

Методика за привеждане на пътното изпитване на колесни спирачни механизми на леки автомобили в съответствие с предписанията на правила № 13 и 13Н на ИКЕ на ООН към лабораторно изпитване върху стенд

Данаил Хлебарски, Лило Кунчев

Method for reducing of road tests of wheel brakes of passenger cars in conformity with regulations no. 13 and 13-H of ECE of UN to inertia dynamometer tests: A method of determination of a laboratory test stand parameters and the working regimes for testing wheel brakes of passenger cars in conformity with the ECE of UN Regulations No. 13 and 13-H is proposed. With the help of the dependences suggested, the parameters and the working regimes of a laboratory test stand for testing wheel brakes of a real passenger car are specified. The proposed method may be used in the tests of the effectiveness of the brake systems of vehicles of other categories and the approval of replacement brake lining assemblies and drum brake linings in conformity with the Regulation No. 90 of ECE of UN.

Key words: mean full developed deceleration, type-0 test, type-I test, rotational inertia, rotational speed, number of revolutions during a stop, inertial test stand, brake effectiveness, brake wear.

ВЪВЕДЕНИЕ

Тенденцията за увеличаване на масата и повишаване на скоростите на движение на пътните превозни средства и интензивността на транспортните потоци водят до увеличаване на натоварването на спирачните механизми, представляващи изпълнителните механизми на спирачната уредба, които поглъщат част от механичната енергия на пътното превозно средство и я преобразуват в топлинна.

Работите по усъвършенстване на колесните спирачни механизми са неизменно свързани с тяхното изпитване, което може да бъде пътнo и лабораторно.

От техническа и организационна гледна точка провеждането на лабораторното изпитване е по-евтино и лесно осъществимо от пътното, т.к. за лабораторното е необходим само един спирачен механизъм, а не самото пътнo превозно средство. Резултатите от серия лабораторни изпитвания са по-сравними от пътните, т.к. се провеждат на стационарно оборудване при стационарни лабораторни условия и не се влияят от промените на климатичните условия, състоянието на пътното покритие, на пътното превозно средство, на водача и т.н., а при съответната им автоматизация входните параметри в процеса на провеждането им се въвеждат без участието на оператор.

При лабораторното изпитване процесите се моделират с помощта на различни приспособления и стендове в лабораторни условия. Моделирането не винаги е с достатъчна точност, но въпреки това лабораторното изпитване се прилага широко в практиката на заводите-производители, научно-изследователските организации и др. Използваните стендове дават възможност за най-пълно изследване на такива характеристики и параметри на спирачната уредба, като ефективността при спиране, енергоемкостта на спирачните механизми, износостойчивостта на триещите се материали, шума при спиране и др.

На отделните етапи на разработване и производство на колесните спирачни механизми се провеждат различни видове изпитване, които по степента на разширяване на пълнотата и достоверността на моделиране на експлоатационните режими на работа биват:

1. Лабораторно изпитване с използване на образци на триещите се материали. Провежда се на специални машини за триене на етапите на разработване на нови и при контролни изпитвания на серийно произвеждани изделия.

2. Лабораторно стендово изпитване на реалните колесни спирачни механизми на стационарно оборудване, позволяващо възпроизвеждането на основните

принципни особености на работата им в експлоатационни условия. Стендовото изпитване дава най-широки възможности за изследване на реалните възли и се прилага при оценка на ефективността на колесните спирачни механизми, зависимостта ѝ от статични, динамични и топлинни натоварвания, износостойчивостта на триещите се повърхности.

3. Натурно изпитване на реалните колесни спирачни механизми в състава на обекта, за който те са предназначени (т.е. пътното превозно средство). От различните видове натурни изпитвания, в зависимост от мястото на провеждането и от особеностите на програмата на изпитанието – пътнo, полигонно, полево и експлоатационно, най-съвършен вид изпитване за определяне на реалните стойности на експлоатационните показатели на колесните спирачни механизми е пътното изпитване.

Натурното изпитване позволява най-пълно отчитане на реалните условия на експлоатация, като спирачната уредба се проверява на самото пътнo превозно средство при взаимодействието ѝ с всичките останали елементи – двигател, трансмисия, гуми и т.н.

С цел да се постигне сравнимост на свойствата на спирачните уредби на различни пътнi превозни средства, техническите изисквания към нея са стандартизирани на международно ниво.

Основното международно предписание, регламентиращо изискванията към спирачните уредби на пътните превозни средства, е Правило № 13 на Икономическата комисия за Европа (ИКЕ) на ООН. Правило № 13 лежи в основата на директивите на Европейския съюз и националните стандарти на отделните страни. Пряко с него са свързани Правило № 13Н на ИКЕ на ООН, отнасящо се за спирачните свойства на леките автомобили. Подобряването на спирачните свойства на пътните превозни средства е свързано с подобряване на конструкцията на спирачната уредба и внедряване на нови фрикционни материали. Свойствата на фрикционните материали на челюстите на колесните спирачни механизми са обект на Правило 90 на ИКЕ на ООН.

В правила № 13, 13Н и 90 на ИКЕ на ООН, на базата на опита от експлоатацията на пътните превозни средства, са дадени основни препоръки относно свойствата на спирачните им уредби и на фрикционните материали на челюстите им и методите, по които те да се проверяват. За тази цел се препоръчват три типа изпитване: тип нула, тип I и тип II.

Съгласно Правила № 13, 13Н и 90 на ИКЕ на ООН, за проверка на свойствата на спирачните уредби на пътните превозни средства и на фрикционните материали на челюстите им са подходящи пътното и лабораторното изпитване.

В Правила № 13 и 13Н са указани условията, при които се провежда пътното изпитване на пътните превозни средства за определяне на ефективността на спирачните им уредби и лабораторното изпитване за оценка на ефективността на колесните спирачни механизми. Съгласно тези правила, лабораторното изпитване на колесните спирачни механизми се провежда на лабораторни инерционни стендове. В съответните приложения към Правила № 13 и 13Н тези стендове са означени като „динамометрични“.

В зависимост от продължителността си спиранията биват кратковременни, повторно-кратковременни и продължителни.

Кратковременните спирания представляват единични спирания с неголяма продължителност, като между тях има пауза достатъчна, за да се охладят триещите се повърхности и детайлите на спирачния механизъм. Тези спирания са обект на изпитване тип нула на Правила № 13, 13Н и 90 на ИКЕ на ООН.

Повторно-кратковременните спирания се състоят от серия последователни спирания с интервали между тях такива, че след всяко спиране температурата на триещите се повърхности и детайлите на спирачния механизъм се повишава и

накрая достига някаква постоянна стойност. Повторно-кратковременните спирания са характерни за градски условия с интензивно движение и чести спирания, а също и за движение по планински пътища с чести спирания при завиване и спускане. Тези спирания са обект на изпитване тип I на Правила № 13, 13Н и 90 на ИКЕ на ООН.

Продължителните спирания се използват за ограничаване на скоростта при спускане по стръмни и продължителни наклони в планински условия. Тези спирания са обект на изпитване тип II на Правила № 13 и 90 на ИКЕ на ООН.

За осигуряване на достатъчно точно и пълно определяне на свойствата на колесните спирачни механизми, условията, при които се провежда лабораторното им изпитване, трябва достатъчно точно да моделират реално протичащите процеси. Съществува обаче определено несъответствие между процедурите на изпитване в пътни и в лабораторни условия на лабораторни стендове. Така например, се предписва пътното изпитване тип нула с неприсъединен двигател да се провежда както при натоварено, така и при ненаатоварено пътно превозно средство, а лабораторното – само при натоварено, а също не се предписва и изпитване тип нула с присъединен двигател. При пътно изпитване тип I са предвидени четири броя процедури – две подготвителни и две за проверка на ефективността на спирачната уредба, а при лабораторното – само две. По този начин при лабораторно изпитване се получава несъответствие на модела на процесите, протичащи при пътно изпитване.

Освен това въпреки, че са описани общите условия, при които да се провеждат пътното и лабораторното изпитване, в Правила № 13 и 13Н не са предложени зависимости, по които да се определят параметрите на работа (ъглова скорост на въртящите се части на колесния спирачен механизъм, брой на завъртанията им в процеса на спиране, приведен масов инерционен момент на въртящите се части на стенда към оста на въртене на спирачния диск или барабан в условията на различни натоварвания на пътното превозно средство и т.н.) на стендовете, което затруднява практическата реализация на изпитването.

Дадените в Правила № 13, 13Н и 90 на ИКЕ на ООН условия, на които трябва да отговарят спирачните уредби като цяло и техните възли налагат определени изисквания към възможностите на стендовете за лабораторно изпитване на колесни спирачни механизми.

Целта на настоящата работа е на базата на анализ на конструкциите на лабораторни стендове за изпитване на колесни спирачни механизми да се укажат способностите им за провеждане на изпитване на колесни спирачни механизми и елементите на спирачните уредби за проверка на съответствието им с Правила № 13 и 13Н, на фрикционните материали на челюстите им в съответствие с Правило № 90 на ИКЕ на ООН, а също и за изследователски цели и да се предложи схема на лабораторен стенд, съчетаващ положителните свойства на известните в практиката такива. Въз основа на получените изводи, да се предложи методика за провеждане с помощта на лабораторни инерционни стендове на пътно изпитване на колесни спирачни механизми на леки автомобили в съответствие с предписанията на Правила № 13 и 13Н на ИКЕ на ООН, като се уточнят и зависимостите, по които се определят условията на провеждане на изпитването. Допълнително, принципите, по които се построява предлаганата методика, да са общи и тя да може да бъде използвана и по отношение на пътни превозни средства от други категории.

ЛАБОРАТОРНИ СТЕНДОВЕ ЗА ИЗПИТВАНЕ НА КОЛЕСНИ СПИРАЧНИ МЕХАНИЗМИ

За моделиране на процеса на спиране според Правило № 13, а също свързаните с него Правила № 13Н и 90 на ИКЕ на ООН, лабораторният стенд за изпитване на колесни спирачни механизми трябва да е оборудван с контролно-измерителна апаратура, даваща следната минимална информация:

- непрекъснат запис на ъгловата скорост на диска или барабана на колесния спирачен механизъм;
- броя на завъртванията, направени по време на спирането, с точност до 1/8 от оборота;

- времето за спиране;
- непрекъснат запис на температурата измерена в центъра на траекторията, описана от спирачната челюст или на разстояние, равно на половината от дебелината на диска, барабана или челюстта;
- непрекъснат запис на налягането на работната течност в спирачното задвижване или на силата върху органа за управление;
- непрекъснат запис на спирачния момент.

