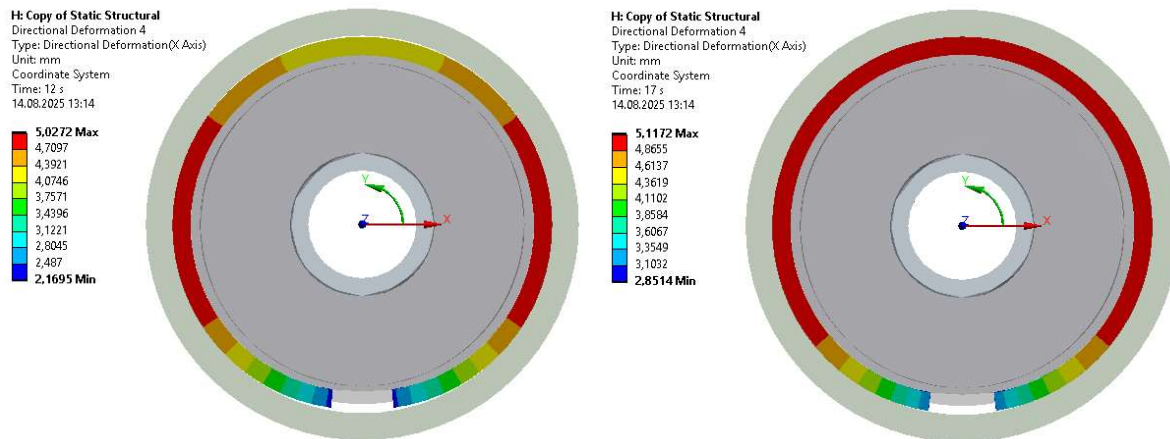
Таблиця 1. Геометричні параметри моделі демпфера

Діаметр корпусу	Товщина ствола,	Радіус ствола,	Товщина оболонки,	Радіус оболонки,	Товщина корпусу,	Величина зазора,	Довжина заповнювача,
D , мм	h_1 , мм	R_1 , мм	h_2 , мм	R_2 , мм	h_3 , мм	Δ , мм	L , мм
240,0	10	40	10	90	15	5	500



а

б



в

г

Рисунок 2. Вхідження розімкнутої оболонки в контакт з корпусом:

а – навантаження відсутнє (між оболонкою і корпусом рівномірний зазор);

б – при навантаженні на поршень 90 кН (відкритий нерівномірний зазор);

в – при навантаженні 100 кН зазор закрився в зонах з азимутами 90 та 270 градусів;

г – при навантаженні на поршень 200 кН зазор закрито

Рис. 2 ілюструє послідовний перехід оболонки до контакту з корпусом. За відсутності навантаження зазор є рівномірним. При навантаженні 90 кН він ще не закритий, але вже стає суттєво нерівномірним. При 100 кН контакт виникає локально у секторах з азимутами приблизно 90° і 270°. При 200 кН зазор майже повністю закритий (крім невеликої прикорйової зони поблизу розрізу).

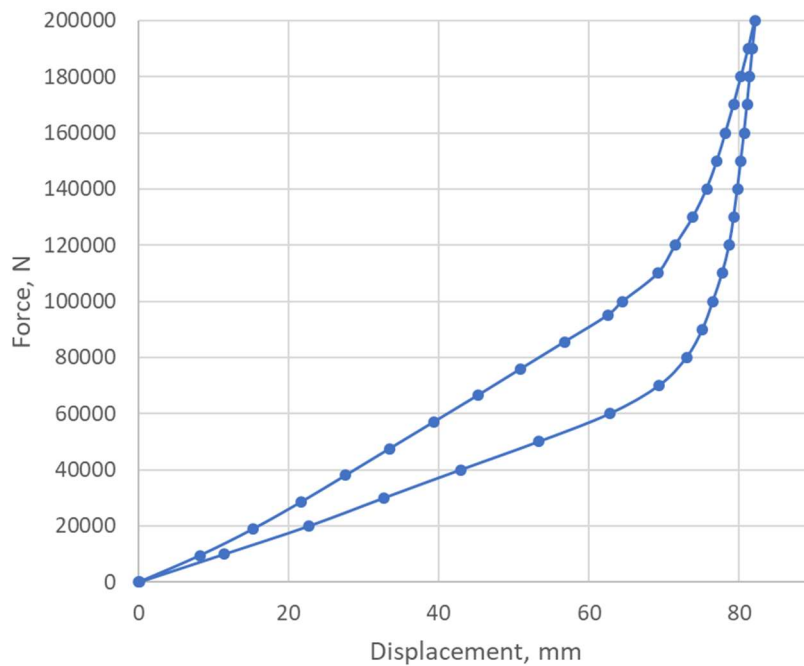


Рисунок 3. Діаграма деформування демпфера (навантаження 0–200–0 кН)

