

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК САЙЛЕНТ-БЛОКІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Александрова О.С., ст. гр. А-51-21,
kovalenkosasha285@gmail.com

Науковий консультант: Мармут І.А., доц., к.т.н.

Вступ. Дорожня безпека транспортного засобу багато в чому визначається надійністю елементів підвіски. У зв'язку з цим визначення технічного стану підвіски в умовах експлуатації є в даний час однією з актуальних задач технічної діагностики. Будь-яка підвіска транспортного засобу включає безліч деталей, що ускладнює проведення її діагностування, а також вимагає високої кваліфікації персоналу і спеціального устаткування.

Найчастіше виявлення несправностей підвіски здійснюється не за діагностичними, а за структурними параметрами технічного стану, що визначаються в ході розбирання і дефектації її деталей. В процесі експлуатації колісних транспортних засобів (КТЗ) також можуть бути дефекти підвіски, які при русі на невеликих і середніх швидкостях не сприймаються водієм. Дана обставина робить виявлення таких дефектів практично неможливим. При русі в більш складних умовах, наприклад, при повороті на високій швидкості такі несправності можуть призвести до раптової відмови підвіски.

В даний час підвіски з поперечними важелями застосовуються на багатьох легкових транспортних засобах. Характерною особливістю важільних підвісок такого типу є установка важелів на сайлент-блоках

На відміну від інших елементів підвіски, що допускають визначення технічного стану органолептичними методами, сайлент-блоки вимагають більш ретельного дослідження, в тому числі і з використанням технічних засобів діагностування. Характеристики сайлент-блоків відрізняються великою чутливістю до відхилень, які виникають при їх монтажі, а також порушенням правил експлуатації, наприклад, рух автомобіля з великою швидкістю по розбитій дорозі.

Щоб визначити технічний стан сайлент-блоків і виявити на ранній стадії майбутню відмову, необхідний об'єктивний метод діагностування з використанням відповідного технологічного устаткування. Розробка методу і обладнання, що його реалізує, а також проведення подальших теоретичних досліджень ґрунтується на результатах експериментів, спрямованих на отримання емпіричних силових характеристик працездатних і непрацездатних сайлент-блоків.

Результати дослідження. Експериментальні дослідження можна проводити на спеціальному стенді. Стенд дозволяє імітувати коливання важеля підвіски, змінювати частоту коливань. Вимірювальна система комплексу дозволяє отримувати силові характеристики випробовуваних сайлент-блоків.

В ході експериментів досліджувалися сайлент-блоки марки ОЕМ 2101-2904043 автомобілів сімейства ВАЗ. Для визначення силової характеристики об'єкта з справним технічним станом було випробувано сорок нових сайлент-блоків, експериментальні дані яких були усереднені.

Аналогічні характеристики були отримані для об'єктів зі зміненим технічним станом, а також для несправних сайлент-блоків (рис. 1). Реєструвалися процеси зміни зусилля на важелі (F, H) при його переміщенні (S, m).

