

Изследване влиянието на параметрите на хидравлично спирачно задвижване върху ефективността на колесни спирачни механизми

Евгени Соколов^{a)}, Диана Дацова

*Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“, Технически университет - София,
бул. „Климент Охридски“ 8, София 1000*

^{a)} evg_sok@tu-sofia.bg

Резюме. В работата се изследва влиянието на параметрите на хидравлично спирачно задвижване, при различни начални температури на въртящите се части на спирачните механизми, върху ефективността на колесните спирачни механизми. Извършени са лабораторни изпитвания на колесни спирачни механизми върху инерционен лабораторен стенд, оборудван с необходимата контролно-измервателна апаратура. Получените резултати от лабораторните изпитвания са обработени и анализирани.

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременният динамично развиващ се свят, безопасността на движението трябва да се запазва при постоянно повишаващите се интензивност на движението на автомобилния транспорт, маса и скорост на движение на транспортните средства. Това предявява високи изисквания към спирачната ефективност на автомобилите и увеличаване на натоварването на колесните спирачни механизми [1]. Спирачния механизъм е предназначен за създаване и поддържане на съпротивление при движението на автомобила. Най-разпространени са фрикционните спирачни механизми, които работят на принципа на триенето на въртящи се в невъртящи се детайли. По форма на въртящите се детайли спирачните механизми се делят на барабани и дискови. Те представляват изпълнителните механизми на спирачната уредба, които преобразуват кинетичната енергия на движещото се превозно средство, чрез процеса на триене, в топлина. В своето развитие спирачните механизми претърпяват много конструктивни и технологични промени за усъвършенстване отвеждането на топлина и осигуряване на надеждност, издръжливост и постоянни сили на триене при най-тежките условия на механично и термично натоварване на фрикционните накладки в работни среди, където температурите могат да надвишат 800 °C [2, 3, 4]. Работите по усъвършенстване на колесните спирачни механизми са свързани с тяхното изпитване, което може да бъде пътно или лабораторно. Лабораторното стендово изпитване дава възможност за най-пълно изследване на ефективността на колесните спирачни механизми, като се осигурява постоянен спирачен момент и спирачно закъснение в зависимост от силата върху органа за управление – спирачния педал [5, 6]. С повишаването на изискванията към екология и чисти технологии изследванията в областта на колесните спирачни механизми са насочени предимно към: разработване на нови фрикционни материали; конструкции на спирачни дискове с подобро топлоотвеждане; намаляване на напречните и тангенциални вибрации при спиране и намаляване на спирачния шум, чрез равномерно разпределяне на натиска на фрикционните накладки към спирачните дискове [7, 8].

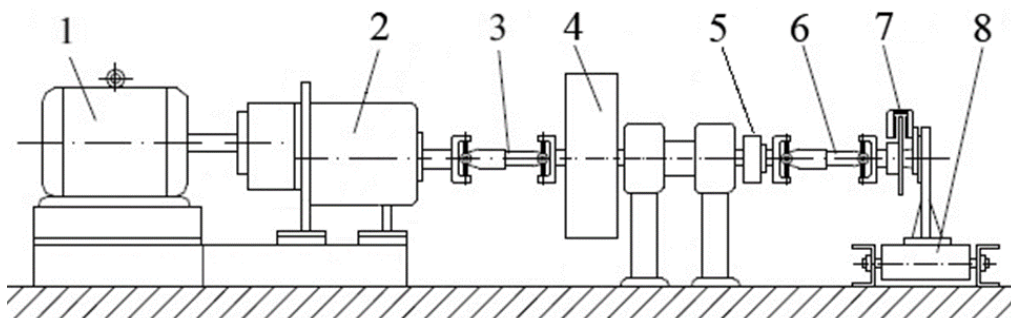
Целта на настояща работа е да се изследва влиянието на параметрите на хидравлично спирачно задвижване при различна температура на въртящите се части на спирачните механизми върху ефективността на колесните спирачни механизми.

МЕТОДИКА И АПАРАТУРА

За постигане на целта ще се използва инерционен лабораторен стенд за изпитване на колесни спирачни механизми оборудван с необходимата контролно-измервателна апаратура.