Според Приложение 8 на Правило № 90 на ИКЕ на ООН лабораторните стендове трябва да отговарят на следните изисквания:

- на стенда да може да се провежда изпитване на колесен спирачен механизъм, използван в реалното пътно превозно средство;

- да има възможност за установяване на честотата на въртене на диска или барабана на колесния спирачен механизъм $660 \pm 10 \text{ min}^{-1}$ без натоварване, а при пълно натоварване – не по-ниска от 600 min^{-1} ;

- циклите на изпитване и на натискане на органа за управление на колесния спирачен механизъм да са регулируеми и автоматизирани;

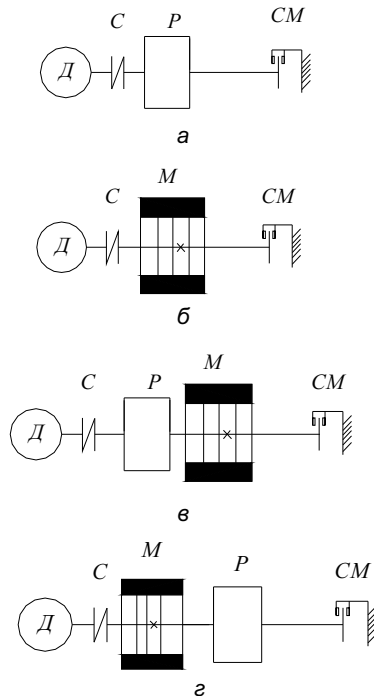
- на стенда да може да се регистрират фактическият спирачен момент или налягането на работната течност и температурата на работните повърхности;

- през спирачния механизъм да може да преминава въздух за охлаждане с дебит $600 \pm 60 \text{ m}^3/\text{h}$.

Колесните спирачни механизми по принцип на работа се отнасят към групата на триещите възли, при които моментът на триене се създава благодарение на фрикционните връзки, действащи между триещите се повърхности. Такива триещи възли са триещите съединители, триещите елементи на инерционните синхронизатори, фрикционните предавки, например различните вариатори, и др. Еднаквите принципи на създаването на момента на триене логично води до еднакви методи, средства и организация на изпитването им.

Лабораторните стендове, които могат да бъдат използвани за изпитване на триещи съединители, колесни спирачни механизми и на други триещи възли, биват безинерционни, инерционни и комбиниранни. Всички те са стендове с отворен контур. Принципни схеми на стендове от първите два вида са представени на фиг. 1.

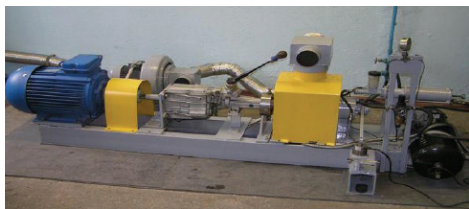
При безинерционния стенд по принципната схема на фиг. 1 а натоварването на колесния спирачен



Фиг. 1. Принципни схеми на лабораторни стендове за изпитване на колесни спирачни механизми:

а – безинерционен стенд; б, в, г –

механизъм *СМ* се създава от електродвигателя *Д* чрез съединителя *С* и редуктора *Р*. Посредством система за управление се задават различни ъглови скорости и моменти, при които работи колесният спирачен механизъм.



Фиг. 2. Механична част на лабораторен безинерционен стенд за изпитване на колесни спирачни

реални резултати в сравнение с изпитването на образци на фрикционни материали на машините за триене.

Безинерционните стендове, за разлика от инерционните (фиг. 1 б, в, г), не могат да моделират режимите на динамично натоварване.

Лабораторното стендово изпитване на колесни спирачни механизми на инерционни стендове се провежда посредством ускоряване на инерционната маса – маховика *М* до определена ъглова скорост, съответстваща на скоростта на движение на пътното превозно средство, след което се изключва задвижването ѝ и се включва колесният спирачен механизъм *СМ*.

В процеса на спиране кинетичната енергия на въртящите се части на стенда се преобразува в спирачния механизъм в топлинна енергия, в резултат на което повърхностната и обемната температура на триещите се части се повишава.

Натоварването на колесния спирачен механизъм при стендовото изпитване на инерционни стендове може да се променя посредством:

- задаване на различни начални скорости на спиране;
- промяна на масовия инерционен момент на инерционните маси.

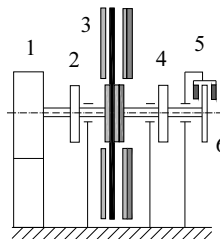
Началната скорост на спиране може да се променя чрез:

- 1) задаване на различна максимална ъглова скорост на електродвигателя,
- 2) промяна на предавателното число на редуктора *Р*.

Известни са три начина на променяне на стойността на масовия инерционен момент на инерционната маса – маховика *М*:

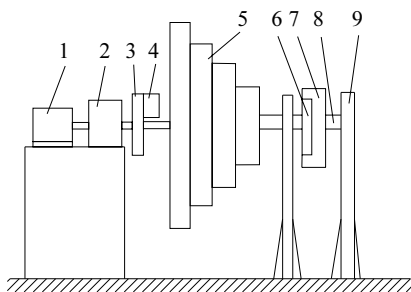
- 1) чрез добавяне или снемане на допълнителни инерционни маси,
- 2) чрез промяна на радиуса на инерционната маса,
- 3) чрез промяна на предавателното число на редуктора, поставен между нея и колесния спирачен механизъм.

Схема на стенд, построен по принципната схема на фиг. 1 б, е показана на фиг. 3. Той се състои от електродвигател 1, електромагнитен съединител 2, маховик 3, устройство за измерване на спирачния момент 4 и колесен дисков спирачен механизъм, състоящ се от скобата 5 и спирачния диск 6. Масовият инерционен момент на маховика може да се променя чрез



Фиг. 3. Схема на лабораторен инерционен стенд за изпитване на колесни спирачни механизми по принципната схема на фиг. 1 б

промяна на броя на дисковете му и така се моделира пътно изпитване на превозни средства с различна маса. При различни режими на работа на спирачния механизъм, на стенда може да се провеждат измервания на: неравномерността на разпределение на температурата по повърхността на спирачния диск, вибрациите и промените на формата на спирачния диск. С помощта на специализирано програмно осигуряване могат да се анализират температурните градиенти и топлинните напрежения на спирачния диск. Измерва се и износването на спирачния диск и промените на свойствата на материала му.

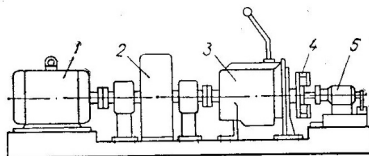


Фиг. 4. Схема на лабораторен инерционен стенд по принципната схема на фиг. 1 в за изпитване на колесни спирачни механизми, разработен от Института по електрокари и мотокари – София

вала с въртящите се части на колесния спирачен механизъм се измерва чрез оборотомер. Цикълът на работа на стенда се установява с помощта на релета за време. Включването и изключването на конусния съединител става чрез пневматично задвижване с помощта на работен цилиндър 4, управляван чрез въздушен разпределител. Сигналите от преобразувателите от резисторен тип на вала 8 се записват от измерителна уредба, състояща се от усилвател и записващо устройство.

Схема на инерционен стенд ИКС за изпитване на триещи възли, построен по принципната схема на фиг. 1 г, е показана на фиг. 5. Основните възли на стенда са: електродвигател за постоянен ток 1 с мощност 60 kW, маховик 2, редуктор 3, изследван триещ възел 4 (в случая – съединител, работещ в спирачен режим), подвижна опора 5. Редукторът 3 позволява да бъде променян приведеният масов инерционен момент на маховика и ъгловата скорост на въртящите се части на възела 4. Това решение позволява да се опрости обслужването на стенда и безопасността на труда при работа с него. Датчиците и контролните прибори, с които е оборудван стендът, позволяват непосредствено определяне или запис на сигналите за момента, ъгловата скорост на въртящите се части на изследвания възел, стойността на ъгъла (или съответния му път) на триене, времето на триене, броя на включенията. На стенда може да се

Схема на инерционен стенд, построен по принципната схема на фиг. 1 в за изпитване на колесни спирачни механизми, разработен от Института по електрокари и мотокари – София, е показана на фиг. 4. Маховикът 5 се задвижва от асинхронен електродвигател 1 с мощност 10 kW и максимална честота на въртене 915 min⁻¹. Честотата на въртене на маховика се променя с помощта на предавателната кутия 2 от автомобилен тип. За съединяване и разединяване на маховика 5 с предавателната кутия и електродвигателя служи конусният съединител 3. Невъртящите се части на колесния спирачен механизъм 6 са захванати чрез универсален патронник 7 към вала 8, който е свързан неподвижно със стойката 9. Честотата на въртене на



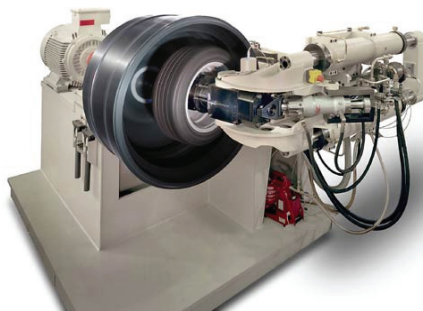
Фиг. 5. Схема на лабораторен инерционен стенд ИКС за изпитване на триещи възли

провежда и изпитване на свойствата на фрикционните материали на спирачните челюсти.

Стендовете по тази схема дават възможност за промяна на натоварването на обекта на изпитване в широк диапазон, т.к. ъгловата му скорост може да бъде променена не само чрез промяна на ъгловата скорост на електродвигателя, а и на предавателното число на редуктора. Приведеният към оста на изследвания механизъм масов инерционен момент може да се променя не само чрез промяна на масата на набора дискове или радиуса на маховика, но и чрез промяна на предавателното число на редуктора.

В зависимост от начина на предаване на спирачния момент лабораторните стендове биват два типа:

- стендове, при които натоварването се предава непосредствено на спирачния механизъм. Към този тип се отнасят анализирания дотук стендове.



Фиг. 6. Лабораторен инерционен стенд за съвместно изпитване на ходово колело и спирачен механизъм

- стендове, при които за предаване на натоварването се използват силите на сцепление между гумата и опорната повърхност на маховика на стенда. Тези лабораторни стендове се отнасят към комплексните. При тях маховикът имитира въртящите се и постъпателно движещите се части на пътното превозно средство, падащи се на съответния колесен спирачен механизъм, а чрез притискането посредством хидравлично или електрическо натоварващо устройство на гумата към маховика – силите и моментът на съпротивление при движение.

В практиката намират приложение също и платформени и ролкови лабораторни стендове, но те са по-подходящи за диагностика на спирачната уредба на автомобила.

Схема на лабораторен стенд, при който за предаване на натоварването се използват силите на сцепление между гумата и вътрешната опорна повърхност на маховика на стенда е показана на фиг. 6. Той се произвежда от фирмата *Instron Structural Testing Systems GmbH*, Германия и позволява на него да се моделират не само режимите на спиране, но и



Фиг. 7. Лабораторен инерционен стенд „GIANT 9000“ на фирмата HORIBA ATS (Япония)

и влиянието на нормалното и страничното натоварвания на колелото. Ъгълът на завъртане на колелото може да достига за различните модели на стенда $\pm 25^\circ$ или $+30^\circ/-15^\circ$ при максимална скорост на движение съответно 100 km/h или 250 km/h. Допълнително на стенда може да се изследва надеждността на джантата, главината, болтовете и т.н. при

постоянни и при променящи се натоварвания и положения на колелото.

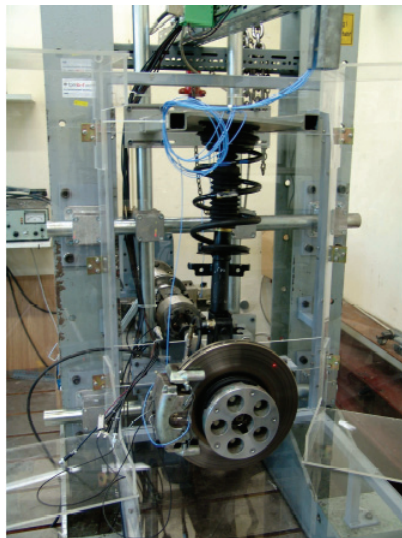
Освен по вътрешната повърхност на маховика, гумите могат да контактуват и с външната опорната повърхност на маховика на стенда. Такъв стенд, произвеждан от фирмата *HORIBA ATS*, Япония, е показан на фиг. 7. Стендът е предназначен за

изследване не само на ефективността на колесните спирачни механизми, но и на шума и вибрациите по време на спиране.

