

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ИНЕРЦИОННОГО СТЕНДА С БЕГОВЫМИ БАРАБАНАМИ

И.А. Мармут, доцент, к.т.н., В.И. Мармут, студент, ХНАДУ

Аннотация. Показано, что точность проверки тормозов на инерционных стендах зависит от используемых методик измерения тормозных параметров (стендового замедления, тормозного пути, времени срабатывания, текущей скорости), а также от методики метрологической поверки каналов измерительной системы.

Ключевые слова: инерционный стенд с беговыми барабанами, тормозная система, измерительная система, метрологический контроль, погрешность измерения.

Введение

Как известно, основным средством при проверке тормозов является стенд с беговыми барабанами. Это должен быть быстроходный стенд с проверкой тормозов инерционным методом [1]. При разработке стенда необходимо основное внимание уделять измерительным системам, которые обеспечивают качество и точность проверки тормозных систем (ТС).

Анализ публикаций

Выполнение требований к точности и качеству проверки ТС обеспечивается помимо геометрических параметров метрологическими характеристиками стенда: типом измерительной системы (ИС) и заложенной методикой регистрации диагностических параметров.

При разработке методики метрологической поверки ИС инерционного стенда с беговыми барабанами учитывались требования стандартов [2, 3], а также основные положения работ, посвященных точности и метрологическому обеспечению при диагностировании автомобилей [4, 5], и работ кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей ХНАДУ [6, 7].

При этом используем элементы теории стендовых испытаний тормозов и действующие требования к состоянию тормозных систем.

Цель и постановка задачи

При исследовании исходим из того, что измерительная аппаратура инерционного стенда должна обеспечивать:

- объективность оценки измеряемых параметров;
- минимальное время, необходимое для проведения диагностических операций;
- стабильность замеров;
- простоту и доступность для обслуживающего персонала;
- необходимую точность замеров.

В соответствии со стандартом при стендовых испытаниях ТС обязательными являются измерение и определение тормозных сил на отдельных колесах. На стенде значение тормозной силы определяется по установившемуся замедлению (j_i^c). Также измеряемым параметром эффективности рабочей ТС является время срабатывания τ_c . Необходимо знать текущее значение линейной скорости барабанов (V_d) для определения момента нажатия на тормозную педаль.

Методика поверки канала измерения линейной скорости

Канал измерения линейной скорости рабочих барабанов (далее – скорость V_n) представляет собой последовательные звенья преобразователей измерительной информации. Каждый преобразователь в процессе своего функционирования может являться источником возникновения составляющей инструментальной погрешности. Для определения значений параметров результирующей погрешности канала измерения скорости необходимо получить оценку погрешностей частей канала, каждая из которых включает в себя несколько измерительных преобразователей с последующим суммированием полученных оценок по соответствующим правилам.

В этом случае контроль основных составных частей канала необходимо проводить в следующей последовательности:

- метрологический контроль геометрических параметров барабанов и прорезей (преобразователи «скорость линейная» → «скорость угловая» → «частота следования оптических прорезей»);
- метрологический контроль фотодатчиков и канала трансляции электрических сигналов (преобразователь «частота следования оптических прорезей» → «частота следования электрических импульсов тока»);
- метрологический контроль внутренних шкал времени системы измерения частоты следования электрических импульсов на выходе фотодатчиков и системы отображения информации;
- имитация движения барабанов электрическими сигналами, обладающими требуемыми метрологическими характеристиками с целью получения характеристик измерительного канала «частота следования электрических импульсов» → «значение скорости на показывающем приборе».

1. Метрологический контроль системы «барабан – прорези»

С помощью углового микроскопа типа БМП (точность 0,005 мин) провести контроль точности шага прорезей обтюратора ($z=54$). Измерения проводить не менее 5 раз по диаметру обтюратора, соответствующего месту установки фотодатчиков. Составить протокол измерений, куда внести значения абсо-

лютной погрешности шага ($\Delta_{ш}$), относительной погрешности шага ($\delta_{ш}$) и среднего квадратичного отклонения (СКО) шага – $\sigma(\Delta_{ш})$.

