

Методика и апаратура за получаване характеристиките на кормилен хидравличен демпфер

Евгени Соколов^{1,*}

¹Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“, Технически университет - София, България

Резюме: В работата е представен метод на изпитване на кормилни хидравлични демпфери. Описано е тяхното приложение, конструкция и принцип на работа. За получаване на работните диаграми и характеристики на кормилните демпфери, се използва специализирано оборудване за изпитване.

1 Въведение

Демпферите на трептения, каквито са и кормилните демпфери намират широко приложение в транспортните средства. Те се използват в:

- монтажа на двигателя за намаляване на вибрациите предавани към купето на автомобила причинени от двигателя и трансмисията;
- опъващата система на пистовите ремъци на двигателя за намаляване на трептенията и осигуряване на гладко движение в системата;
- инерционната спирачка на ремаркета и платформи за свеждане до минимум пиковите на спирачната сила, като по този начин се предотвратява блокирането на колелата;
- седалката на водача за намаляване на вредните трептения водещи до умора у водача;
- кормилната уредба за намаляване трептенията на кормилното колело и случайното завъртане на предните колела [1].

Курсовата устойчивост на автомобила е експлоатационно свойство, което му осигурява запазване траекторията на движение или нейното възстановяване, след възникване на силово въздействие в странично направление (страничен вятър, неравности по пътя, завъртане на кормилното колело и др.) [2].

За подобряване на курсовата устойчивост се прилагат редица конструктивни решения, едно от които е чрез вграждане на демпфер в кормилната уредба.

Кормилният демпфер компенсира натоваарванията от удари и предотвратява трептенията на кормилното колело. По този начин се увеличава комфорта и безопасността на управление на автомобила. Той трябва да демпфира (намалява) ударните моменти около вертикалната ос на предните колела с еднаква коравина в целия диапазон на хода, като не намалява лекотата на управление на автомобила. При неочаквана поява на различни по големина странични и надлъжни сили върху лявото и дясното предно колело кормилният демпфер трябва да предотврати тяхното

завъртане, а възникващите високи скорости на буталото пораждат големи съпротивителни сили в него, които гасят трептенията.

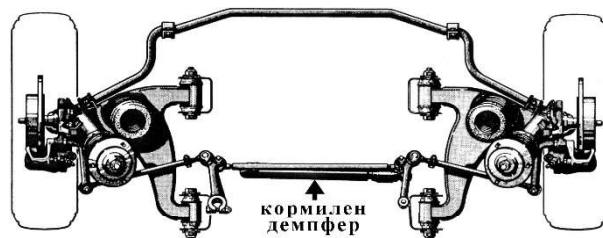
Кормилният демпфер също спомага за предотвратяване на възникващите при определени условия самовъзбуждащи се трептения на управляемите колела наречени шими [3, 4, 5, 6].

Целта на настоящата работа е да се създаде методика и да се получат работни диаграми и характеристики на кормилен демпфер, които могат да бъдат използвани за целите на моделирането на кормилната уредба и автомобила.

2 Изложение

2.1. Обект на изследването

Обект на изследването са кормилни хидравлични демпфери за средно литражен автомобил тип седан на марката Мерцедес-Бенц. На Фиг. 1 е показано местоположението на изследваните кормилни демпфери.



Фиг. 1. Местоположение на изследваните кормилни демпфери [4].

Изследвани са два демпфера от един и същи тип за този автомобил, които са показани на Фиг. 2. Единият е за първоначално вграждане в автомобила (Фиг. 2а), а другия е на алтернативен производител (Фиг. 2б). Кормилният хидравличен демпфер е без налягане,

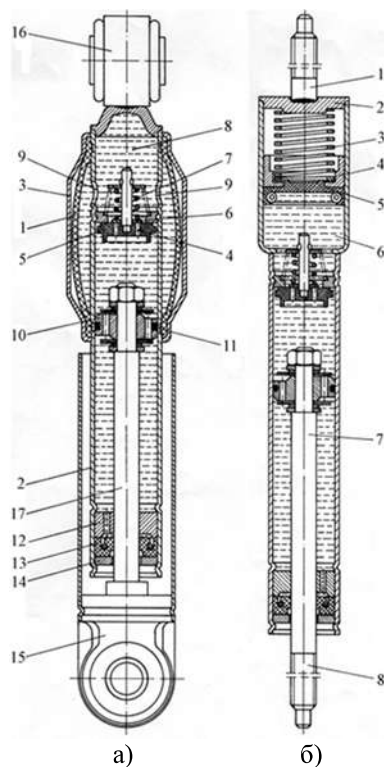
* Corresponding author: evg_sok@tu-sofia.bg

поради което няма изтласкваща и издърпваща сила. Той има директно моментално демпфиране. Силите на съпротивление по време на свиване и разтягане трябва да са равни и да достигат големи стойности дори при ниски скорости на буталото. Конструкцията му е едно тръбна с компенсираща камера.



