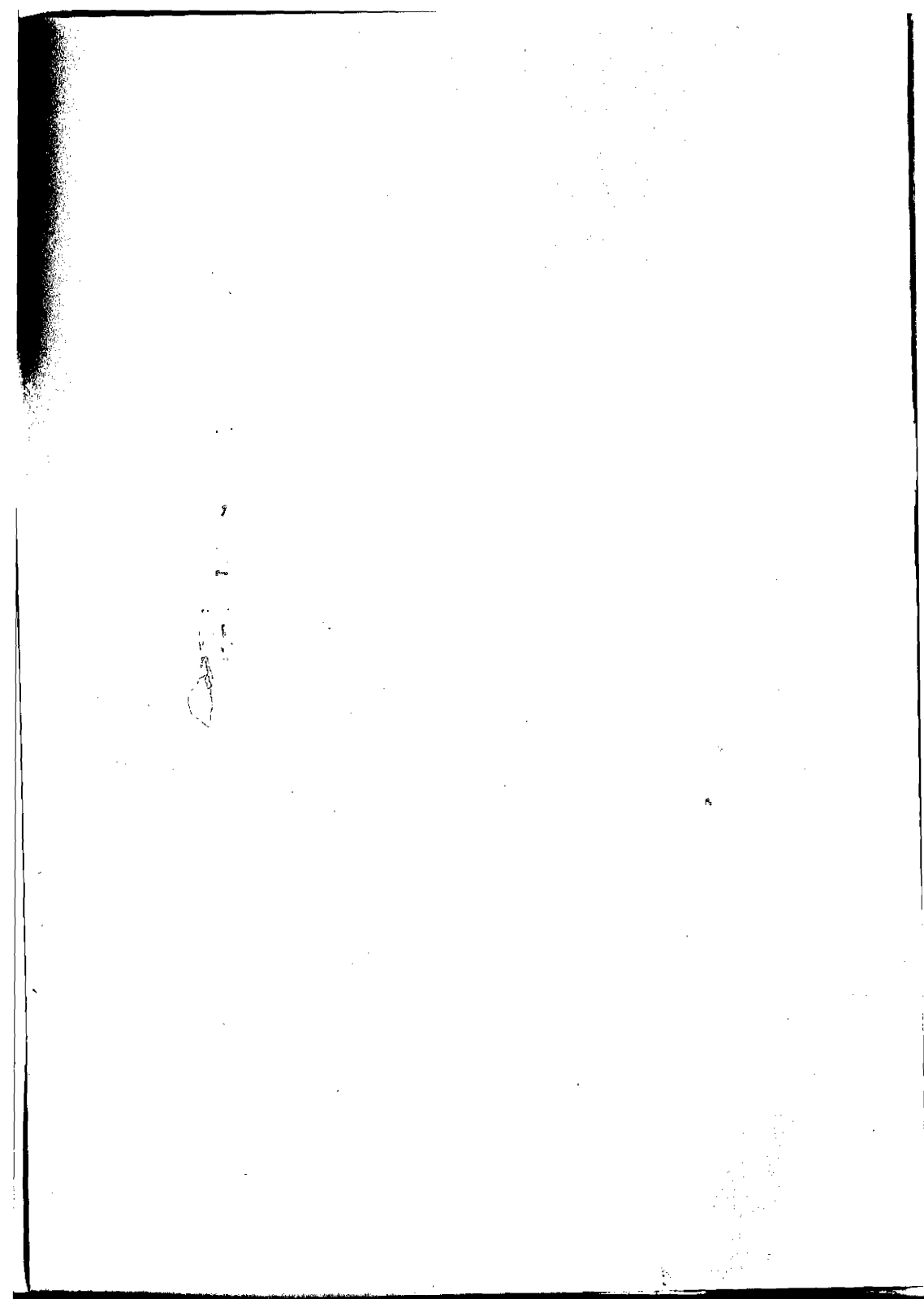




Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тихоокеанский государственный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИКИ АВТОМОБИЛЯ

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов специальностей 190601.65 «Автомобили и автомобильное хозяйство»,
190603.65 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования
(автомобильный транспорт)», 190701.65 «Организация перевозок и управление
на транспорте (автомобильный транспорт)», 190702.65 «Организация и безопасность
движения» всех форм обучения

Хабаровск
Издательство ТОГУ
2008

Исследование тормозной динамики автомобиля : методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов специальностей 190601.65 «Автомобили и автомобильное хозяйство», 190603.65 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (автомобильный транспорт)», 190701.65 «Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильный транспорт)», 190702.65 «Организация и безопасность движения» всех форм обучения / сост. В. Л. Скубино, В. Г. Алексеенко, Е. В. Попов. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2008. – 16 с.