Произвести измерение диаметра барабанов с помощью оптического длиномера ДВО (ИЗВ-2) в различных точках не менее 15 раз. Результаты занести в протокол. Оценить относительную погрешность (δ_p) преобразования «скорость линейная – скорость угловая», приняв в качестве базового диаметра – $D_p=0,2387$ м.

Погрешность преобразования «линейная скорость» → «частота следования оптических прорезей» вычисляется по формуле сложения погрешностей от некоррелированных источников [8]:

$$\sigma(\Delta\Sigma) = \sqrt{\sigma^2(\Delta_1) + \sigma^2(\Delta_2) + \dots + \sigma_{изм}^2}, \quad (1)$$

где $\sigma_{изм}$ – СКО процесса измерения параметров прорези.

Необходимо рассчитать относительную систематическую составляющую инструментальной погрешности функции преобразования «линейная скорость» → «частота следования оптических прорезей» по формуле

$$\delta_F = (D_p - \bar{D}) / D_p = 1 - \bar{D} / D_p, \quad (2)$$

где D_p – расчетный диаметр барабана, м;
 \bar{D} – усредненный результат обмеров диаметра барабана, м.

Величина δ_F характеризует отклонение функции преобразования «линейная скорость» → «частота следования прорезей» от расчетной линейной зависимости ($F_{ш,расч} = \pi \cdot D_p \cdot z / V_n$). Это отклонение в основном определяется разностью фактического усредненного диаметра барабана (\bar{D}) от расчетного значения (D_p) и обеспечивает появление систематической динамической погрешности измерения величины линейной скорости (V_n)

$$\delta V_n = V_n \cdot \delta_F. \quad (3)$$

Величина случайной составляющей инструментальной погрешности преобразования «линейная скорость» → «частота следования прорезей» зависит от интервала усреднения по числу импульсов от прорезей и может быть определена, как результат многократных измерений независимых величин (момент появления прорезей) с последующим усреднением

$$\overline{\sigma V}_l = \delta V_l / z_{\text{изм}}, \quad (4)$$

где $z_{\text{изм}}$ – число прорезей, используемых для измерения скорости.

Следует учесть, что погрешность $\overline{\sigma V}_l$ зависит как от абсолютного значения V_l , так и от $z_{\text{изм}}$. При фиксированном времени усреднения (0,5 с) она увеличивается с уменьшением V_l .

На основании результатов анализа величин, полученных при выполнении вышеизложенного, делается вывод о признании годности к эксплуатации измерительного преобразователя «линейная скорость» → «частота следования прорезей».

2. Метрологический контроль системы фотодатчиков и канала трансляции электрических сигналов фотодатчиков

С увеличением скорости до максимальных значений длительность светового импульса, создаваемого прорезью, может оказаться соизмеримой с пределом быстродействия как фотодатчика, так и канала трансляции. Для проверки быстродействия фотодатчиков необходимо использовать осциллограф с шириной полосы пропускания канала вертикального отклонения не менее 106 Гц. Схема проверки быстродействия фотодатчиков стенда представлена на рис. 1.

При проверке необходимо разогнать барабаны до максимально возможной скорости и поочередным подключением щупа осциллографа к точкам 1 и 2 (см. рис. 1) произвести замер параметров электрических сигналов. Оформить в виде табл. 1.

Система фотодатчиков признается годной к эксплуатации, если $\Delta Q/Q \leq 10\%$ на максимальной измеряемой скорости. При этом величины результатов измерений амплитуды,

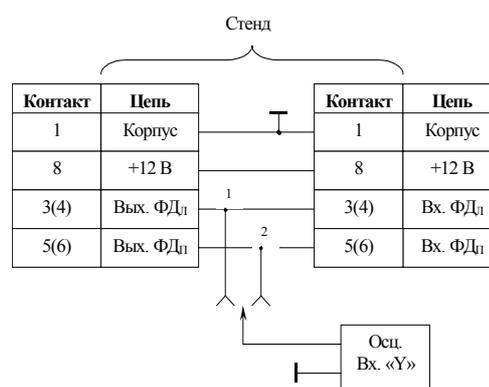


Рис. 1. Схема проверки быстродействия фотодатчиков

Таблица 1 Параметры электрических сигналов

Параметр	Ед. измер.	Расчетная формула
1. Амплитуда	В	-
2. Длительность, τ	мкс	-
3. Период, T	мкс	-
4. Крутизна переднего фронта	мкс	-
5. Крутизна заднего фронта	мкс	-
6. Скважность расчетная, Q_p	-	-
7. Скважность фактическая, Q_ϕ	-	T/τ
8. Снижение скважности $\Delta Q/Q$	%	$\frac{ Q_\phi - Q_p }{Q_\phi} 100$