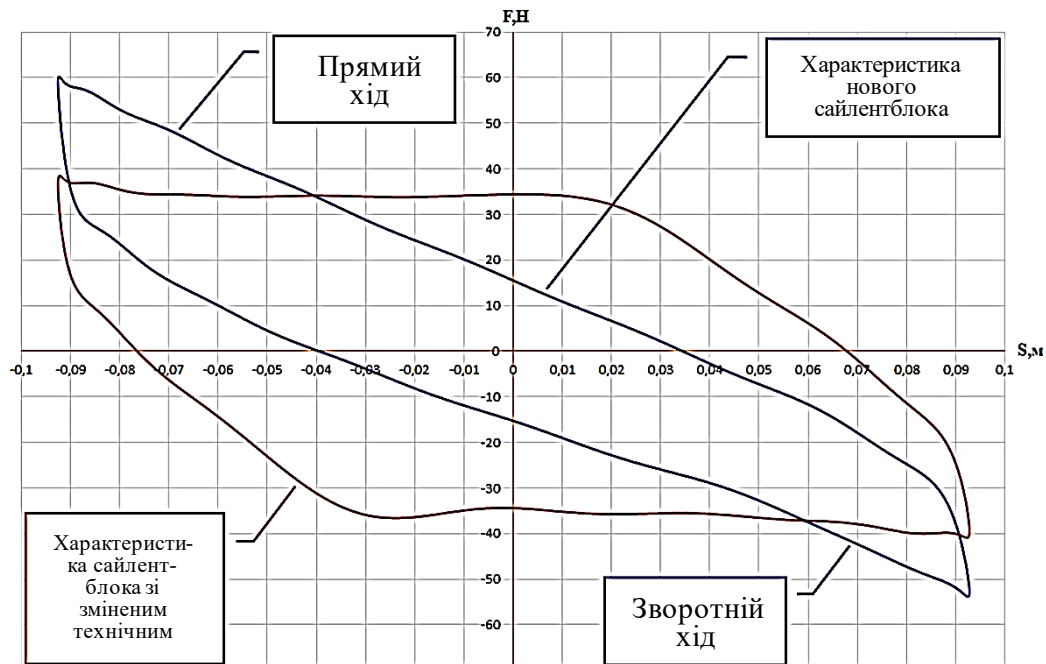


Рис. 1 – Усереднене значення експериментальних даних

Отримані дані в процесі обробки розкладені в ряди Фур'є, що дозволило представити експериментальний сигнал у вигляді амплітудного і фазового спектра. Далі, використовуючи процедуру «синтез Фур'є», по найбільш значущим амплітудам були отримані аналітичні вирази для опису середніх силових характеристик випробовуваних сайлент-блоків. Для синтезування сигналу переміщення досить п'яти гармонік, для сигналу зусилля – п'ятнадцяти гармонік. Синтез сигналу проводиться за наступним виразом:

$$S = \frac{A_0}{2} + \sum_{i=1}^n A_n \cos(n \cdot \omega \cdot t + \varphi_n), \quad (1)$$

де S – сигнал, що синтезується;

A – амплітуда;

φ_n – фаза n -ї гармоніки;

ω – частота.

Результати виконаних експериментальних досліджень є емпіричною основою для розробки математичної моделі функціонування сайлент-блоку

з метою його діагностування. Математична модель для опису роботи справного сайлент-блоку може бути побудована на основі загальноприйнятих теоретичних моделей, що описують роботу полімерів.

Спочатку за основу моделі взята класична модель Максвелла, що складається з пружного елемента і демпфера, яка описує зміну зусилля F_b , що розвивається сайлент-блоком від його деформації, відповідно до виразу:

$$F_b = (C_x \cdot S_{p\,ex} + K_D \cdot \dot{S}_{p\,ex}), \quad (2)$$

де C_x – жорсткість пружного елемента;

$S_{p\,ex}$ – деформація, м;

K_D – коефіцієнт демпфірування;

$\dot{S}_{p\,ex}$ – швидкість деформації, м/с.

Результати розрахунків з використанням виразу (2) показали, що модель Максвелла добре описує гістерезис, який виникає при роботі сайлент-блоку, але одержувана при цьому характеристика має форму симетричного еліпса, що не відповідає отриманим експериментальним характеристикам, які несиметричні щодо центральної осі (рис. 1). З механіки полімерів відомо, що в разі несиметричності характеристики до складу моделі необхідно ввести додатковий елемент, який характеризує внутрішнє тертя, що виникає між молекулами пружного матеріалу. Таким чином, модель справного сайлент-блоку може бути представлена у вигляді сукупності трьох елементів: пружного, демпфуючого і тертя (рис. 2).