Принципна схема на инерционния лабораторен стенд е представена на Фиг. 1. Стендът се задвижва от електродвигателя 1, посредством вал движението се предава на редуктор 2, от него чрез карданно предаване 3 се задвижва маховикът 4. От вала на маховика се задвижват въртящите части на барабания колесен спирачен механизъм 5, от тях посредством карданно предаване 6 се задвижват въртящите се части на дисковия колесен спирачен механизъм 7. Карданното предаване 6 е нужно, тъй като за измерване на спирачния момент, създаван от дисковия колесен спирачен механизъм служи балансирното устройство 8.

Стендът работи по следният начин: Задвижващия електродвигател 1 се развърта до определени обороти. След достигане на зададените обороти системата за автоматично управление изключва електродвигателя и движението се осъществява от инерционния момент на маховика 4. Спирането на движението става чрез задействане на един от колесните спирачни механизми. След известно време автоматичното управление включва отново електродвигателя и цикъла се повтаря.

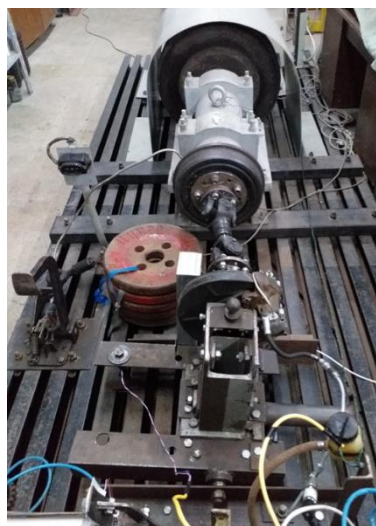


ФИГУРА 1. Принципна схема на инерционен лабораторен стенд за изпитване на колесни спирачни механизми.

1 – електрически двигател; 2 – редуктор; 3, 6 – карданно предаване; 4 – маховик;
5 – барабанен спирачен механизъм; 7 – дисков спирачен механизъм; 8 – балансирно устройство.

Контролно-измервателната апаратура, с която е оборудван инерционния стенд за изпитване на колесни спирачни механизми, дава възможност за следене и постоянен запис на: оборотите на задвижващия вал на барабана или диска на колесния спирачен механизъм; налягането на работния флуид в спирачното задвижване; температурата; силата върху органа за управление на спирачния механизъм; спирачния момент.

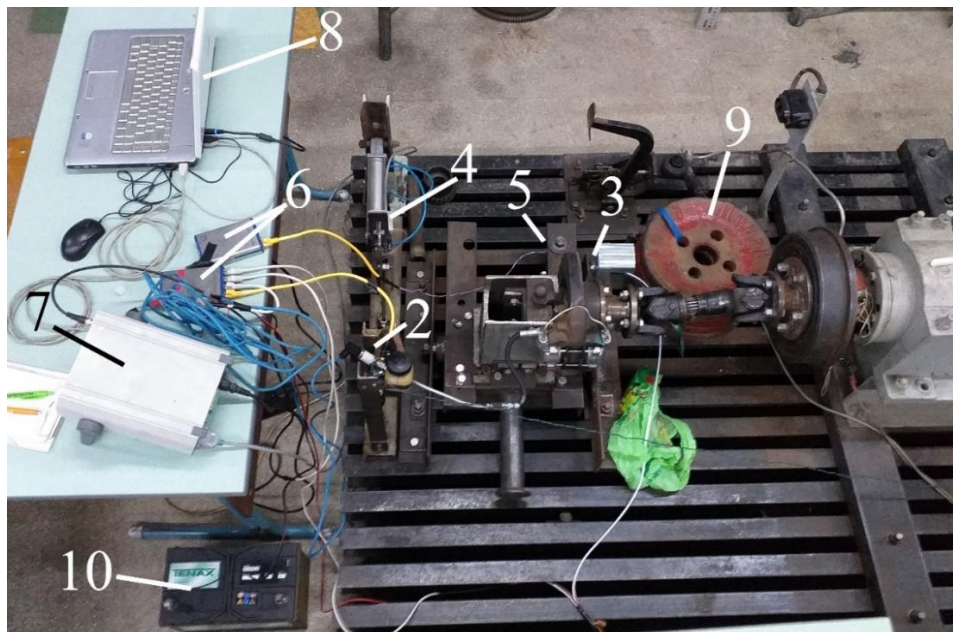
На фигури 2, 3 и 4 е представен оборудвания с контролно-измервателна апаратура инерционен лабораторен стенд за изпитване на колесни спирачни механизми.



ФИГУРА 2. Общ вид на инерционния лабораторен стенд за изпитване на колесни спирачни механизми.