Методические указания разработаны на кафедре «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» в соответствии с учебными планами и на основании программ дисциплин: «Автомобили», «Конструкция и расчет потребительских свойств изделий», «Транспортные и погрузо-разгрузочные средства», «Техника транспорта, обслуживание и ремонт». В них представлены методы определения и оценки показателей эффективности торможения для автомобилей категории М1 с использованием возможностей тормозного диагностического стенда СТМ-3500. Лабораторная работа рассчитана на 6 академических часов.

Печатается в соответствии с решениями кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» и методического совета института транспорта и энергетики.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Интенсивность и скорость движения современных транспортных средств выдвигают особые требования к состоянию автомобиля, которое обеспечивает получение необходимых эксплуатационных свойств. Правильная их оценка в зависимости от различных факторов позволяет повысить активную безопасность. Качественная оценка даст возможность получить направленность технических воздействий. Наиболее важной системой, обеспечивающей активную безопасность, является тормозная система. Количественная оценка её параметров позволяет определить и задать траекторию автомобиля и его устойчивость, что обеспечивает безопасность движения. После сравнительной оценки измеренных величин с параметрами, изложенными в ГОСТ Р 51709–2003 «Требования к техническому состоянию и методы проверки», можно сделать заключение об исправности исследуемой системы.

ИНСТРУКЦИЯ

по технике безопасности при выполнении лабораторной работы

1. К работе на установке допускаются студенты, чётко усвоившие цели и задачи данной работы и прошедшие инструктаж по технике безопасности.
2. Работа должна выполняться с использованием оборудования и приборов, названных в перечне.
3. Инструктаж по технике безопасности проводит преподаватель или ведущий лабораторией.
4. Перед началом проведения лабораторной работы необходимо проверить исправность установки.
5. О замечаниях, неисправностях стенда и нарушении техники безопасности студенты обязаны немедленно сообщить преподавателю.
6. Наладку и ремонт установки проводит лаборант кафедры.
7. Инструктаж по технике безопасности должен быть зарегистрирован в ведомости, где каждый студент ставит свою подпись.

Цель работы: Приобретение навыков экспериментальных исследований параметров рабочей тормозной системы, умения анализировать и оценивать тормозные свойства.

1. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Объект (автомобиль) для проведения эксперимента
2. Тормозной стенд СТМ-3500.

В качестве инструмента для получения требуемой информации применяется стенд для проверки тормозных систем. Измерительный аппарат, которым оснащен стенд, позволяет определить параметры торможения с достаточной точностью.

Колесо испытуемого автомобиля приводится во вращение принудительно, электродвигателем, через два кинематически связанных между собой цепной передачей барабана. Электродвигатель, редуктор и приводные барабаны являются приводным механизмом. За один прием исследуется тормозная система только одной оси. Стенд имеет два независимых приводных механизма, установленных на общей раме. Целиком тормозная система двухосного автомобиля исследуется за два приема. Тормозные свойства передней и задней оси исследуются по раздельности, а интегральные показатели формируются аналитическим путем после совместной обработки результатов, полученных по осям.

В качестве измерительных устройств силы применяются датчики, действие которых основано на принципе тензометрических измерений. В основе лежат физические свойства проводников изменять свое электрическое сопротивление в зависимости от площади сечения при деформации. Для измерения веса используют датчики, расположенные по углам цельной рамы, являющейся основанием для всего стенда (рис. 1). Датчики тормозной силы воспринимают реактивную силу электромеханического приводного устройства, которое для выполнения этой задачи смонтировано на балансирной подвеске. Усилие на педали управления тормозной системой замеряется при помощи мобильного комбинированного устройства – педаметра, действие которого основано на прин-

ципе тензометрических измерений. Датчик усилия крепится на органе управления (педали).

Частота вращения колеса регистрируется при помощи датчика проскальзывания, установленного на следящем ролике, находящемся в постоянном контакте с колесом.

Управление стендом осуществляется компьютером при помощи программного обеспечения, имеющего возможность формировать команды управления силовой цепью и обрабатывать собранную датчиками информацию. Диалоговый режим поддерживается интерфейсом. Информация по осям исследуемого объекта и итоговая информация представляется в символьном и графическом виде.