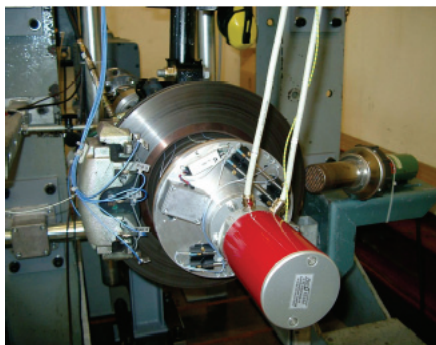
Във връзка с повишаване на екологичната безопасност на пътните превозни средства все повече компании отделят внимание на намаляване на шума и вибрациите при спиране. Задълбочени изследвания се провеждат в ТУ-Дармщадт, Германия, от фирмата *Polytec GmbH, HORIBA ATS*, Япония и др. За най-пълно отчитане на условията на работа на колесните спирачни механизми, последните се монтират на стендовете съвместно с окачването на ходовите колела.

На фиг. 8 е показан лабораторен стенд за изследователско изпитване на дискови колесни спирачни механизми на леки автомобили, използван в ТУ-Дармщадт, Германия. Стендът се задвижва от електродвигател чрез предавателна кутия. За отчитане на стойностите на изследваните параметри се използват датчици и електронно-изчислителна система. За изследване на напречните и тангенциалните вибрации на спирачните механизми при спиране се използват четири еднопосочни акселерометъра, монтирани във вентилационните канали на спирачния диск. Седем други трипосочни акселерометри може да се монтират в скобата на спирачния механизъм. За предаване на сигнали се използва токоснемащо устройство (фиг. 9), а за изследване на акустичните сигнали от спирачния механизъм при спиране – микрофон. На стенда може да се изследват следните параметри: звуково налягане, налягане на работната течност на хидравличното задвижване, въртящ момент, честота на въртене, температура, ускорения, честота на акустичните сигнали.

Въз основа на направения анализ, в работата се предлага принципна схема на лабораторен инерционен стенд за изпитване на колесни спирачни механизми, обединяваща положителните свойства на принципните схеми по фиг. 1 в и г, показана на фиг. 10. За задвижване на стенда се използва електродвигателят *Д*. Честотата на въртене на маховика *М* може да се променя степенно чрез редуктора *Р₁* или безстепенно чрез система за автоматично управление на честотата на въртене на вала на електродвигателя. Така се постига съгласуване на работата на електродвигателя и механичната част на стенда. За съединяване и разединяване на маховика *М* с предавателната кутия и електродвигателя служи съединителят *С*.

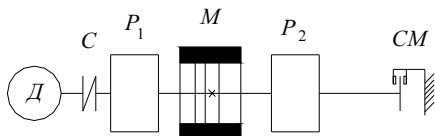


Фиг. 8. Лабораторен стенд за изследователско изпитване на спирачни механизми, използван в ТУ-Дармщадт (Германия)



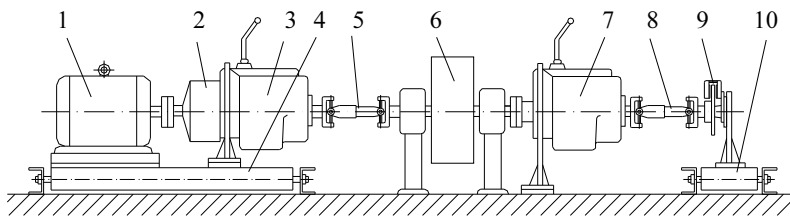
Фиг. 9. Съвързване на преобразуватели на лабораторния стенд за изследователско изпитване на спирачни механизми, използван в ТУ-Дармщадт (Германия)

Въртящите се части на изследвания колесен спирачен механизъм CM са монтирани на изходящия вал на редуктора P_2 . Приведеният към оста на въртене на вала на колесния спирачен механизъм CM масов инерционен момент на маховика M може да бъде променен и по трите известни начина, а именно: чрез промяна на масата му, чрез промяна на радиуса му и чрез промяна на предавателното число на редуктора P_2 , което разширява възможностите на стенда.



Фиг. 10. Предлагана принципна схема на лабораторен инерционен стенд за изпитване на колесни спирачни

Примерна схема на лабораторен инерционен стенд за изпитване на реални колесни спирачни механизми, построен по предложената принципна схема, е показана на фиг. 11. Стендът се задвижва от електродвигателя 1. Съединителят 2 съединява и разединява електродвигателя с



Фиг. 11. Примерна схема на лабораторен инерционен стенд за изпитване на колесни спирачни механизми, построен по предлаганата принципна схема

редуктора 3, който може да бъде например от тип на автомобилна предавателна кутия. Т.к. за измерване на сила с помощта на измерител от резисторен тип и след това – определянето на момента, развиван от задвижващата част на стенда, се използва балансираното устройство 4, за задвижване на маховика 6 служи карданното предаване 5. Редукторът 7, например от типа на автомобилна предавателна кутия, се използва за променяне на ъгловата скорост на въртящите се части на колесния спирачен механизъм 9 и приведения към оста на въртене им масов инерционен момент на маховика 6. Карданното предаване 8 е необходимо, т.к. за измерване на спирачния момент, аналогично на задвижващия момент, служи балансираното устройство 10. Текущите стойности на ъгловата скорост на вала на електродвигателя се отчитат чрез преобразувател.

Лабораторният инерционен стенд по Фиг. 11 може да бъде използван не само при провеждане на изпитване за проверка на съответствието на свойствата на колесните спирачни механизми на Правила № 13 и 13Н и на фрикционните материали на челюстите им по Правило № 90 на ИКЕ на ООН, но и при изследователски изпитвания с различни цели и в учебния процес за обучение на студенти. Чрез система за автоматично управление и съответното програмно осигуряване на стенда може да се провежда и изпитване на надеждността на колесни спирачни механизми и тяхното задвижване.

Принципът на работа на стенда е следният. Задвижващият електродвигател 1 ускорява инерционната маса – маховика 6 до ъглова скорост, определена в зависимост от предписаната в Правило № 13 или 13Н скорост на движение на пътното превозно средство в началото на спирането. След достигане на зададената ъглова скорост, системата за автоматично управление изключва задвижването на електродвигателя и включва колесния спирачен механизъм, чрез който ъгловата

скорост на въртящите се части на стенда се намалява до достигане на зададена ъглова скорост на диска или барабана на механизма в края на спирането или до напълно спиране. След достигане на зададените условия на края на спирането, колесният спирачен механизъм се изключва. Описаният цикъл може да бъде еднократен или да се повтаря толкова пъти и за такъв период от време, каквито са указани в Правила № 13 или 13Н. На стенда може да се изпитват и свойствата на материалите на челюстите на спирачните механизми съгласно предписанията на Правило № 90.

Системата за автоматично управление на стенда се състои от следните основни възли: честотно управление за асинхронен електродвигател, фоторастерен преобразувател, служещ при измерване на ъгловата скорост $\omega_{ед}$ на вала на асинхронния двигател, съединител между асинхронния двигател и фоторастерния преобразувател, контролер за реализиране на логиката на управление и специализирано програмно осигуряване. За включване и изключване на колесния спирачен механизъм се използва хидравлично задвижване, съставено от реални възли на спирачната уредба на автомобила, като за въздействие върху спирачния педал служи електропневматична уредба.

В процеса на изпитване на стенда се следи непрекъснато ъгловата скорост $\omega_{ед}$ на вала на задвижващия електродвигател и оттам – на колесния спирачен механизъм, и се сравнява със зададените й стойности за началото и края на спирането, отчита се броят на завъртанията в процеса на спиране, броят на циклите на спиране, времетраенето на всеки цикъл, температурата на диска (барабана), спирачният момент, силата върху органа за управление – спирачния педал.

Като резултат от изпитването се получават сведения за свойствата на колесните спирачни механизми, а също и фрикционните материали на челюстите им, в зависимост от скоростните и топлинните натоварвания.

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ЗА ПРИВЕЖДАНЕ НА ПЪТНОТО ИЗПИТВАНЕ НА КОЛЕСНИ СПИРАЧНИ МЕХАНИЗМИ НА ЛЕКИ АВТОМОБИЛИ В СЪОТВЕТСТВИЕ С ПРЕДПИСАНИЯТА НА ПРАВИЛА № 13 И 13Н НА ИКЕ НА ООН КЪМ СТЕНДОВО ИЗПИТВАНЕ

За провеждане на пътното изпитване са необходими данни за стойностите на следните параметри на автомобила:

- тип на автомобила;
- максимална маса на автомобила;
- минимална маса на автомобила;
- разпределение на максималната маса между осите (максимални стойности);
- тип на спирачните челюсти;
- тип на двигателя;
- брой и стойности на предавателните числа на предавателната кутия;
- стойност на предавателното число на главното предаване i_0 ;
- при необходимост – максимална маса на тегленото ремарке без спирачна уредба;
- размери на гумите;
- максимална скорост на движение v_{max} , [km/h].

По резултатите от изпитването се оценява ефективността на спирачната уредба. За оценката й се използват два параметъра: дължината на спирачния път s , [m] и средното постоянно закъснение d_m , [m/s²]. Тук и по-долу за по-удобно са приети означенията на параметрите така, както те са използвани в Правило № 13 и свързаните с него Правила № 13Н и 90 независимо, че в известните литературни

източници по теория на автомобилната техника за същите параметри се използват други означения.

Пътното превозно средство трябва да отговаря на изискванията и за двата параметъра $s, [m]$ и $d_m, [m/s^2]$, но измерването и на двата по време на изпитването не е необходимо.

Под „спирачен път“ $s, [m]$ се разбира разстоянието, изминато от превозното средство от момента когато водачът започне да въздейства върху органа за управление на спирачната уредба до момента, когато превозното средство спре.

Ако с $v, [km/h]$ се означи скоростта, предписана за даденото изпитване, с $v_0, [km/h]$ – началната скорост на превозното средство, т.е. скоростта, когато водачът започне да въздейства върху органа за управление на спирачната уредба и която не бива да е по-малка от $0,98v$, с $v_b, [km/h]$ – скоростта на превозното средство при $0,8v_0$, с $v_e, [km/h]$ – скоростта на превозното средство при $0,1v_0$, с $s_b, [m]$ – разстоянието, изминато между v_0 и v_b , с $s_e, [m]$ – разстоянието, изминато между v_0 и v_e , то за средното постоянно закъснение в Правила № 13 и 13Н е предложена формулата

$$d_m = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25,92(s_e - s_b)}, [m/s^2]. \quad (1)$$

При изпитването скоростта и разстоянието трябва да се определят с измерителни уреди с точност $\pm 1\%$ при предписаната скорост v . Когато се определя по друг начин, освен чрез измерване на скорост и разстояние, точността на определянето на средното постоянно закъснение d_m трябва да бъде $\pm 3\%$.