длительности, периода, крутизны заднего и переднего фронтов импульсов на выходе канала фотодатчиков лежат в пределах (0,75 – 1,25) от расчетных значений. Для проверки быстродействия канала трансляции электрических импульсов необходимо собрать схему (рис. 2).

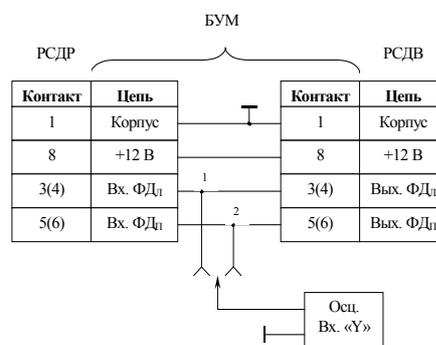


Рис. 2. Схема проверки канала трансляции электрических сигналов

Действия и измеряемые параметры такие же, как и при предыдущей проверке.

3. Метрологический контроль внутренних шкал времени ИС.

Внутренние шкалы времени ИС используются для формирования сигналов частоты и времени, необходимых при проведении измерений. Основными сигналами времени и частоты является сигнал времени 0,5с (используется для регистрации ПС) и частотный сигнал 1 МГц (используется для заполнения промежутков между импульсами фотодатчиков – опорная частота).

Проверку внутренних шкал времени и частоты необходимо проводить с помощью частотомера-хронометра ЧЗ-34. Подключение этого прибора осуществляется к метрологическим разъемам ИС – «1 МГц» и «0,5 с – контроль» при включенной ИС. Провести серию измерений не менее ($N_{\max} \geq 50$ циклов). Записать результаты измерений значений опорной частоты ($f_{\text{изм}}$) и сигнала 0,5 с ($T_{0,5}$) в виде таблиц. Рассчитать отклонение измеренных значений от номиналов – $\Delta f_{\text{изм}}$ и $\Delta T_{0,5}$.

Расчет абсолютных значений систематической составляющей отклонений измеряемых величин от номинала произвести по формулам

$$\Delta_c(f_{\text{изм}}) = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\max}} \Delta f_{\text{изм}i}}{N_{\max}};$$

$$\Delta_c(T_{0,5}) = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\max}} \Delta T_{0,5i}}{N_{\max}}. \quad (5)$$

Рассчитать относительную систематическую погрешность по формулам

$$\delta(f_{\text{изм}}) = \frac{\Delta_c(f_{\text{изм}})}{10^6}; \quad \delta(T_{0,5}) = \frac{\Delta_c(T_{0,5})}{0,5}. \quad (6)$$

Рассчитать СКО величин от номинала по формулам

$$\sigma(f_{\text{изм}}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{\max}} (\Delta f_{\text{изм}i})^2}{N_{\max} - 1}},$$

$$\sigma(T_{0,5}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{\max}} (\Delta T_{0,5i})^2}{N_{\max} - 1}}. \quad (7)$$

По результатам замеров и расчетов сделать заключение о пригодности внутренних шкал частоты и времени ИС. Критерии годности:

по частоте

$$-\delta(f_{\text{изм}}) \leq 10^{-4}; \quad \sigma(f_{\text{изм}}) \leq 250 \text{ Гц};$$

по времени

$$0,5\text{с} - \delta(T_{0,5}) \leq 10^{-4}; \quad \sigma(T_{0,5}) \leq 10^{-3} \text{ с}.$$

4. Метрологический контроль канала измерения скорости

Для проведения этого контроля необходимы генератор импульсов Г5-54 и частотомер ЧЗ-32. Схема проверки представлена на рис. 3. Органами управления генератором Г5-54 установить параметры выходного сигнала в соответствии с табл. 2.