ФИГУРА 3. Тахогенератор (1), монтиран на вала на електродвигателя на инерционния лабораторен стенд.



ФИГУРА 4. Инерционен лабораторен стенд за изпитване на колесни спирачни механизми
 2 – възприемател за налягане; 3 – термометър инфрачервен (безконтактен);
 4, 5 – възприемател за сила – тензометричен (резисторен тензовъзприемател);
 6 – DAQ (Системи за събиране на данни); 7 – тензометричен усилвател;
 8 – PC (преносим компютър); 9 – тежести за калибриране на възприемателите за сила;
 10 – захранващ блок.

След оборудване на стенда с контролно-измервателна апаратура, колесните спирачни механизми се подготвят за изпитване. Прави се проверка, калибриране и тариране на всички възприематели и се провеждат контролни изпитвания.

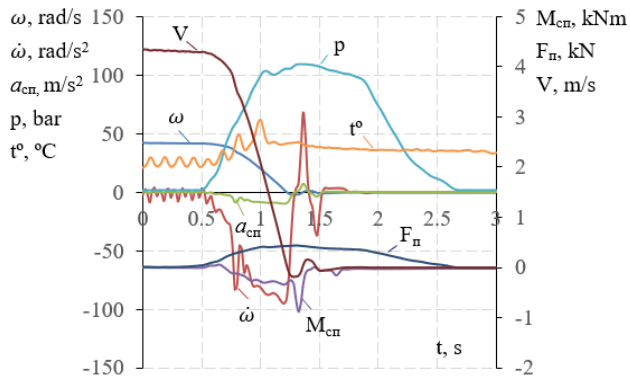
ИЗВЪРШВАНЕ НА ЛАБОРАТОРНИ ИЗПИТВАНИЯ НА КОЛЕСНИ СПИРАЧНИ МЕХАНИЗМИ С ХИДРАВЛИЧНО ЗАДВИЖВАНЕ НА ИНЕРЦИОНЕН СТЕНД

Включва се захранването на стенда и автоматичното устройство за управлението му. Стартира се програмата за визуализация и запис на данните от възприемателите. След достигане на зададените обороти, автоматичното устройство изключва задвижващия електродвигател и се задейства органа за управление на колесния спирачен цилиндър, докато движението на стенда спре. След като движението на стенда спре, програмата за визуализация и запис на данни се спира и се прави запис на получените данни.

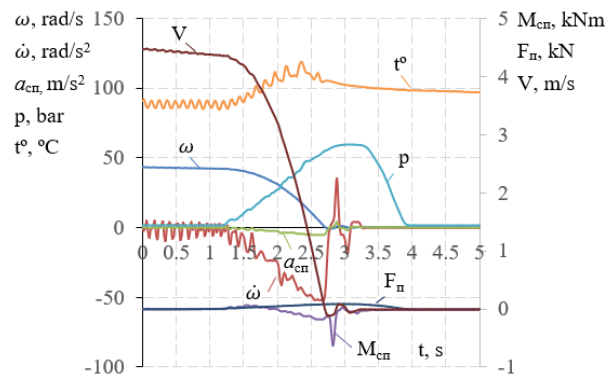
ОБРАБОТКА И АНАЛИЗИРАНЕ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ ОТ ЛАБОРАТОРНИТЕ ИЗПИТВАНИЯ

Обработката на данните се извършва с коефициентите, получени при калибрирането на възприемателите. Това е необходимо, за да се получат реалните стойности на параметрите на хидравлично спирачно задвижване на колесни спирачни механизми и температурата на спирачния диск. С получените стойности за честотата на въртене на вала на тахогенератора (оборотите), се изчислява ъгловата скорост, ъгловото ускорение, линейното спирачно закъснение и скоростта на автомобила, от която е започнало спирането. На фигури от 5 до 12 са представени графики на получените резултати.