При използване на често приеманото приблизително равенство на статичния $r_c, [m]$, кинематичния $r_k, [m]$, и динамичния $r_d, [m]$, означаван тук с $R, [m]$, радиуси на ходовите колела, за определяне на ъгловата скорост на въртящите се части на колесния спирачен механизъм при лабораторно стендово изпитване може да се използва зависимостта

$$\omega_k = \frac{v}{3,6R}, [s^{-1}]. \quad (2)$$

Статичният радиус r_c може да бъде определен по зависимостта

$$r_c = r_n - \Delta_c, [m], \quad (3)$$

където $r_n, [m]$, е номиналният радиус на гумата, а $\Delta_c, [m]$, - статичната ѝ деформация.

Следователно, на скоростите v, v_0, v_b , и $v_e, [km/h]$ на движение на автомобила съответстват ъгловите скорости и честоти на въртене на диска или барабана на колесния спирачен механизъм съответно

$$\omega = \frac{v}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n = \frac{30}{\pi} \omega = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v}{3,6R}, [min^{-1}], \quad (4)$$

$$\omega_0 = \frac{v_0}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_0 = \frac{30}{\pi} \omega_0 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_0}{3,6R}, [min^{-1}], \quad (5)$$

$$\omega_b = \frac{v_b}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_b = \frac{30}{\pi} \omega_b = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_b}{3,6R}, [min^{-1}], \quad (6)$$

$$\omega_e = \frac{v_e}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_e = \frac{30}{\pi} \omega_e = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_e}{3,6R}, [min^{-1}]. \quad (7)$$

Връзката между броя на завъртанията z_b и z_e на диска или барабана на колесния спирачен механизъм за процеса на спиране съответно за периода на промяна на скоростта между v_0 и v_b и между v_0 и v_e , и изминатите разстояния s_b и s_e е

$$s_b = 2\pi R z_b, [m], \quad (8)$$

$$s_e = 2\pi R z_e, [m]. \quad (9)$$

След заместване в (1) на скоростите v_b и v_e с полученото по (6) и (7), а на изминатите разстояния s_b и s_e – с (8) и (9) и извършване на преобразувания, средното постоянно закъснение изразено с параметри измерени върху стенда е

$$d_m = \frac{R}{4\pi} \cdot \frac{\omega_b^2 - \omega_e^2}{z_e - z_b}, [m/s^2], \quad d_m = \frac{\pi R}{3600} \cdot \frac{n_b^2 - n_e^2}{z_e - z_b}, [m/s^2]. \quad (10)$$

За изчисляване на приведения към оста на въртене на въртящите се части на колесния спирачен механизъм масов инерционен момент $I, [kgm^2]$, в Правила № 13 и 13Н е предложена зависимостта

$$I = MR^2, [kgm^2], \quad (11)$$

където $M, [kg]$, е частта от масата на пътното превозно средство, която е спирана от съответното колело (съответните колела). В зависимост от условията на изпитването това е част от масата $m, [kg]$ на натоварено (т.е. максималната маса) или ненаатоварено $m', [kg]$ пътнo превозно средство – минималната маса на пътното превозно средство, плюс масата на водача, а на предната седалка, освен водача, може да има и втори човек, регистриращ резултатите от изпитването. При провеждане на изпитването на инерционен стенд се предписва да се отчита максималната маса $m, [kg]$ на пътното превозно средство. В случай на едностранен стенд се предписва масата $M, [kg]$ да се изчислява при отчитане на конструктивното разпределение на спирачната сила при средно постоянно закъснение за леки автомобили $d_m \geq 6,43 m/s^2$.

Нормалните реакции $F_{z1}, [N]$ на предния и $F_{z2}, [N]$ на задния мост при спиране са съответно

$$F_{z1} = \frac{mgb + \delta_{ac} m d_m h}{L} = \frac{m(gb + \delta_{ac} d_m h)}{L}, [N], \quad (12)$$

$$F_{z2} = \frac{mga - \delta_{ac} m d_m h}{L} = \frac{m(ga - \delta_{ac} d_m h)}{L}, [N], \quad (13)$$

където параметрите a и $b, [m]$, са съответно хоризонталната координата на масовия център на пътното превозно средство спрямо оста на предния и на задния му мост, h е вертикалната координата на масовия му център спрямо равнината на пътната повърхност, $[m]$, а L е надлъжната му база $[m]$. В зависимост от условията на натоварването при изпитването, координатите на масовия център се променят, като тези, отнасящи се за изпитване при ненаатоварено пътнo превозно средство ще бъдат означавани a', b' и h' . С g е означено земното ускорение. С $\delta_{ac}, [-]$ в горните зависимости е означен коефициентът, отчитащ влиянието на въртящите се части на пътното превозно средство, чиято стойност се определя по зависимостта

$$\delta_{ac} = 1 + \frac{I_d i_T^2 + \sum I_k \eta_T}{m r_k r_d \eta_T}, \quad (14)$$

където $I_d, [kgm^2]$, е масовият инерционен момент на маховика на двигателя с вътрешно горене и на приведените към него масови инерционни моменти на

движещите се части на двигателя, $I_k, [kgm^2]$ – масовият инерционен момент на едно ходово колело, $\eta_T, [-]$ – коефициентът на полезно действие на трансмисията, а $i_T, [-]$, е предавателното число на трансмисията, равно на произведението на предавателното число i_{nj} на предавателната кутия на j -тата степен и предавателното число i_0 на главното предаване. Коефициентът δ_{ac} при ненатоварено пътно превозно средство се определя с отчитане на масата m' и ще бъде означаван съответно δ'_{ac} . Стойността на коефициента δ_{ac} може да бъде определена приблизително по зависимостта

$$\delta_{ac} = 1 + \delta_1 i_T^2 + \delta_2, \quad (15)$$

където $\delta_1 = 0,06$, $\delta_2 = 0,04$.

Следователно, при изпитване с неприсъединен и с присъединен двигател приблизителните стойности на коефициента δ_{ac} са съответно

$$\delta_{acнд} = \delta'_{acнд} = 1 + 0,04 = 1,04; \quad (16)$$

$$\delta_{acнд} = \delta'_{acнд} = 1 + 0,06 i_T^2 + 0,04 = 1,04 + 0,06 i_T^2, \quad (17)$$

където индекс (') се отнася за изпитване при ненатоварено пътно превозно средство.

С полученото по (12) и (13) може да бъде определена частта на масата M_1 , падаща се на едно предно колело, и M_2 , падаща се на едно задно колело:

$$M_1 = \frac{F_{z1}}{2g}, [kg], \quad (18)$$

$$M_2 = \frac{F_{z2}}{2g}, [kg]. \quad (19)$$

При изпитване на ненатоварено превозно средство нормалните реакции по (12), (13) и частите на масите по (18), (19) се означават съответно F'_{z1} , F'_{z2} , M'_1 и M'_2 .

От (11) – (19) се получават зависимости за изчисляване на приведения към оста на въртене на въртящите се части на колесния спирачен механизъм масов инерционен момент на частта от масата на пътното превозно средство, която е спирена от колесен спирачен механизъм на предно $I_1, [kgm^2]$ и на задно $I_2, [kgm^2]$ ходово колело, съответно

$$I_1 = \frac{m(gb + \delta_{ac} d_m h)}{2gL} \cdot R^2, [kgm^2], \quad (20)$$

$$I_2 = \frac{m(ga - \delta_{ac} d_m h)}{2gL} \cdot R^2, [kgm^2]. \quad (21)$$

Условието за равенство на сумата на кинетичните енергии на въртящите се части на стенда по фиг. 11 и на приведената по (20) и (21) част от масата на пътното превозно средство, спирена от колесен спирачен механизъм на предно или задно ходово колело, е съответно

$$\frac{I_{ед} \omega_{ед}^2}{2} + \frac{I_M \omega_M^2}{2} = \frac{I_1 \omega^2}{2}, \quad (22)$$

$$\frac{I_{ед} \omega_{ед}^2}{2} + \frac{I_M \omega_M^2}{2} = \frac{I_2 \omega^2}{2}, \quad (23)$$

където $I_{ед}, [kgm^2]$ и $I_{м}, [kgm^2]$ са масовите инерционни моменти, а $\omega_{ед}, [s^{-1}]$ и $\omega_{м}, [s^{-1}]$ – ъгловите скорости съответно на ротора на електродвигателя и на маховика на стенда. Масовият инерционен момент на ротора на електродвигателя може да бъде определен или експериментално, или от справочната литература.

След въвеждане на предавателните числа $i_{дмj}$ и $i_{мск}$ съответно на редуктора между електродвигателя и маховика на j -та степен и между маховика и колесния спирачен механизъм на k -та степен,

$$i_{дмj} = \frac{\omega_{ед}}{\omega_{м}}, \quad (24)$$

$$i_{мск} = \frac{\omega_{м}}{\omega}, \quad (25)$$

се получава зависимост, изразяваща връзката между параметрите на лабораторния инерционен стенд и на пътното превозно средство, чиито колесни спирачни механизми са обект на изпитване

$$I_{ед} i_{дмj}^2 i_{мск}^2 + I_{м} i_{мск}^2 = I_{(2)}, \quad (26)$$

където масовият инерционен момент $I_1, [kgm^2]$ за предно или $I_2, [kgm^2]$ за задно ходово колело се определя съответно по (20) или (21). Получената зависимост позволява, след като по (20) или (21) вече е определен приведенят масов инерционен момент I_1 или I_2 , при известни предавателни числа на редукторите на стенда да се определи необходимият масов инерционен момент на маховика, или при известен масов инерционен момент на маховика и предавателно число на единия редуктор – необходимото предавателното число на другия.

При предписаната скорост $v, [km/h]$ и съответните ѝ ъглова скорост $\omega, [s^{-1}]$ или честота на въртене $n, [min^{-1}]$, на диска (барабана) на колесния спирачен механизъм, определени по (4), за ъгловата скорост $\omega_{м}, [s^{-1}]$ на маховика и $\omega_{ед}, [s^{-1}]$ на електродвигателя и съответните им честоти на въртене $n_{м}, [min^{-1}]$ и $n_{ед}, [min^{-1}]$ следва

$$\omega_{м} = \omega i_{мск} = \frac{v}{3,6R} i_{мск}, [s^{-1}], \quad n_{м} = n i_{мск} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v}{3,6R} i_{мск}, [min^{-1}], \quad (27)$$

$$\omega_{ед} = \omega i_{мск} i_{дмj} = \frac{v}{3,6R} i_{мск} i_{дмj}, [s^{-1}], \quad n_{ед} = n i_{мск} i_{дмj} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v}{3,6R} i_{мск} i_{дмj}, [min^{-1}]. \quad (28)$$

МЕТОДИКА ЗА ПРИВЕЖДАНЕ НА ПЪТНОТО ИЗПИТВАНЕ НА КОЛЕСНИ СПИРАЧНИ МЕХАНИЗМИ НА ЛЕКИ АВТОМОБИЛИ В СЪОТВЕТСТВИЕ С ПРЕДПИСАНИЯТА НА ПРАВИЛА № 13 И 13Н НА ИКЕ НА ООН КЪМ ЛАБОРАТОРЕН ИНЕРЦИОНЕН СТЕНД

На база на казаното дотук, се предлага следната методика за привеждане на пътното изпитване на колесни спирачни механизми на леки автомобили в съответствие с предписанията на Правила № 13 и 13Н на ИКЕ на ООН към лабораторен инерционен стенд. Принципните положения на методиката могат да бъдат прилагани и за пътни превозни средства от други категории, както и по отношение на свойствата на фрикционните материали на техните челюсти по предписанията на Правило № 90, като само се променят параметрите на условията за провеждане на изпитването и за оценка на ефективността при спиране.