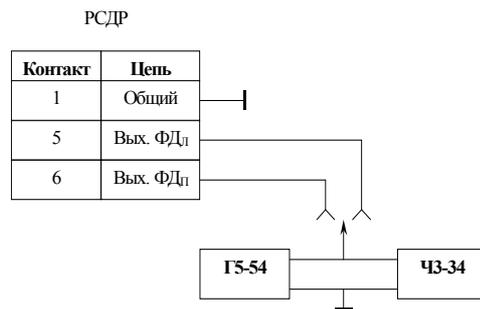


Рис. 3. Схема проверки канала измерения скорости

Таблица 2 Параметры выходного сигнала

Показатель	Значение			
	10	20	50	80
Контролируемая скорость, км/ч	10	20	50	80
Показания ЧЗ-32: частота следования (V_{κ_i}), имп/с	200	400	1000	1600
Полярность	П	П	П	П
Длительность импульса, мкс	50	25	10	6
Показания измерительной системы (V_{n_i}), км/ч				

По данным табл. 2 рассчитать:

а) абсолютную систематическую динамическую составляющую основной погрешности канала измерения скорости: $\Delta_{c(i)} = V_{n_i} - V_{\kappa_i}$;

б) среднюю относительную составляющую систематической погрешности канала:

$$\delta_c = \sum_{i=1}^{\kappa} \frac{\Delta_{c(i)}}{V_{\kappa_i}};$$

в) среднее квадратичное отклонение погрешности канала:

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\kappa} (V_{n_i} - V_{\kappa_i})^2}{\kappa - 1}}.$$

Критерии пригодности канала измерения скорости: $\delta_c \leq 0,05$; $\sigma_V \leq 2$ км/ч. Все измерения и расчеты провести независимо от левого и правого каналов.

Выводы

Как было рассмотрено выше, основными диагностическими параметрами, которые характеризуют состояние ТС и регистрируются на инерционном стенде с беговыми барабанами станции являются:

- текущая скорость (V_d);
- показатель срабатывания (ПС);
- показатель замедления (ПЗ);
- тормозной путь (ТП).

ПС характеризует состояние тормозного привода, ПЗ и ТП – состояние тормозных механизмов. Поэтому для поверки каналов измерительной системы стенда необходимо выполнять определенную последовательность действий по замеру значений этих показателей по образцовым приборам и сравнивать их со значениями на выходе ИС.

Литература

1. Мармур И.А. Методическое обеспечение диагностирования тормозов автомоби-

лей на инерционных роликовых стендах // Автомобильный транспорт /Сб. научн. тр. – 2000. – Вып. 4. – С.32 – 34.

2. ГОСТ 26.007-85. Средства измерений и автоматизации. Правила приемки: ЕССП. – Введ.01.01.87. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 10 с.
3. ГОСТ 8.001-80. Организация и порядок проведения государственных испытаний средств измерений (ГСИ). – Введ. 01.01.81. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 40 с.
4. Сергеев А.Г. Точность и достоверность диагностики автомобиля. – М.: Транспорт, 1980. – 188 с.
5. Сергеев А.Г. Метрологическое обеспечение эксплуатации технических систем: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГОУ, 1994. – 487 с.
6. Програма метрологической аттестации передвижной станции диагностики автомобилей для нужд Госавтоинспекции ПДС-1ГАИ. – Харьков: ХАДИ, 1990. – 39 с.
7. Мармур І.А. Розробка науково-методичних основ проектування універсальних пересувних станцій діагностики легкових автомобілів: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.20. – Харків, 2001. – 20 с.
8. Разработка и изготовление опытного образца передвижной станции диагностики автомобилей: Отчет об ОКР (заключительный) / Харьк. гос. авт.-дор. техн. ун-т (ХГАДТУ). – Тема 30-53-92. – Харьков, 1993. – 146 с.
9. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые). – К.: Вища школа, 1986. – 504 с.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 12 декабря 2007 г.