Фиг. 2. Общ вид на изследваните кормилни демпфери.

На Фиг. 3а е представена конструкцията на изпитваните кормилни демпфери, която е една от най-често срещаните. Двата края на еластичната тръба 1 са фиксирани към цилиндъра 2 чрез свиване на краищата на защитната тръба 3. За да се подобри надеждността на херметизация и предотвратяване на движението на еластичната тръба в зоната на фиксиране върху цилиндъра 2 са направени канали. В хода на свиване, когато буталния прът 17 се придвижи, маслото протича през двата отвора 4 в корпуса на клапана 5, повдигайки клапанната клапа 6, върху която действа пружината 7 и преминава в междинната камера 8. Компенсиращата камера се формира от кухината между еластичната тръба 1 и защитната тръба 3. Когато маслото се изпомпва от междинната камера 8 през отворите 9, еластичната тръба 1 се разширява. Противоположно в бутало 10 са разположени два еднопосочни клапана, които действат при свиване и разтягане. Буталото е уплътнено към цилиндъра 2 чрез пръстена 11. В края на цилиндъра водачът 12 на пръта 17, уплътнението 13 и опорния диск 14 се фиксират между две свивания на тръбата 2. Надлъжният отвор във водачът е за изравняване на налягането. Закрепването на кормилния демпфер се извършва посредством шарнирните уши 15 и 16. При тази конструкция кормилният демпфер трябва да бъде колкото е възможно по къс, което почти не зависи от хода. За увеличаването на хода се изисква удължаване на еластичната тръба 1 и на защитната тръба 3. Удължаването на тръбата 3 понякога е нежелателно поради липса на пространство. По рационално в такива случаи е да се използва конструкцията показана на фигура 3б. Тя е със същите функционални части. Компенсиращата камера 6 е надлъжна с разделяща втулка 5, разположена е в края на цилиндъра и има увеличен диаметър в сравнение с него. В хода на свиване на пръта 7, разделящата втулка се премества преодолявайки силата на пружината 3. Коравината на тази пружина се изчислява така, че при малко налягане в камерата 6 прътът 7 не се изтласква. Положението на разделящата втулка в цилиндъра се фиксира от водача 4. За монтиране на кормилния демпфер има резбови шпилки 1 и 8, едната от които е заварена към капака 2 на цилиндъра [3, 4].



Фиг. 3. Конструкции на кормилни хидравлични демпфери.

2.2 Методика и апаратура

Апаратурата, използвана за получаване на характеристиките и работните диаграми на кормилните демпфери, е специализиран стенд за изпитване на демпфери намиращ се в лаборатория „Динамика на автомобила, трактора и кара“ в катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“ при ТУ-София. Стенда е Intercomp®, модел Shock Dyno – Hi Speed показан на Фиг. 4. Движението на буталото на кормилния демпфер монтиран върху стенда за изпитване се извършва по точен синусоидален закон, осигурен от задвижващия кулисен механизъм с праволинейна кулиса на стенда [7, 8].



Фиг. 4. Апаратура за изпитване на хидравлични кормилни демпфери: 1. Кормилен демпфер; 2. Стенд за изпитване на демпфери; 3. Преносим компютър.

Фабрично стендът е окомплектован с възприемател за преместване, с възприемател за сила, с термодвойка, с устройство за събиране на данни на фирмата National Instruments® тип USB-6009 DAQ и с преносим компютър с инсталиран специализиран софтуер на фирма Intercomp® за запис и визуализация на характеристиките на изпитваният кормилен демпфер. Законите за пътя, за скоростта и ускорението на относителното преместване на буталото на кормилния демпфер спрямо цилиндъра му в аналитичен вид са следните:

$$z = z_0 \sin \omega t; \quad (1)$$

$$v = \dot{z} = \omega z_0 \cos \omega t; \quad (2)$$

$$a = \ddot{z} = -\omega^2 z_0 \sin \omega t. \quad (3)$$

Амплитудата на скоростта е:

$$v_0 = \omega z_0 = 2\pi f z_0, \quad (4)$$

където z_0 е амплитуда на преместване на буталото спрямо цилиндъра на демпфера, m; ω – кръгова честота, rad/s; f – честота, Hz.