Изпитване тип нула

При това изпитване се определя ефективността на работната спирачна уредба на пътното превозно средство при студени колесни спирачни механизми – спирачните механизми от най-загрялата ос на пътното превозно средство, при които средната температура, измерена в спирачните челюсти или на спирачната повърхност на диска или барабана е между 65 °C и 100 °C преди задействане на спирачните механизми. Този тип пътнo изпитване се провежда на два етапа: с неприсъединен и с присъединен двигател, като всеки от тях се провежда при натоварено и при ненаатоварено пътнo превозно средство.

А) Изпитване тип нула с неприсъединен двигател

1) Общи условия за провеждане на изпитването

- приведен към оста на въртене на въртящите се части на колесния спирачен механизъм масов инерционен момент на частта от масата на пътното превозно средство, която е спирача съответно от предно $I_{10,нд}$ или от задно $I_{20,нд}$ ходово колело, $[kgm^2]$:

Като се има предвид изискването за средното постоянно закъснение $d_{m0,нд} \geq 6,43 \text{ m/s}^2$, където индекс „0” означава изпитване тип нула, за $I_{10,нд}$ (съответно $I_{20,нд}$) от (20) и (21) следват условията:

а) при натоварено пътнo превозно средство

$$\frac{m(gb + \delta_{ac0,нд} 6,43h)}{2gL} \cdot R^2 \leq I_{10,нд} \leq \frac{m(gb + \delta_{ac0,нд} \varphi_x gh)}{2gL} \cdot R^2, [kgm^2], \quad (29)$$

$$\frac{m(ga - \delta_{ac0,нд} \varphi_x gh)}{2gL} \cdot R^2 \leq I_{20,нд} \leq \frac{m(ga - \delta_{ac0,нд} 6,43h)}{2gL} \cdot R^2, [kgm^2]; \quad (30)$$

б) при ненаатоварено пътнo превозно средство

$$\frac{m'(gb' + \delta'_{ac0,нд} 6,43h')}{2gL} \cdot R^2 \leq I'_{10,нд} \leq \frac{m'(gb' + \delta'_{ac0,нд} \varphi_x gh')}{2gL} \cdot R^2, [kgm^2], \quad (29')$$

$$\frac{m'(ga' - \delta'_{ac0,нд} \varphi_x gh')}{2gL} \cdot R^2 \leq I'_{20,нд} \leq \frac{m'(ga' - \delta'_{ac0,нд} 6,43h')}{2gL} \cdot R^2, [kgm^2], \quad (30')$$

където φ_x е коефициентът на сцепление на ходовото колело в надлъжно направление за сух асфалтобетонен път, а произведението $\varphi_x g, [m/s^2]$ – максималната стойност на средното постоянно закъснение при спиране по хоризонтален сух асфалтобетонен път.

в) по аналогичен начин се постъпва и при предвидени в програмата на изпитване няколко варианта на натоварване, при които масата на пътното превозно средство ще бъде съответно m', m'', m''' , $[kg]$ и т.н.

- брой спирания: 6 бр., в това число и пробните;

- предписана скорост

$$v_{0,нд} = 100 \text{ km/h}. \quad (31)$$

Съответните ѝ ъглова скорост или честота на въртене на диска или барабана на колесния спирачен механизъм са

$$\omega_{0,нд} = \frac{100}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{0,нд} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{100}{3,6R} = \frac{3000}{3,6R}, [min^{-1}]. \quad (32)$$

2) Изисквания за ефективност

- спирачен път

$$s_{0,нд} \leq 0,1v_{0,нд} + 0,0060v_{0,нд}^2 = 0,1 \cdot 100 + 0,0060 \cdot 100^2 = 70 \text{ m}. \quad (33)$$

Като се имат предвид зависимостта [вж. (8) и (9)] между броя на завъртанията z на диска или барабана на колесния спирачен механизъм в процеса на спиране и спирачния път, се получава

$$z_{0,нд} = \frac{s_{0,нд}}{2\pi R} \leq \frac{70}{2\pi R} \cdot [бр.]. \quad (34)$$

- средно постоянно закъснение

$$d_{m0,нд} \geq 6,43 \text{ m/s}^2. \quad (35)$$

Скоростите $v_{00,нд}$, $v_{b0,нд}$ и $v_{e0,нд}$, [km/h], необходими за определяне на средното постоянно закъснение, и съответните им ъглови скорости $\omega_{00,нд}$, $\omega_{b0,нд}$ и $\omega_{e0,нд}$, [s⁻¹] или честоти на въртене $n_{00,нд}$, $n_{b0,нд}$ и $n_{e0,нд}$, [min⁻¹], на диска или барабана на колесния спирачен механизъм при този тип изпитване са

$$v_{00,нд} = (0,98 \dots 1)v_{0,нд} = 98 \dots 100 \text{ km/h}, \quad (36)$$

$$\omega_{00,нд} = \frac{v_{00,нд}}{3,6R} = \frac{98}{3,6R} \dots \frac{100}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{00,нд} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{98}{3,6R} \dots \frac{30}{\pi} \cdot \frac{100}{3,6R}, [min^{-1}]; \quad (37)$$

$$v_{b0,нд} = 0,8v_{00,нд} = 78,4 \dots 80 \text{ km/h}, \quad (38)$$

$$\omega_{b0,нд} = \frac{v_{b0,нд}}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{b0,нд} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{b0,нд}}{3,6R}, [min^{-1}]; \quad (39)$$

$$v_{e0,нд} = 0,1v_{00,нд} = 9,8 \dots 10 \text{ km/h}, \quad (40)$$

$$\omega_{e0,нд} = \frac{v_{e0,нд}}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{e0,нд} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{e0,нд}}{3,6R}, [min^{-1}]. \quad (41)$$

- сила върху органа за управление на спирачната уредба

$$f_{0,нд} = 6,5 - 50 \text{ daN}. \quad (42)$$

Б) Изпитване тип нула с присъединен двигател

1) Общи условия за провеждане на изпитването

- приведен към оста на въртене на въртящите се части на колесния спирачен механизъм масов инерционен момент на частта от масата на пътното превозно средство, спирана съответно от предно $I_{10,нд}$ (задно $I_{20,нд}$) ходово колело, [kgm²]

От изискването $d_{m0,нд} \geq 5,76 \text{ m/s}^2$ за средното постоянно закъснение, за $I_{10,нд}$ (съответно $I_{20,нд}$), както при (29) и (30), (29') и (30'), може да се запишат условията:

а) при натоварено пътено превозно средство

$$\frac{m(gb + \delta_{ac0,нд} \cdot 5,76h)}{2gL} \cdot R^2 \leq I_{10,нд} \leq \frac{m(gb + \delta_{ac0,нд} \cdot \varphi_x gh)}{2gL} \cdot R^2, [kgm^2], \quad (43)$$

$$\frac{m(ga - \delta_{ac0,нд} \cdot \varphi_x gh)}{2gL} \cdot R^2 \leq I_{20,нд} \leq \frac{m(ga - \delta_{ac0,нд} \cdot 5,76h)}{2gL} \cdot R^2, [kgm^2]; \quad (44)$$

б) при ненатоварено пътено превозно средство

$$\frac{m'(gb' + \delta'_{ac0,нд} \cdot 5,76h')}{2gL} \cdot R^2 \leq I'_{10,нд} \leq \frac{m'(gb' + \delta'_{ac0,нд} \cdot \varphi_x gh')}{2gL} \cdot R^2 [kgm^2], \quad (43')$$

$$\frac{m'(ga' - \delta'_{ac0,нд} \cdot \varphi_x gh')}{2gL} \cdot R^2 \leq I'_{20,нд} \leq \frac{m'(ga' - \delta'_{ac0,нд} \cdot 5,76h')}{2gL} \cdot R^2, [kgm^2]; \quad (44')$$

в) по същия начин се постъпва и ако в програмата на изпитване са предвидени няколко варианта на натоварване, при които масата на пътното превозно средство ще бъде съответно m' , m'' , m''' и т.н.

- брой спириания: 6 бр., в това число и пробните;

- предписана скорост

$$v_{0, \text{пд}} = 80\% v_{\text{max}} \leq 160 \text{ km/h}. \quad (45)$$

На максималната скорост на движение на пътното превозно средство v_{max} , [km/h] съответстват максималната ъглова скорост ω_{max} , [s⁻¹] и честота на въртене n_{max} , [min⁻¹] на диска или барабана на колесния спирачен механизъм

$$\omega_{\text{max}} = \frac{v_{\text{max}}}{3,6R}, [\text{s}^{-1}], \quad n_{\text{max}} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{\text{max}}}{3,6R}, [\text{min}^{-1}] \quad (46)$$

и условието (45) може да се запише във вида

$$\omega_{0, \text{пд}} = 80\% \frac{v_{\text{max}}}{3,6R} \leq \frac{160}{3,6R}, [\text{s}^{-1}], \quad n_{0, \text{пд}} = 80\% \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{\text{max}}}{3,6R} \leq \frac{30}{\pi} \cdot \frac{160}{3,6R}, [\text{min}^{-1}]. \quad (47)$$

2) Изисквания за ефективност

- спирачен път

$$s_{0, \text{пд}} \leq 0,1v_{0, \text{пд}} + 0,0067v_{0, \text{пд}}^2, [m]. \quad (48)$$

Броят на завъртанията z на диска или барабана на колесния спирачен механизъм в процеса на спиране е

$$z_{0, \text{пд}} = \frac{s_{0, \text{пд}}}{2\pi R} \leq \frac{0,1v_{0, \text{пд}} + 0,0067v_{0, \text{пд}}^2}{2\pi R}, [\text{бр.}]. \quad (49)$$

- средно постоянно закъснение

$$d_{m0, \text{пд}} \geq 5,76 \text{ m/s}^2. \quad (50)$$

Скоростите $v_{00, \text{пд}}$, $v_{b0, \text{пд}}$ и $v_{e0, \text{пд}}$, [km/h], необходими за определяне на средното постоянно закъснение, и съответните им ъглови скорости $\omega_{00, \text{пд}}$, $\omega_{b0, \text{пд}}$ и $\omega_{e0, \text{пд}}$, [s⁻¹] или честоти на въртене $n_{00, \text{пд}}$, $n_{b0, \text{пд}}$ и $n_{e0, \text{пд}}$, [min⁻¹], на диска (барабана) на колесния спирачен механизъм при този тип изпитване са

$$v_{00, \text{пд}} = (0,98 \dots 1)v_{0, \text{пд}}, [\text{km/h}], \quad (51)$$

$$\omega_{00, \text{пд}} = \frac{v_{00, \text{пд}}}{3,6R}, [\text{s}^{-1}], \quad n_{00, \text{пд}} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{00, \text{пд}}}{3,6R}, [\text{min}^{-1}]; \quad (52)$$

$$v_{b0, \text{пд}} = 0,8v_{00, \text{пд}}, [\text{km/h}], \quad (53)$$

$$\omega_{b0, \text{пд}} = \frac{v_{b0, \text{пд}}}{3,6R}, [\text{s}^{-1}], \quad n_{b0, \text{пд}} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{b0, \text{пд}}}{3,6R}, [\text{min}^{-1}]; \quad (54)$$

$$v_{e0, \text{пд}} = 0,1v_{00, \text{пд}}, [\text{km/h}], \quad (55)$$

$$\omega_{e0, \text{пд}} = \frac{v_{e0, \text{пд}}}{3,6R}, [\text{s}^{-1}], \quad n_{e0, \text{пд}} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{e0, \text{пд}}}{3,6R}, [\text{min}^{-1}]. \quad (56)$$

- сила върху органа за управление на спирачната уредба

$$f_{0, \text{пд}} = f_{0, \text{нд}} = 6,5 - 50 \text{ daN}. \quad (57)$$

Изпитване тип I (изпитване на загуба и на възстановяване на ефективността)

Общи условия за провеждане на изпитването

- при натоварено пътнo превозно средство.