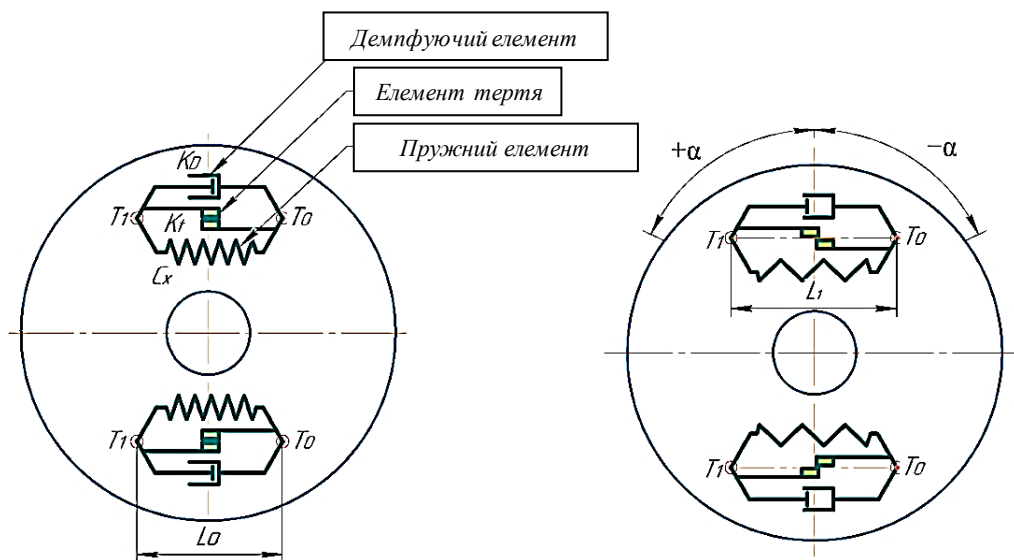


Рис. 2 – Схема математичної моделі сайлент-блоку

В даному випадку математична модель процесу функціонування сайлент-блоку має наступний вигляд:

$$F_b = (C_x \cdot S_{p\,ex} + K_D \cdot \dot{S}_{p\,ex} + K_t \cdot \text{sign}(\dot{S}_{p\,ex})), \quad (3)$$

де C_x – жорсткість пружного елемента;
 S_{pex} – деформація, м;
 K_D – коефіцієнт демпфірування;
 $\dot{S}_{pex}$ – швидкість деформації, м/с;
 K_t – коефіцієнт тертя;
 $sign(\dot{S}_{pex})$ – кусочно-постійна функція.

Вирішуючи представлене рівняння (3), отримані розрахункові залежності зміни зусилля на важелі (F , Н) при його переміщенні (S , м). Порівняння отриманих залежностей з експериментальними даними (рис. 3) показує, що в даному виді модель досить добре описує зміну зусилля при його переміщенні, але при цьому є кількісні відмінності між розрахунком і експериментом. При цьому слід зазначити, що якісний характер розрахункових значень схожий з експериментальними даними.