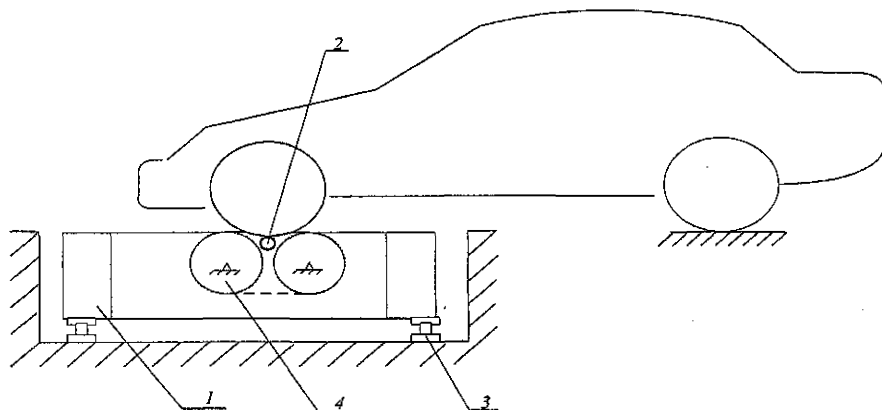


Рис. 1. Схема установки автомобиля на стенд:

1 – рама; 2 – следящий ролик; 3 – опора с датчиком веса; 4 – приводной ролик

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Нормативными документами предусмотрены два способа испытания тормозных систем – дорожные и стендовые. Основными критериями оценки состояния тормозных систем автомобиля являются максимальное замедление и длина тормозного пути. В результате замедления, полученного при торможении колес автомобиля, возникает сила инерции, условно приложенная в центре

масс. Необходимым условием достижения максимального замедления автомобиля является торможение без блокировки колес максимально возможной тормозной силой. Величина искусственно создаваемой тормозным механизмом силы на колесе должна быть значительной, но не превышать значений, ограниченных условиями сцепления шины с опорной поверхностью. При торможении автомобиля, в результате изменения координат центра масс, происходит перераспределение нормальных реакций. Это обстоятельство усложняет определение оптимальных тормозных сил по осям аналитическим путем. Данная работа позволяет оценить тормозные свойства конкретного автомобиля при условии постоянства коэффициента сцепления колес с опорной поверхностью φ . Сравнение экспериментальных и расчетных зависимостей между тормозными силами на передней и задней оси автомобиля $P_{T1} = f(P_{T2})$ и нормальных реакций опор от замедления $R_{zi} = f(j_i)$ позволяет выполнить качественную оценку тормозной системы автомобиля.

Максимальная величина реализуемых тормозных сил на передней P_{T1} и задней P_{T2} оси равна силе сцепления P_φ . Таким образом $P_{T1} = P_\varphi$, $P_{T2} = P_\varphi$.

Величина максимального замедления определяется:

$$j_{\max} = (\varphi + \psi)g = \gamma_{\tau \max} g,$$

где g — ускорение свободного падения, м/с^2 ; ψ — коэффициент дорожного сопротивления; γ_τ — удельная тормозная сила.

Удельная суммарная тормозная сила двусосного автомобиля определяется по формуле

$$\gamma_\tau = (P_{T1} + P_{T2}) / mg,$$

где m — масса автомобиля, кг.

Рассмотренный случай будет идеален, когда тормозные силы на всех колесах одновременно достигают своего максимального значения. Это предполагает идеальное распределение тормозных сил, и замедление в этом случае не зависит от массы.

Для определения тормозных сил в экспериментальных условиях, используя тормозной стенд, коэффициент сцепления определяют как отношение максимальной тормозной силы на оси к нормальной реакции опоры той же оси. Он рассчитывается по формуле

$$\varphi = \frac{P_{Tmax}}{R_{zi}} \quad (1)$$

Поскольку измерения проводятся на горизонтальном участке, то величина коэффициента дорожного сопротивления равна коэффициенту сопротивления качению f .

Величину коэффициента сопротивления качению определяют по формуле

$$f = \frac{P_{Tmin}}{R_{zi}} \quad (2)$$

Величина максимальной тормозной силы на оси определяется суммированием наибольших тормозных сил на правом и левом колесе (см. прил.).

На рис. 2 приведена схема сил, действующих на движущийся в режиме торможения автомобиль.