- състои се от две подготовителни процедури, които се провеждат с присъединен двигател, и две процедури на проверки на ефективността на спирачната уредба, които се провеждат при условията на изпитване тип нула с неприсъединен двигател, но при различни температури на колесните спирачни механизми. Ето защо

приведените към оста на въртене на диска или барабана на колесния спирачен механизъм масови инерционни моменти I_{1I} и I_{2I} , $[kgm^2]$, се определят съответно по (29) и (30)

$$I_{1I} = I_{10,нд}, [kgm^2], \quad (58)$$

$$I_{2I} = I_{20,нд}, [kgm^2], \quad (59)$$

където с индекс „I” е означена принадлежността им към изпитване тип I.

А) Процедура по загряване

При тази процедура колесните спирачни механизми се загряват чрез определен брой последователни задействания и освобождавания за определено време.

Условия за провеждане на процедурата по загряване

- скорост $v_{1I,пз}$, $[km/h]$ в началото на спирането

$$v_{1I,пз} = 80\%v_{max} \leq 120 km/h, \quad (60)$$

на която съответстват ъглова скорост или честота на въртене на диска (барабана) на колесния спирачен механизъм

$$\omega_{1I,пз} = 0,8 \frac{v_{max}}{3,6R} \leq \frac{120}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{1I,пз} = 0,8 \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{max}}{3,6R} \leq \frac{30}{\pi} \cdot \frac{120}{3,6R}, [min^{-1}]. \quad (61)$$

- скорост $v_{2I,пз}$, $[km/h]$ в края на спирането

$$v_{2I,пз} = 0,5v_{1I,пз}, [km/h], \quad (62)$$

при която ъгловата скорост или честотата на въртене на диска (барабана) на колесния спирачен механизъм са съответно

$$\omega_{2I,пз} = 0,5\omega_{1I,пз}, [s^{-1}], \quad n_{2I,пз} = 0,5n_{1I,пз}, [min^{-1}]. \quad (63)$$

С индекс „I,пз” е означена процедурата по загряване на изпитване тип I.

- продължителност на един спирачен цикъл (времето, изминало между началото на едно спиране и началото на следващото)

$$\Delta t_{I,пз} = 45 s; \quad (64)$$

При пътно изпитване се допуска, ако поради характеристиките на пътното превозно средство не е възможно да бъде спазена продължителността на $\Delta t_{I,пз}$, тя да бъде увеличена.

Освен времето, необходимо за спиране и ускоряване, се предвиждат 10 s за стабилизиране на скоростта $v_{1I,пз}$, $[km/h]$ (60), а на стенда – съответната ъглова скорост $\omega_{1I,пз}$, $[s^{-1}]$ или честота на въртене $n_{1I,пз}$, $[min^{-1}]$.

- брой на спиранията

$$n_{I,пз} = 15 \text{ бр.} \quad (65)$$

- средно постоянно закъснение

$$d_{mI,пз} = 3 m/s^2. \quad (66)$$

Допуска се, за да се изпълни условието (66) относно средното постоянно закъснение, за определяне на необходимата сила върху органа за управление на спирачната уредба да се проведат 2 бр. допълнителни спирания.

Скоростите $v_{0I,пз}$, $v_{bI,пз}$ и $v_{eI,пз}$, $[km/h]$, необходими за определяне на средното постоянно закъснение $d_{mI,пз}$, и съответните им ъглови скорости $\omega_{0I,пз}$, $\omega_{bI,пз}$ и $\omega_{eI,пз}$, $[s^{-1}]$ или честоти на въртене $n_{0I,пз}$, $n_{bI,пз}$ и $n_{eI,пз}$, $[min^{-1}]$, на диска или барабана на колесния спирачен механизъм при процедурата по загряване са

$$v_{0l,пз} = (0,98...1)v_{1l,пз}, [km/h], \quad (67)$$

$$\omega_{0l,пз} = \frac{v_{0l,пз}}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{0l,пз} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{0l,пз}}{3,6R}, [min^{-1}]; \quad (68)$$

$$v_{bl,пз} = 0,8v_{0l,пз}, [km/h], \quad (69)$$

$$\omega_{bl,пз} = \frac{v_{bl,пз}}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{bl,пз} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{bl,пз}}{3,6R}, [min^{-1}]; \quad (70)$$

$$v_{el,пз} = v_{2l,пз}, [km/h], \quad (71)$$

$$\omega_{el,пз} = \frac{v_{el,пз}}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{el,пз} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{el,пз}}{3,6R}, [min^{-1}]. \quad (72)$$

- включена предавка на предавателната кутия на пътното превозно средство по време на спиранията: най-високата, с изключение на ускорящата;

За ускоряване на стенда до ъглова скорост $\omega_{1l,пз}, [s^{-1}]$ или честота на въртене $n_{1l,пз}, [min^{-1}]$, определени по (61), след спирането трябва да се използват такива предавки на редукторите на стенда, които позволяват постигането на $\omega_{1l,пз}, [s^{-1}]$ или $n_{1l,пз}, [min^{-1}]$, съответстващи на $v_{1l,пз}, [km/h]$, за минимално време с максималното ускорение, което позволяват задвижващият електродвигател и редукторите.

Б) Ефективност при загрети колесни спирачни механизми

1) Общи условия за провеждане на изпитването

Ефективността при загрети спирачни механизми се измерва веднага, след като те са загрети, при същите условия (и в частност – при средна стойност $f_{l,зм}, [daN]$ на силата върху органа за управление на спирачната уредба, не по-голяма от действително използваната), **както за изпитване тип нула с неприсъединен двигател**, като температурните условия могат да бъдат различни.

2) Изисквания за ефективност

Ефективността при загрети спирачни механизми трябва да бъде едновременно не по-малка от 75 % от предписаната стойност и не по-малка от 60 % от стойността, регистрирана при изпитване тип нула с неприсъединен двигател.

На 75 % от предписаните стойности на спирачния път и съответния им брой завъртания на диска или барабана на колесния спирачен механизъм и средното постоянно закъснение отговарят:

$$s_{l,зм} \leq 0,75s_{0,нд} = 0,75 \cdot 70 = 52,5 \text{ m}, \quad (73)$$

$$z_{l,зм} \leq 0,75z_{0,нд} \leq 0,75 \cdot \frac{52,5}{2\pi R}, [бр.], \quad (74)$$

$$d_{ml,зм} \geq 0,75d_{m0,нд} = 0,75 \cdot 6,43 = 4,8225 \text{ m/s}^2. \quad (75)$$

Ако първото условие не е изпълнено, а е изпълнено само второто, се провежда още едно спиране със загрети колесни спирачни механизми при сила на натискане върху органа за управление

$$f_{l,зм} \leq f_{0,нд} = 6,5 - 50 \text{ daN}. \quad (76)$$

В) Процедура за възстановяване на ефективността

Тя се провежда веднага след изпитването за ефективност при загрети колесни спирачни механизми.

Условия за провеждане на процедурата по възстановяване на ефективността

- скорост $v_{1l,пв}$, $[km/h]$ в началото на спирането

$$v_{1l,пв} = 50 \text{ km/h}, \quad (77)$$

на която съответстват ъглова скорост или честота на въртене на диска (барабана) на колесния спирачен механизъм

$$\omega_{1l,пв} = \frac{50}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{1l,пв} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{50}{3,6R} = \frac{1500}{3,6\pi R}, [min^{-1}]. \quad (78)$$

- средно постоянно закъснение

$$d_{ml,пв} = 3 \text{ m/s}^2. \quad (79)$$

Скоростите $v_{0l,пв}$, $v_{bl,пв}$ и $v_{el,пв}$, $[km/h]$, необходими за определяне на средното постоянно закъснение $d_{ml,пв}$, и ъгловите скорости $\omega_{0l,пв}$, $\omega_{bl,пв}$ и $\omega_{el,пв}$, $[s^{-1}]$ или честоти на въртене $n_{0l,пв}$, $n_{bl,пв}$ и $n_{el,пв}$, $[min^{-1}]$, на диска или барабана на колесния спирачен механизъм при процедурата по възстановяване на ефективността (индекс „пв“) са

$$v_{0l,пв} = (0,98...1)v_{1l,пв} = 49...50 \text{ km/h}, \quad (80)$$

$$\omega_{0l,пв} = \frac{v_{0l,пв}}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{0l,пв} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{0l,пв}}{3,6R}, [min^{-1}], \quad (81)$$

$$v_{bl,пв} = 0,8v_{0l,пв}, [km/h], \quad (82)$$

$$\omega_{bl,пв} = \frac{v_{bl,пв}}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{bl,пв} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{bl,пв}}{3,6R}, [min^{-1}], \quad (83)$$

$$v_{el,пв} = 0,1v_{0l,пв}, [km/h], \quad (84)$$

$$\omega_{el,пв} = \frac{v_{el,пв}}{3,6R}, [s^{-1}], \quad n_{el,пв} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{v_{el,пв}}{3,6R}, [min^{-1}]. \quad (85)$$

- брой на спиранията

$$n_{l,пв} = 4 \text{ бр.} \quad (86)$$

- двигател: присъединен;

- допуска се интервал от 1,5 km между началата на всяко от последователните спирания. На този интервал съответстват

$$z_{l,пв} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{2\pi R} [\text{бр.}] \quad (87)$$

завъртания на диска или барабана на колесния спирачен механизъм.

Веднага след всяко спиране пътното превозно средство се ускорява с максимална интензивност до $v_{1l,пв} = 50 \text{ km/h}$ (на стенда – съответната ъглова скорост $\omega_{1l,пв}$ или честота на въртене $n_{1l,пв}$, указани по-горе) и тази скорост се запазва до следващото спиране.

Г) Проверка на възстановената ефективност

1) Условия за провеждане на изпитването

Веднага след процедурата за възстановяване на ефективността, последната се проверява при същите условия, **както при изпитване тип нула с неприсъединен двигател**, като температурните условия могат да бъдат различни.

2) Изисквания за ефективност

Възстановената ефективност трябва да бъде не по-малко от 70 % и не по-голяма от 150 % от регистрираната стойност при изпитване тип нула с неприсъединен двигател.

Средната стойност на силата върху органа за управление на спирачната уредба не трябва да е по-голяма от тази, използвана при съответното изпитване тип нула.

Подготвителни и заключителни операции

Подготвителните и заключителните операции се състоят от оглед на триещите се детайли на колесния спирачен механизъм, колесния спирачен механизъм като цяло и задвижването му и установяване на тяхното състояние.

При огледът преди започване на изпитването трябва да се констатира задоволителното състояние на колесния спирачен механизъм и задвижването му и готовността им за изпитване.

Допълнително се измерва температурата, някои размери, променящи се в процеса на изпитване, например вследствие на износване, и т.н.