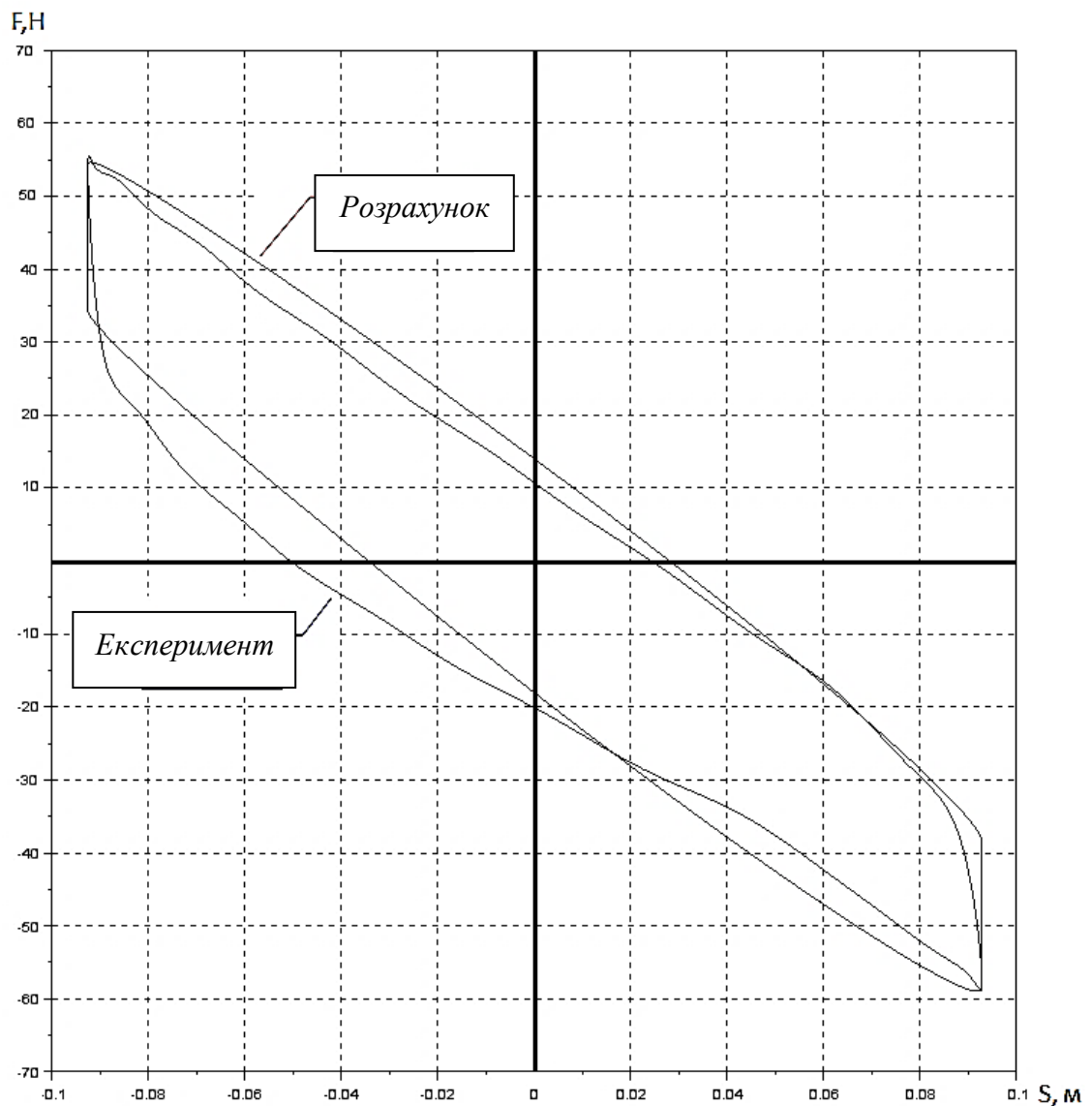


Рис. 3 – Силова характеристика сайлент-блока

Для більш точного опису результатів експериментів з використанням представленої моделі буде потрібно визначити функції, що характеризують зміни коефіцієнтів K_D і K_t від швидкості деформації полімеру S_{pex} . У разі моделювання несправного об'єкта модель повинна враховувати додаткове тертя, що виникає в місцях розриву полімеру, а також тертя між втулкою і пружним матеріалом сайлент-блоку.

Висновки. Таким чином, дана математична модель після доопрацювання може бути використана для опису процесу функціонування сайлент-блоку в підвісці автомобіля в діагностичному режимі, а також для виконання теоретичних досліджень щодо визначення впливу технічного стану гумово-металевих шарнірів підвіски КТЗ на стійкість і керованість його руху.

Література

1. Гольберг И.И. Механическое поведение полимерных материалов (математическое описание). М.: Изд-во Химия, 1970. 192 с.
2. Кулезнев В.Н. Основы физики и химии полимеров. М.: Высшая школа, 1977. 248 с.
3. Федотов А.И., Тихов-Тинников Д.А., Барадиев В.С. Оборудование для экспериментального определения силовых характеристик автомобильных сайлент-блоков // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 8 (115). С. 176–181.