Методика на експеримента:

1. Долното монтажno приспособление на стенда се премества в долно мъртво положение чрез софтуерна команда.

2. Кормилния демпфер се разпъва до крайно положение и след това се свива около 3 cm (за да се избегне изчерпването на хода по време на експеримента).

3. Кормилния демпфер се монтира към долното и горното монтажno приспособление.

4. Избира се режим на изпитване (серия от различни скорости при избран постоянен ход).

5. Кормилния демпфер се загрява до работна температура по някои от следните начина – работа до достигане на определена температура, отчитана от термодвойка поставена на тялото на кормилния демпфер или работа за определено време с избрана честота.

6. Стенда се стартира в режим на изпитване.

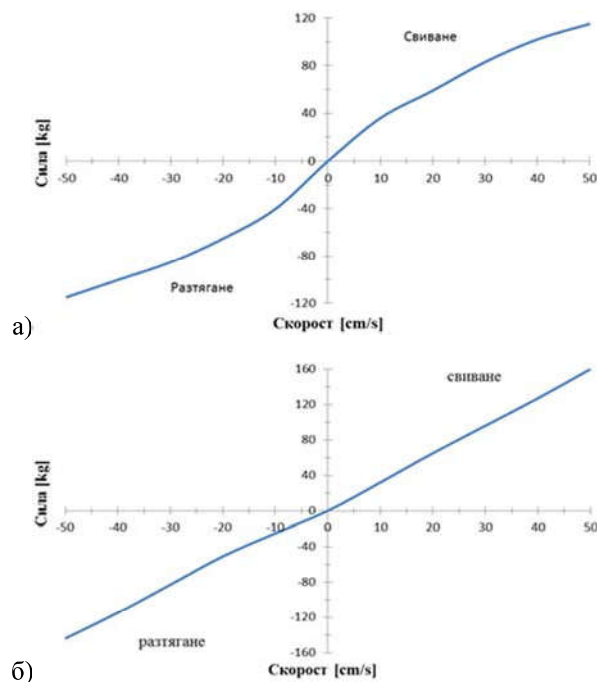
7. След спиране на стенда получените резултати се записват и точки от 4 до 7 се повтарят.

2.3. Получени резултати

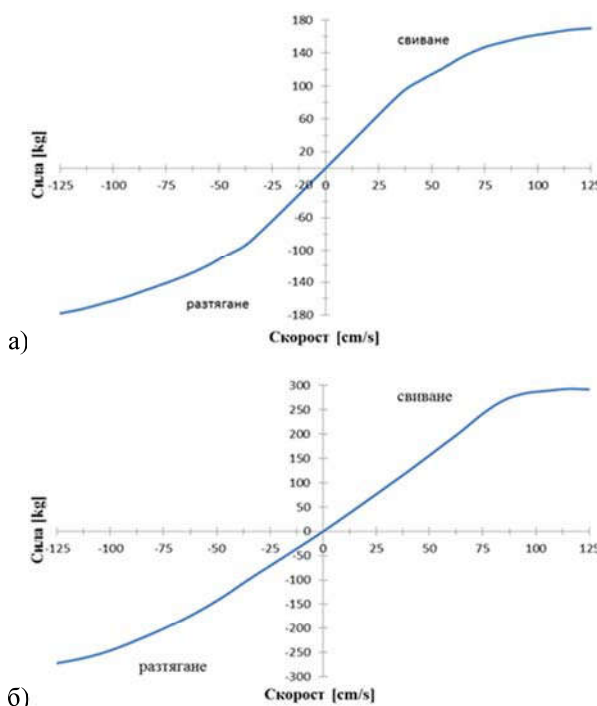
Получените характеристики на изследваните кормилни демпфери при избран ход на буталото $\pm 2,5$ cm и скорост изменяща се през 10 cm/s в интервала от 10 cm/s до 50 cm/s са показани на фигура Фиг. 5. На Фиг. 5а са на демпфера за първоначално вграждане, а на Фиг. 5б на демпфера на алтернативен производител.

На Фиг. 6 са показани получените характеристики при избран ход на буталото $\pm 2,5$ cm и скорост изменяща се през 10 cm/s в интервала от 35 cm/s до 125 cm/s. По абсцисната ос на характеристиките е нанесена скоростта на относителното преместване на буталото на кормилния демпфер спрямо цилиндъра

му. По ординатната ос с положителен знак е нанесена силата, създавана от демпфера при свиване, а с отрицателен знак силата при разтягане.