Преди започване на изпитване тип нула челюстите и дискът (барабанът) на колесния спирачен механизъм се приработват докато челюстите прилегнат не по-малко от 80 % от повърхността си. Процедурата по притриването трябва да се извършва при температура на челюстите не по-висока от 180 °С. Допуска се при изпитване на челюсти от нов тип за приработването им да се използва друга процедура, в съответствие с желанието на техния производител.

Практически пример за приложение на предлаганата методика

Като практически пример за приложение на предлаганата методика, са определени условията за привеждане на пътното изпитване към стендово на лек автомобил, който има следните параметри:

- задвижване: предно;
- максимална (пълна) маса: $m = 2090 \text{ kg}$;
- минимална (собствена) маса: $m_c = 1402 \text{ kg}$;
- разпределение на максималната маса между осите, [%]: 50/50 [5];
- тип на колесните спирачни механизми: дискови и на двете оси;
- тип на двигателя: бензинов;
- брой и стойности на предавателните числа на предавателната кутия:
 $i_{п1} = 3,67$, $i_{п2} = 2,14$, $i_{п3} = 1,48$, $i_{п4} = 1,11$, $i_{п5} = 0,85$;
- стойност на предавателното число на главното предаване: $i_0 = 4,07$;
- размери на гумите: 205/55 R16;
- максимална скорост на движение: $v_{\max} = 210 \text{ km/h}$;
- надлъжна база: $L = 2,850 \text{ m}$.

Предварително се определят:

- номинален радиус на гумите: $r_n = 315,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}$;
- статичен радиус на гумите: $r_{ст} = 295,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}$;
- динамичен и кинематичен радиуси на колелата: $R = r_d \approx r_{ст} = 295,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}$;
- максимално (пълно) тегло на автомобила: $G = mg = 20502,9 \text{ N}$;
- нормални реакции на предния и задния мост в статично положение на автомобила с максимална маса: $F_{z1} = 0,5G = 10251,45 \text{ N}$, $F_{z2} = 0,5G = 10251,45 \text{ N}$;
- координати на масовия център на натоварен автомобил:
 $a = \frac{F_{z2}L}{G} = 1,425 \text{ m}$, $b = L - a = 1,425 \text{ m}$, $h \approx 0,2L = 0,57 \text{ m}$;
- маса на ненатоварен автомобил: $m' = m_c + m_b + m_n = 1546 \text{ kg}$;

- разпределение на масата на ненатоварен автомобил между осите, [%]: 57,4/42,6;

- тегло на ненатоварен автомобил: $G' = m'g = 15166,26 \text{ N}$;

- нормални реакции на предния и задния мост в статично положение на ненатоварен автомобил: $F'_{z1} = 0,574G' = 8705,444 \text{ N}$, $F'_{z2} = 0,426G' = 6460,827 \text{ N}$;

- координати на масовия център на ненатоварен автомобил:

$$a' = \frac{F'_{z2} L}{G'} = 1,2141 \text{ m}, \quad b' = L - a' = 1,6359 \text{ m}, \quad h' \approx 0,18L = 0,51 \text{ m};$$

Изпитване тип нула

А) Изпитване тип нула с неприсъединен двигател

1) Общи условия за провеждане на изпитването

- коефициент, отчитащ влиянието на въртящите се части при неприсъединен двигател: $\delta_{аснд} = \delta'_{аснд} = 1 + 0,04 = 1,04$;

- приведен към оста на въртене на диска на колесния спирачен механизъм масов инерционен момент на частта от масата на автомобила, която е спирана от съответно от предно $I_{10,нд}$ (задно $I_{20,нд}$) ходово колело, $[kgm^2]$:

а) при натоварен автомобил

$$58,24228 \leq I_{10,нд} \leq 60,99412 \text{ kgm}^2 \text{ - по (29);}$$

$$30,53367 \leq I_{20,нд} \leq 33,28551 \text{ kgm}^2 \text{ - по (30).}$$

б) при ненатоварен автомобил

$$47,16964 \leq I'_{10,нд} \leq 49,00166 \text{ kgm}^2 \text{ - по (29')};$$

$$18,70263 \leq I'_{20,нд} \leq 20,53465 \text{ kgm}^2 \text{ - по (30')},$$

където коефициентът на сцепление на ходовото колело в надлъжно направление за сух асфалтобетонен път $\varphi_x = 0,8$.

- при предписаната скорост $v_{0,нд} = 100 \text{ km/h}$ ъгловата скорост или честота на въртене на диска на колесния спирачен механизъм са съответно

$$\omega_{0,нд} = \frac{100}{3,6R} = 93,8597 \text{ s}^{-1}, \quad n_{0,нд} = \frac{3000}{3,6R} = 896,2941 \text{ min}^{-1}.$$

2) Изисквания за ефективност

- при спирачен път $s_{0,нд} \leq 70 \text{ m}$ броят на завъртанията z на диска на колесния спирачен механизъм в процеса на спиране е $z_{0,нд} \leq \frac{70}{2\pi R} = 37,64435 \text{ бр}$.

- скорости $v_{00,нд}$, $v_{b0,нд}$ и $v_{e0,нд}$, $[km/h]$, необходими за определяне на средното постоянно закъснение, и съответните им ъглови скорости $\omega_{00,нд}$, $\omega_{b0,нд}$ и $\omega_{e0,нд}$, $[s^{-1}]$ или честоти на въртене $n_{00,нд}$, $n_{b0,нд}$ и $n_{e0,нд}$, $[min^{-1}]$, на диска на колесния спирачен механизъм при този тип изпитване:

$$v_{00,нд} = (0,98 \dots 1)v_{0,нд} = 98 \dots 100 \text{ km/h};$$

$$\omega_{00,нд} = 91,9825 \dots 93,8597 \text{ s}^{-1}, \quad n_{00,нд} = 878,3682 \dots 896,2941 \text{ min}^{-1};$$

$$v_{b0,нд} = 0,8v_{00,нд} = 78,4 \dots 80 \text{ km/h};$$

$$\omega_{b0,нд} = 73,586 \dots 75,08776 \text{ s}^{-1}, \quad n_{b0,нд} = 702,6946 \dots 717,0353 \text{ min}^{-1};$$

$$v_{e0,нд} = 0,1v_{00,нд} = 9,8 \dots 10 \text{ km/h},$$

$$\omega_{e0,нд} = 9,19825 \dots 9,38597 \text{ s}^{-1}, \quad n_{e0,нд} = 87,83682 \dots 89,62941 \text{ min}^{-1}.$$

Б) Изпитване тип нула с присъединен двигател

1) Общи условия за провеждане на изпитването

- предавателно число на трансмисията с включена предавка на предавателната кутия на пъното превозно средство по време на спиранията: най-високата, с изключение на ускоряващата: $i_T = i_{п4} i_0 = 1,11 \cdot 4,07 = 4,5177$;

- коефициент, отчитащ влиянието на въртящите се части при присъединен двигател:

$$\delta_{аснд} = \delta'_{аснд} = 1 + 0,06 \cdot 4,5177^2 + 0,04 = 2,264577;$$

- приведен към оста на въртене на диска на колесния спирачен механизъм масов инерционен момент на частта от масата на автомобила, която е спирана съответно от предно $I_{10,нд}$ или задно $I_{20,нд}$ ходово колело, $[kgm^2]$:

а) при натоварен автомобил

$$70,10406 \leq I_{10,нд} \leq 78,92737 \text{ kgm}^2 \text{ - по (43),}$$

$$12,60042 \leq I_{20,нд} \leq 21,42373 \text{ kgm}^2 \text{ - по (44).}$$

б) при ненатоварен автомобил

$$55,06652 \leq I'_{10,нд} \leq 60,94057 \text{ kgm}^2 \text{ - по (43'),}$$

$$6,763722 \leq I'_{20,нд} \leq 12,63777 \text{ kgm}^2 \text{ - по (44').}$$

- т.к. максималната скорост на движение на автомобила е $v_{max} = 210 \text{ km/h}$, предписаната скорост при това изпитване е $v_{0,нд} = 160 \text{ km/h}$.

Съответните на тази предписана скорост ъглова скорост и честота на въртене на диска на спирачния механизъм са $\omega_{0,нд} = 150,1755 \text{ s}^{-1}$, $n_{0,нд} = 1434,071 \text{ min}^{-1}$.

2) Изисквания за ефективност

- спирачен път $s_{0,нд} \leq 0,1v_{0,нд} + 0,0067v_{0,нд}^2 = 187,52 \text{ m}$,

на който съответстват $z_{0,нд} = \frac{s_{0,нд}}{2\pi R} \leq \frac{0,1v_{0,нд} + 0,0067v_{0,нд}^2}{2\pi R} = 100,8438 \text{ бр. завъртания}$ на диска на колесния спирачен механизъм в процеса на спиране.

- скоростите $v_{00,нд}$, $v_{b0,нд}$ и $v_{e0,нд}$ $[km/h]$, необходими за определяне на средното постоянно закъснение, и съответните им ълови скорости $\omega_{00,нд}$, $\omega_{b0,нд}$ и $\omega_{e0,нд}$ $[s^{-1}]$, или честоти на въртене $n_{00,нд}$, $n_{b0,нд}$ и $n_{e0,нд}$ $[min^{-1}]$, на диска на колесния спирачен механизъм при този тип изпитване са:

$$v_{00,нд} = (0,98 \dots 1)v_{0,нд} = 156,8 \dots 160 \text{ km/h},$$

$$\omega_{00,нд} = 147,172 \dots 150,1755 \text{ s}^{-1}, \quad n_{00,нд} = 1405,389 \dots 1434,071 \text{ min}^{-1};$$

$$v_{b0,нд} = 0,8v_{00,нд} = 125,44 \dots 128 \text{ km/h},$$

$$\omega_{b0,нд} = 117,7376 \dots 120,1404 \text{ s}^{-1}, \quad n_{b0,нд} = 1124,311 \dots 1147,256 \text{ min}^{-1};$$

$$v_{e0,нд} = 0,1v_{00,нд} = 15,68 \dots 16 \text{ km/h},$$

$$\omega_{e0,нд} = 14,7172 \dots 15,01755 \text{ s}^{-1}, \quad n_{e0,нд} = 140,5389 \dots 143,4071 \text{ min}^{-1}.$$

Изпитване тип I (изпитване на загуба и на възстановяване на ефективността)

Общи условия за провеждане на изпитването

- при натоварен автомобил;
- приведени към оста на въртене на диска на колесния спирачен механизъм масови инерционен моменти на частта от масата на автомобила, която е спирана от съответно предно I_{1I} или задно I_{2I} , $[kgm^2]$ ходово колело:

$$58,24228 \leq I_{1I} = I_{10,нд} \leq 60,99412 \text{ } kgm^2;$$

$$30,53367 \leq I_{2I} = I_{20,нд} \leq 33,28551 \text{ } kgm^2.$$

A) Процедура по загряване

Условия за провеждане на процедурата по загряване

- скорост $v_{1I,пз}$, $[km/h]$ в началото на спирането

$$v_{1I,пз} = 120 \text{ } km/h,$$

на която съответстват ъглова скорост или честота на въртене на диска на колесния спирачен механизъм $\omega_{1I,пз} = 112,6316 \text{ } s^{-1}$, $n_{1I,пз} = 1075,553 \text{ } min^{-1}$.