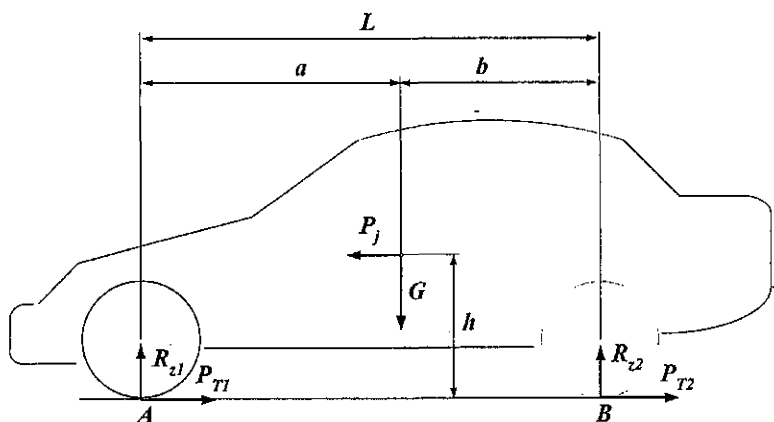


Рис. 2. Схема действующих сил

Направление и величина силы инерции P_j , действующей на автомобиль с вызывает перераспределение нормальных реакций на колесах. Величину нормальных реакций, действующих на движущийся в режиме торможения автомо-

биль, можно определить аналитическим путем, используя уравнения равновесия моментов относительно опорных точек:

$$\sum M_B = 0; \quad G \cdot b - R_{Z1} \cdot L + P_j \cdot h = 0;$$

$$\sum M_A = 0; \quad P_j \cdot h + R_{Z2} - G \cdot a = 0,$$

где L – база автомобиля, м; a и b – расстояния от осей до центра масс, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; G – вес автомобиля, Н.

После некоторых преобразований с учетом формулы (2) уравнения равновесия принимают следующий вид:

$$R_{Z1} = \frac{G}{L} \left(a + \frac{j}{g} h \right); \quad (3)$$

$$R_{Z2} = \frac{G}{L} \left(b - \frac{j}{g} h \right). \quad (4)$$

В соответствии с представленными выражениями очевидно, что величина вертикальных реакций зависит от геометрических параметров центра тяжести и величины замедления. В литературных источниках [6] имеется представленная ниже зависимость вертикальных реакций от величины ускорения (рис. 3).

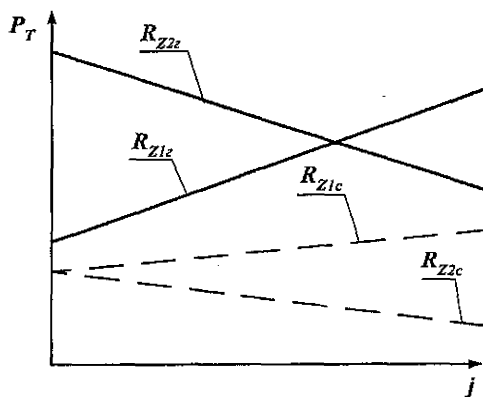


Рис. 3. Распределение нормальных реакций:

R_{Z1c}, R_{Z2c} – порожнего; $R_{Z1z},$

R_{Z2z} – груженого автомобиля

В соответствии с рис. 3 можно увидеть, что происходит перераспределение нормальных реакций в зависимости от степени загрузки автомобиля.

Величина реализуемой тормозной силы рассчитывается по формуле

$$P_{T1} = R_{Z1}(\varphi + f). \quad (5)$$

Качество тормозных систем оценивают зависимостью $P_{T1} = f(P_{T2})$ при $\varphi = \text{const}$, а также коэффициентом перераспределения тормозных сил, который рассчитывается по формуле

$$\beta_T = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}}.$$

На рис. 4 представлены эти зависимости.

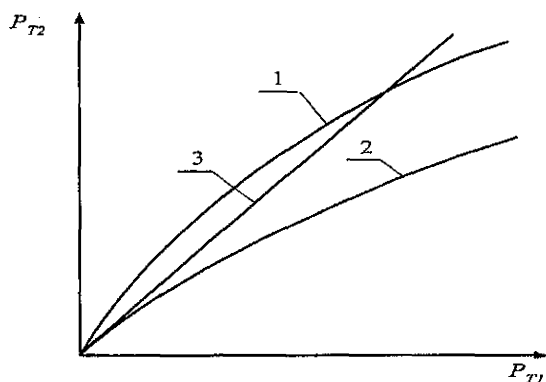


Рис. 4. Соотношение тормозных сил на осях:

1 – груженого автомобиля; 2 – снаряженного автомобиля; 3 – при $\beta_T = \text{const}$

Правильное соотношение между тормозными силами передних и задних колес, а также их величина обеспечивают получение наибольшего замедления автомобиля.

Каждому значению j должны соответствовать оптимальные значения P_{T1} и P_{T2} и их соотношение P_{T1} / P_{T2} . Зависимости позволяют анализировать тормозные свойства автомобилей разной загрузки. Тормозная система без дополнительных устройств способна обеспечить линейный закон изменения функции

$P_{T1} = f(P_{T2})$. В зависимости от загрузки изменяется лишь наклон характеристики, но при этом распределение тормозных сил происходит не оптимально. На рис. 5 приведены примеры зависимостей P_{T1} , $P_{T2} = f(j)$ и $P_{T1} / P_{T2} = f(j)$.