Фиг. 5. Характеристики на кормилен демпфер за скорост от 10 cm/s до 50 cm/s: а) демпфер за първоначално вграждане; б) демпфер на алтернативен производител.

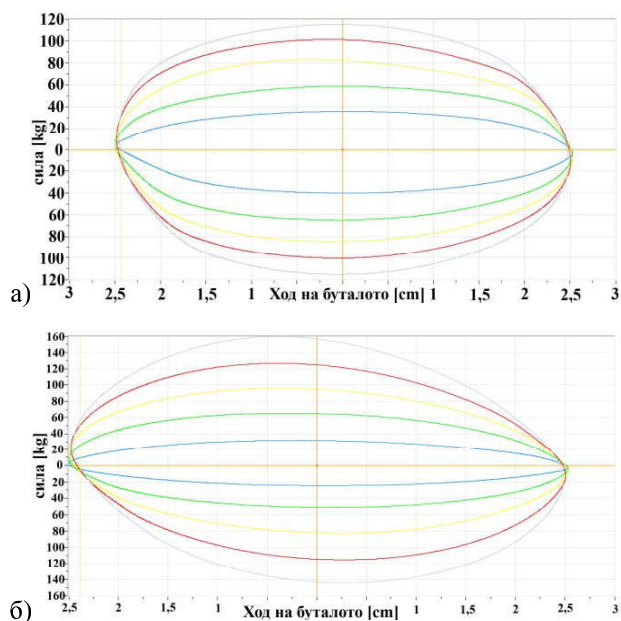


Фиг. 6. Характеристики на кормилен демпфер за скорост от 35 cm/s до 125 cm/s: а) демпфер за първоначално вграждане; б) демпфер на алтернативен производител.

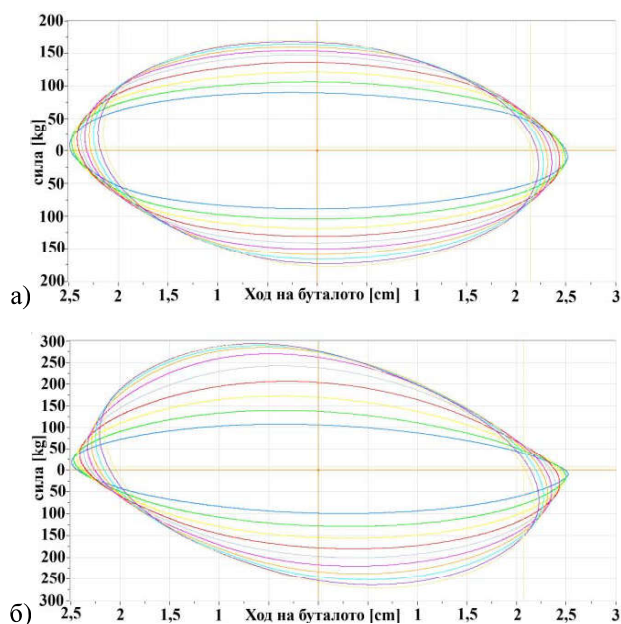
От характеристиките се вижда, че при ниски скорости на преместване на буталото в интервала от 10 cm/s до 35 cm/s силата, създавана от кормилния демпфер за първоначално вграждане, е по голяма.

В интервала от 35 cm/s до 125 cm/s силата, създавана от демпфера на алтернативния производител е значително по голяма. В целия интервал на изменение на скоростта от 10 cm/s до 125 cm/s кормилният демпфер на алтернативния производител има ясно изразена несиметрия на създаваната сила при свиване спрямо тази при разтягане.

Получените работни диаграми на изследваните кормилни хидравлични демпфери при избран ход на буталото ± 2,5 cm и скорост изменяща се през 10 cm/s в интервала от 10 cm/s до 50 cm/s са показани на Фиг. 7.



Фиг. 7. Работни диаграми на кормилен демпфер за скорост от 10 cm/s до 50 cm/s: а) демпфер за първоначално вграждане; б) демпфер на алтернативен производител.



Фиг. 8. Работни диаграми на кормилен демпфер за скорост от 35 cm/s до 125 cm/s: а) демпфер за първоначално вграждане; б) демпфер на алтернативен производител.

На Фиг. 8 са показани получените работни диаграми при избран ход на буталото ± 2,5 cm и скорост изменяща се през 10 cm/s в интервала от 35 cm/s до 125 cm/s

Коефициентът на съпротивление на кормилния демпфер β е равен на средноаритметичната стойност на съпротивителната сила F_{cp} върху скоростта на преместване на буталото:

$$\beta = \frac{F_{cp}}{v}; \tag{5}$$

$$F_{cp} = \frac{F_{св} + F_{раз}}{2}, \tag{6}$$

където $F_{св}$ е силата на съпротивление на кормилния демпфер при свиване; $F_{раз}$ – силата на съпротивление на кормилния демпфер при разтягане.