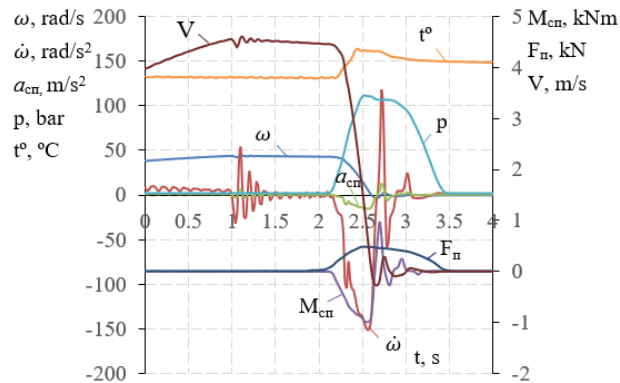
На фигурите са използвани следните означения: ω е ъгловата скорост, rad/s; $\dot{\omega}$ – ъглово ускорение, rad/s²; $a_{сп}$ – спирачно закъснение, m/s²; $M_{сп}$ – спирачен момент, kNm; p – налягане, bar; t° – температура, °C; F_n – силата, приложена върху спирачния педал, kN; V – скорост, m/s; t – време, s.



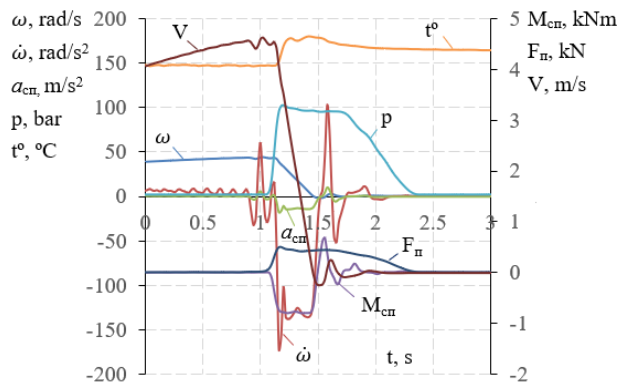
ФИГУРА 5. Спиране от 25 °C с бързо натискане на органа за управление на колесния спирачен цилиндър.



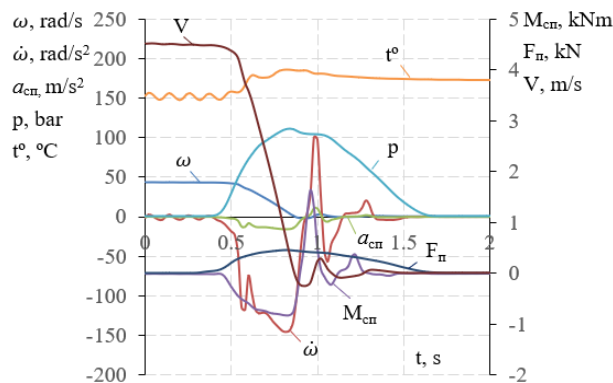
ФИГУРА 6. Спиране от 90 °C с плавно натискане на органа за управление на колесния спирачен цилиндър



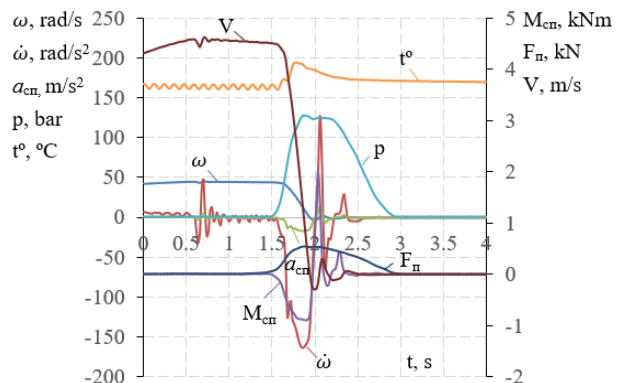
ФИГУРА 7. Спиране от 130 °C с бързо натискане на органа за управление на колесния спирачен цилиндър.



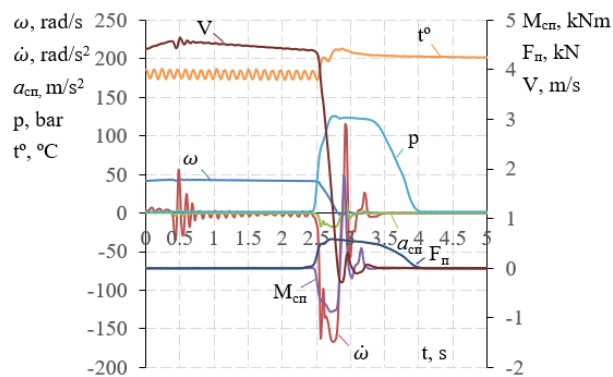
ФИГУРА 8. Спиране от 150 °C с бързо натискане на органа за управление на колесния спирачен цилиндър.