Рисунок 3 демонструє петлю гістерезису оболонкового демпфера в позаштатному режимі навантаження. Після досягнення навантаження близько 100 кН верхня гілка петлі помітно крутішає, що відповідає поступовому закриттю зазора та залученню корпусу до роботи.

Рис. 4 показує зміну максимальних еквівалентних напружень у розімкнутій оболонці протягом повного циклу навантаження 0–200–0 кН (критерій Губера–Мізеса).

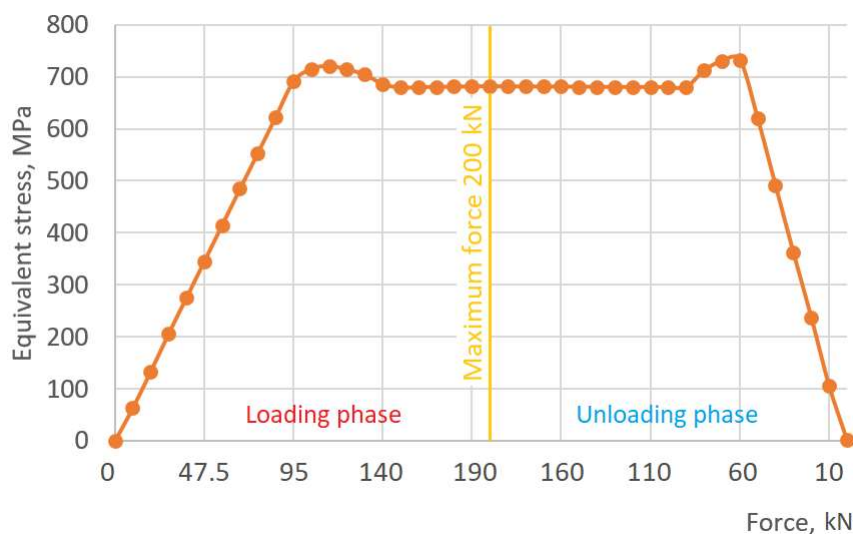


Рисунок 4. Максимальні еквівалентні напруження в розімкнутій оболонці при віднульовому циклі навантаження (0–200–0 кН)

Попри суттєве збільшення зовнішнього навантаження, максимальні еквівалентні напруження при 200 кН становлять близько 681 МПа. Це менше від границі текучості матеріалу оболонки (сталь 60SiCr7). Зниження пікових напружень пояснюється майже повним закриттям зазора та перерозподілом контактного тиску на більшу площу оболонки.

Побудована числова модель дає змогу описати роботу оболонкового демпфера у двох режимах: податливому штатному (зазор відкритий) та адаптивному позаштатному (зазор закривається). Закриття радіального зазора відбувається поступово: спочатку локально, а потім майже по всій поверхні оболонки. Це підвищує ефективну жорсткість системи, перерозподіляє контактний тиск і знижує небезпечні концентрації напружень. Отже, запропонована конструкція здатна поєднувати високу податливість у робочому режимі з безпечним сприйняттям перевантажень. Отримані результати показують, що контакт оболонки з корпусом виконує не лише обмежувальну, але і стабілізувальну функцію, зменшуючи локальні піки напружень у позаштатному режимі.

Література:

1. Velychkovych, A., Mykhailiuk, V., & Andrusyak, A. (2025). Numerical Model for Studying the Properties of a New Friction Damper Developed Based on the Shell with a Helical Cut. *Applied Mechanics*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.3390/applmech6010001>
2. Velychkovych, A., Mykhailiuk, V., & Andrusyak, A. (2025). Evaluation of the Adaptive Behavior of a Shell-Type Elastic Element of a Drilling Shock Absorber with Increasing External Load Amplitude. *Vibration*, 8(4), 60. <https://doi.org/10.3390/vibration8040060>