Коефициентът на асиметрия на кормилния демпфер е

$$k = \frac{F_{раз}}{F_{св}}. \tag{7}$$

В Таблицы 1 и 2 са дадени определените коефициенти на съпротивление и коефициенти на асиметрия на кормилният хидравличен демпфер за първоначално вграждане при различни скорости на буталото.

Таблица 1. Коефициенти на демпфер за първоначално вграждане за скорост от 10 cm/s до 50 cm/s.

v, cm/s	F_{cp} , kg	β	k
10	38	230	1,111111
20	62	252,5	1,101695
30	84	280	1,024096
40	101	310	0,980392
50	115	380	1

Таблица 2. Коефициенти на демпфер за първоначално вграждане за скорост от 35 cm/s до 125 cm/s.

v, cm/s	F_{cp} , kg	β	k
35	89	254,2857	0,977778
45	105,5	234,4444	0,971963
55	120	218,1818	0,983471
65	133,5	205,3846	0,963235
75	144	192	0,959184
85	152	178,8235	0,974026
95	159,5	167,8947	0,99375
105	165	157,1429	1,012195
115	170,5	148,2609	1,029762
125	174	139,2	1,047059

В Таблицы 3 и 4 са дадени определените коефициенти на съпротивление и коефициенти на асиметрия на кормилният хидравличен демпфер на алтернативен производител при различни скорости на буталото.

Таблица 3. Коэффициенты на демпфер на алтернативен производител за скорост от 10 cm/s до 50 cm/s.

v , cm/s	F_{cp} , kg	β	k
10	28,5	285	0,78125
20	58	290	0,784615
30	89,5	298,3333	0,864583
40	121	302,5	0,905512
50	152	304	0,9

Таблица 4. Коэффициенты на демпфер на алтернативен производител за скорост от 35 cm/s до 125 cm/s.

v , cm/s	F_{cp} , kg	β	k
35	103,5	295,7143	0,916667
45	134,5	298,8889	0,921429
55	164,5	299,0909	0,901734
65	193	296,9231	0,873786
75	221,5	295,3333	0,830579
85	245	288,2353	0,814815
95	261	274,7368	0,838028
105	271	258,0952	0,875433
115	278,5	242,1739	0,901024
125	282	225,6	0,931507

3 Заключение

Представената методика дава възможност за получаване на работни диаграми и характеристики на кормилни хидравлични демпфери. Получените характеристики могат да бъдат използвани при съставяне на модели на автомобилно кормилно управление с цел повишаване на комфорта и безопасността на управление.

Литература

1. В. Heißing, М. Ersoy, *Chassis Handbook*, Vieweg+Teubner Verlag, Springer, (2011)
2. Х. Изполдзийска, Н. Павлов, Л. Кунчев, Опитно определяне на курсовата устойчивост на автомобил, *Научни трудове на Русенския университет*, **51**(4), 78-82, (2012)
3. Й. Раймпел, *Шасси автомобиля: Рулевое управление*, Москва, Машиностроение, (1987)
4. J. Reimpell, H. Stoll, J. Betzler, *The automotive chassis: engineering principles*, Second edition, Butterworth-Heinemann, (2001)
5. А. Литвинов, Я. Фаробин, *Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств*, Москва, Машиностроение, (1989)
6. S. Dutta, S. Choi, Control of a shimmy vibration in vehicle steering system using a magneto-rheological damper, *Journal of Vibration and Control*, 1–11, August 30, (2016)

7. Н. Павлов, Методика и апаратура за получаване характеристиките на регулируеми хидравлични амортизъори, *ЕКО-ВАРНА*, 41-47, (2015)
8. N. Pavlov, Influence of the shock absorber temperature on the vehicle ride comfort and road holding, *BulTrans-2017*, (2017)

A method and test equipment for obtaining characteristics of steering hydraulic damper

Evgeni Sokolov¹

¹Department Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport, Faculty of Transport, Technical University - Sofia, Bulgaria

Abstract: In the paper is presented a method of testing of steering hydraulic dampers. Their application, construction and principle of operation are described. To obtain the working diagrams and characteristics of the steering dampers, specialized testing equipment is used. Obtained from the test, working diagrams and characteristics are shown and analysed.