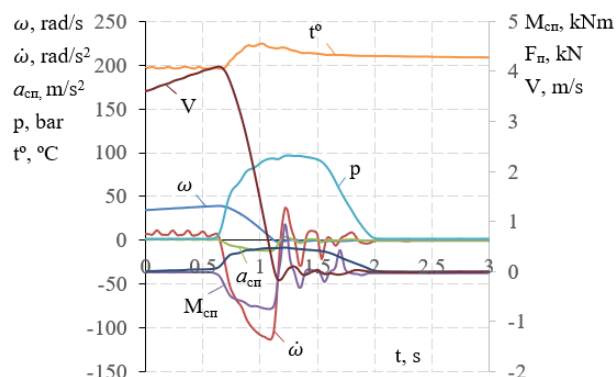
ФИГУРА 9. Спиране от 150 °C с плавно натискане на органа за управление на колесния спирачен цилиндър.



ФИГУРА 10. Спиране от 160 °C с бързо натискане на органа за управление на колесния спирачен цилиндър.



ФИГУРА 11. Спиране от 180 °C с бързо натискане на органа за управление на колесния спирачен цилиндър.



ФИГУРА 12. Спиране от 200 °C с плавно натискане на органа за управление на колесния спирачен цилиндър.

От представените графики на получените резултати от лабораторни изпитвания се вижда, че спирачния момент $M_{сп}$ и спирачното закъснение $a_{сп}$ имат високи стойности при високи стойности на налягането на работния флуид в спирачното задвижване и силата върху органа за управление – спирачния педал. Високите стойности на спирачния момент $M_{сп}$ и спирачното закъснение $a_{сп}$ се запазват и при спиране с начална температура от 200 °C на спирачния диск.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Най-голямо влияние върху ефективността на колесните спирачни механизми с хидравлично задвижване, характеризираща се с постоянен спирачен момент и постоянно спирачно закъснение, оказва налягането на работния флуид на колесния спирачен цилиндър, определящо силата на притискане на фрикционните накладки към спирачния диск. В изследвания температурен диапазон от 25÷200 °C се забелязва запазване на спирачния момент и респективно на спирачното закъснение при спиране.

Резултатите от изследванията ще се използват и в учебния процес на катедра „ДАТТ“ към Факултета по транспорт на Технически университет - София, по дисциплините „Изпитване на автомобила“, „Конструкция на автомобила“, „Теория на автомобила“ и др., изучавани в няколко специалности.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани по договор № 21 ППР0009-04 от Вътрешния конкурс на Технически университет - София, 2021 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правило № 13 на Икономическата комисия за Европа на Организацията на обединените нации – единни предписания за одобряването на превозни средства от категории М, N и O по отношение на спирането [2016/194].
2. Л. К. Найденов, С. А. Нейков, *Автомобили*, (Техника, София, 1990).
3. Й. Н. Димитров, *Теория на автомобила трактора и кара*, (Техника, София, 1991).
4. A. J. Day, *Braking of Road Vehicles*, (Butterworth-Heinemann, 2014).
5. Е. П. Морчев, *Проектиране и конструиране на автомобила*, (Техника, София, 1983).
6. К. Е. Вълчев, *Изпитване на автомобила, трактора и кара*, (Техника, София, 1979).
7. J. Badertscher and K. A. Cunefare, “Experimental investigation of dither control on effective braking torque”, *SAE Technical Paper 2003-01-1617*, (2003).
8. T. Budinsky, P. Brooks and D. Barton, “A new prototype system for automated suppression of disc brake squeal”, *Proc. of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* **235**(5), pp. 1423–1433 (2021).

Study the Impact of Hydraulic Brake Actuation Parameters on the Efficiency of Wheel Brake Mechanisms

Evgeni Sokolov^{a)}, Diana Dacova

*Department of Combustion Engines, Automotive Engineering and Transport,
Technical University of Sofia, Bulgaria,
8, Kliment Ohridski, Blvd., 1000 Sofia*

^{a)} Corresponding author: evg_sok@tu-sofia.bg

Abstract. In this paper the impact of the parameters of hydraulic brake actuation system at different temperatures of the rotating parts of the brakes on the efficiency of the brake mechanisms is examined. Laboratory tests of wheel brake mechanisms on inertial laboratory test bench equipped with the control and measuring equipment are performed. The results of laboratory tests are processed and analyzed.