- скорост в края на спирането $v_{2I,пз} = 60 \text{ } km/h$,

на която съответстват ъглова скорост или честота на въртене на диска на колесния спирачен механизъм: $\omega_{2I,пз} = 56,31582 \text{ } s^{-1}$, $n_{2I,пз} = 537,7765 \text{ } min^{-1}$.

- продължителност на един спирачен цикъл: $\Delta t_{I,пз} = 45 \text{ } s$;

- брой на спиранията: $n_{I,пз} = 15 \text{ } бр.$

- средно постоянно закъснение: $d_{mI,пз} = 3 \text{ } m/s^2$.

Скорости $v_{0I,пз}$, $v_{bI,пз}$ и $v_{eI,пз}$, $[km/h]$, по които се определя средното постоянно закъснение $d_{mI,пз}$, $[m/s^2]$, и съответните им ъглови скорости $\omega_{0I,пз}$, $\omega_{bI,пз}$ и $\omega_{eI,пз}$, $[s^{-1}]$, или честоти на въртене $n_{0I,пз}$, $n_{bI,пз}$ и $n_{eI,пз}$, $[min^{-1}]$, на диска на колесния спирачен механизъм при процедурата по загряване:

$$v_{0I,пз} = (0,98...1)v_{1I,пз} = 117,6...120 \text{ } km/h,$$

$$\omega_{0I,пз} = 110,379...112,6316 \text{ } s^{-1}, \quad n_{0I,пз} = 1054,042...1075,553 \text{ } min^{-1};$$

$$v_{bI,пз} = 0,8v_{0I,пз} = 94,08...96 \text{ } km/h,$$

$$\omega_{bI,пз} = 88,3032...90,10531 \text{ } s^{-1}, \quad n_{bI,пз} = 843,2335...860,4423 \text{ } min^{-1};$$

$$v_{eI,пз} = v_{2I,пз} = 60 \text{ } km/h,$$

$$\omega_{eI,пз} = 56,31582 \text{ } s^{-1}, \quad n_{eI,пз} = 537,7765 \text{ } min^{-1}.$$

- включена предавка на предавателната кутия на пътното превозно средство по време на спиранията: най-високата, с изключение на ускоряващата, $i_{п4} = 1,11$;

Б) Ефективност при загрети колесни спирачни механизми

1) Общи условия за провеждане на изпитването

- **както за изпитване тип нула с неприсъединен двигател**, като температурните условия могат да бъдат различни.

2) Изисквания за ефективност

- Ефективността при загрети спирачни механизми трябва да бъде едновременно не по-малка от 75 % от предписаната стойност и не по-малка от 60 % от стойността, регистрирана при изпитване тип нула с неприсъединен двигател.

На 75 % от предписаните стойности съответстват:

$$s_{l,33} \leq 0,75s_{0,нд} = 0,75 \cdot 70 = 52,5 \text{ m},$$

$$z_{l,33} \leq 0,75z_{0,нд} = 28,23326 \text{ бр.},$$

$$d_{ml,3м} \geq 0,75d_{m0,нд} = 0,75 \cdot 6,43 = 4,8225 \text{ m/s}^2.$$

В) Процедура за възстановяване на ефективността

Условия за провеждане на процедурата по възстановяване на ефективността

- скорост в началото на спирането $v_{l,пв} = 50 \text{ km/h}$, на която съответстват ъглова скорост или честота на въртене на диска на колесния спирачен механизъм

$$\omega_{l,пв} = 46,92985 \text{ s}^{-1}, \quad n_{l,пв} = 448,147 \text{ min}^{-1}.$$

- средно постоянно закъснение $d_{ml,пв} = 3 \text{ m/s}^2$.

Скоростите $v_{0l,пв}$, $v_{bl,пв}$ и $v_{el,пв}$, [km/h], необходими за определяне на това средно постоянно закъснение, и ъгловите скорости $\omega_{0l,пв}$, $\omega_{bl,пв}$ и $\omega_{el,пв}$, [s⁻¹], или честоти на въртене $n_{0l,пв}$, $n_{bl,пв}$ и $n_{el,пв}$, [min⁻¹], на диска на колесния спирачен механизъм при процедурата по възстановяване на ефективността са

$$v_{0l,пв} = (0,98 \dots 1)v_{l,пв} = 49 \dots 50 \text{ km/h},$$

$$\omega_{0l,пв} = 45,99125 \dots 46,92985 \text{ s}^{-1}, \quad n_{0l,пв} = 439,1841 \dots 448,147 \text{ min}^{-1};$$

$$v_{bl,пв} = 39,2 \dots 40 \text{ km/h},$$

$$\omega_{bl,пв} = 36,793 \dots 37,54388 \text{ s}^{-1}, \quad n_{bl,пв} = 351,3473 \dots 358,5176 \text{ min}^{-1};$$

$$v_{el,пв} = 4,9 \dots 5 \text{ km/h},$$

$$\omega_{el,пв} = 4,599125 \dots 4,69285 \text{ s}^{-1}, \quad n_{el,пв} = 43,91841 \dots 44,8147 \text{ min}^{-1}.$$

- брой на спиранията: $n_{l,пв} = 4 \text{ бр.}$

- двигател: присъединен;

- на интервала от 1,5 km между началата на всяко от последователните спирания съответстват $z_{l,пв} = 806,6647 \text{ бр.}$ завъртания на диска на колесния спирачен механизъм.

Г) Проверка на възстановената ефективност

1) Условия за провеждане на изпитването

- **както при изпитване тип нула с неприсъединен двигател**, като температурните условия могат да бъдат различни.

2) Изисквания за ефективност

- изискванията за ефективност са свързани с резултатите от изпитване тип нула с неприсъединен двигател, като възстановената ефективност трябва да бъде не по-малко от 70 % и не по-голяма от 150 % от регистрираната стойност.

- средната стойност на силата върху органа за управление на спирачната уредба не трябва да е по-голяма от тази, използвана при съответното изпитване тип нула.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От казаното дотук може да се направят следните изводи:

1. Предложена е методика, по която на лабораторни инерционни стендове да се моделират процесите, протичащи при пътното изпитване на работната спирачна уредба на леки автомобили в съответствие на Правила № 13 и 13Н на ИКЕ на ООН.
2. Предложени са зависимости за определяне на параметрите на лабораторните инерционни стендове при привеждане към тях на процедурите за пътнo изпитване на колесни спирачни механизми на леки автомобили, предписани в Правила № 13 и 13Н на ИКЕ на ООН. Представен е числен пример за практическото приложение на предложената методика по отношение на реален лек автомобил.
3. Предложената методика е принципна и може да се използва за лабораторни стендови изпитвания на колесни спирачни механизми на пътни превозни средства от други категории в съответствие с предписанията за пътни изпитвания на Правило № 13 на ИКЕ на ООН, за проверка на свойствата на фрикционните материали на челюстите им съгласно Правило № 90 на ИКЕ на ООН, а също и за изпитване на надеждност и други изследователски цели.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вълчев, К. Е. Изпитване на автомобила, трактора и кара. С., Техника, 1979, 352 стр.
- [2] Диваков, А., П. Карин, Ст. Шумахер. Неокласицизм. Сп. „Авторевю”, № 15(385), 2007 г., 26 стр.
(http://www.autoreview.ru/archive/2007/15/mondeo_camry_passat)
- [3] Димитров, Й. Н. Автомобилна техника. Теория. С., Тракия-М, 2000, 192 стр.
- [4] Илиев, П. Б. Автомобилни спирачни уредби. С., Техника, 1986, 234 стр.
- [5] Крагельский, И. В., Н. М. Михин. Узлы трения машин: Справочник. М., Машиностроение, 1984, 280 стр.
- [6] Куприй, Е. И., А. В. Мишур, А. Н. Мусин, Опыт внедрения стенда БИНС-3 на ОАО "Трибо" для проведения научно-исследовательских разработок и приемосдаточных испытаний тормозных накладок. Экономично и надежно. В: Труды 6-го международного симпозиума по фрикционным изделиям и материалам, ЯРОФРИ-2006, Ярославль, Россия, 5-7 септември 2006 г., стр. 108-112.
(<http://bins3.narod.ru/articles/yarofri2006.pdf>).
- [7] Литвинов, А. С., Я. Е. Фаробин. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств. М., Машиностроение, 1989, 240 стр.
- [8] Морчев, Е. П. Проектиране и конструиране на автомобила. С., Техника, 1983, 348 стр.
- [9] Полимеры в узлах трения машин и приборов: Справочник/Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. М., Машиностроение, 1988, 328 стр.
- [10] Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин/Шведков, Е. Л., Д. Я. Ровинский, В. Д. Зозуля, Э. Д. Браун. Киев, Наук. думка, 1979, 188 стр.
- [11] Сцепления транспортных и тяговых машин/Под ред. Ф. Р. Геккера и др. М., Машиностроение, 1989. – 344 стр.
- [12] Automotive Vibration Testing/Polytec GmbH, Germany, 20 p.
(www.polytec.com/int/files/OM_BR_Automotive_2007_04_US.pdf).
- [13] Development Project "Brake Disk Thermal Mapping System" University of West Bohemia, Pilsen, Czech Republic, New Technologies Research Center, Dept. Thermomechanics of Technological Processes, 5 p.
(http://tftp.zcu.cz/files/pdf/IL_EN_HotSpots_Meas_f.pdf).

- [14] Giant 9000 Series/HORIBA Ltd, Japan, Automotive Test Systems, 1 стр.
(<http://www.ats.horiba.com/giant9000series.html>).
- [15] Hagedorn, P., U. von Wagner. "Smart Pads": A New Tool for the Suppression of Brake Squeal? – In: "Proc. 24th μ-Symp.", Bad Neuenahr, Germany (2004). Brake Conf., 16 p. (http://www.dyn.tu-darmstadt.de/pub/brake/2004_mue_smartpad.pdf).
- [16] Regulation No. 13. Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles of Categories M, N and O with Regard to Braking./United Nations Economic Commission for Europe. Transport Division. Vehicle Regulations, 271 p.
(<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs1-20.html>).
- [17] Regulation No. 13-H. Uniform Provisions Concerning the Approval of Passenger Cars with Regard to Braking./United Nations Economic Commission for Europe. Transport Division. Vehicle Regulations, 96 p.
(<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs1-20.html>).
- [18] Regulation No. 90. Uniform Provisions Concerning the Approval of Replacement Brake Lining Assemblies and Drum Brake Linings for Power-Driven Vehicles and their Brakes./United Nations Economic Commission for Europe. Transport Division. Vehicle Regulations, 50 p.
(<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs81-100.html>).
- [19] Wheel and Brake Assembly Testing, 1 p.
(http://www.instron.com/ist/products/wheel_brake_assembly_testing.asp); Biaxial HydropulsTM test rigs for automotive wheels and hubs, 2 p.
(<http://www.instron.us/wa/library/streamfile.aspx?doc=57>).

БЛАГОДАРНОСТИ

Изследванията са проведени по договор ДО 02-47/10.12.2008 г., финансиран от Министерството на образованието, младежта и науката.

За контакти:

Доц. д-р инж. Данаил Андреев Хлебарски, Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“, Технически университет-София, тел: 02-965 25 62, e-mail: dhlebarski@tu-sofia.bg

Доц. д-р инж. Лило Петков Кунчев, Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“, Технически университет-София, тел: 02-965 21 06, e-mail: lkunchev@tu-sofia.bg

Докладът е рецензиран.