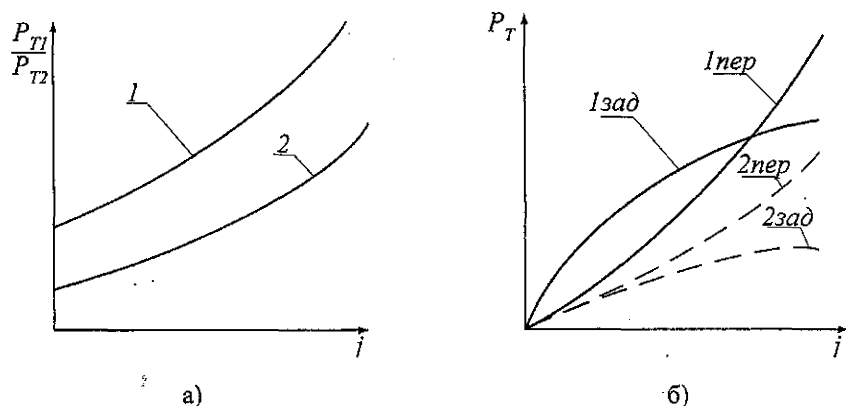


Рис. 5. Зависимость отношения тормозных сил (а) и тормозных сил на передних и задних колесах (б) от замедления: 1 – груженный автомобиль; 2 – снаряженный автомобиль

Подобное явление может привести к блокировке тех колес, где тормозная сила превосходит силу сцепления. Желание приблизиться к идеальной характеристике, при которой достижимо максимальное замедление, привело к созданию различных устройств, обеспечивающих статическое и динамическое регулирование тормозных сил. Регуляторы тормозных сил оптимизируют тормозную силу на осях или колесах в зависимости от величины вертикальной нагрузки, но не обеспечивают протекание рабочего процесса по идеальной характеристике.

Значения замедлений рассчитывают, используя уравнение движения автомобиля при торможении. Уравнение имеет вид

$$P_{T1} + P_{T2} + P_{f1} + P_{f2} = P_j. \quad (6)$$

Значения сил сопротивления качению определяются из графических зависимостей по результатам эксперимента (см. прил.), а значения оптимальных тормозных сил рассчитываются с использованием уравнения равновесия (6) с

учетом соотношения $\frac{P_{T1}}{P_{T2}} = \frac{R_{Z1}}{R_{Z2}}$. Для построения характеристик оптимальных тормозных сил на осях значения замедления принимаются в диапазоне от нулевого до максимального с интервалом 1 м/с^2 .

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Подготовка стенда к выполнению измерений параметров тормозной системы.

- 1) Включить электропитание стенда на стойке кнопкой «Пуск».
- 2) Запустить программу «СТМ».
- 3) Установить автомобиль на тормозные барабаны передними колесами. Закрепить датчик усилия на органе управления (педали) тормозной системой.
- 4) Войти в «Главное меню», войти в меню «Выбрать автомобиль» и ввести требуемые исходные данные автомобиля.
- 5) Определить измеряемую ось в меню «Выбор оси».
- 6) Вернуться в главное меню, используя клавишу Esc, войти в режим «Измерения».

3.2. Порядок проведения эксперимента.

- 1) Выбрать в меню «Измерительные режимы» режим «Просушка».
- 2) По окончании режима «Просушка» установить режим «Полная нагрузка» и, пользуясь информационными световыми сигналами, провести измерения.
- 3) Исследовать параметры тормозной системы второй оси, повторив операции в пунктах 3.1–3.2.

- 4) Распечатать результаты полученных измерений для обеих осей.

3.3. Работа с графической информацией.

Возможности программного обеспечения тормозного стенда СТМ–3500 позволяют графически отобразить информацию об изменении тормозных сил

по каждому исследуемому колесу оси (в кН) и об изменении усилия на органе управления (педали) (в кгс) в зависимости от времени. Временной диапазон определен моментом касания органа управления ногой и моментом достижения проскальзывания на одном из тормозящих колес. Границы расчетного диапазона определяются моментом начала увеличения тормозной силы и её максимальной величиной или началом стабилизации тормозной силы. Пример графической зависимости тормозных колёс от времени представлен в приложении.

Минимальное значение тормозной силы $P_{T\min}$ соответствует моменту времени, при котором усилие на органе управления отсутствует, это значение принимается в качестве силы сопротивления качению колеса. Максимальное значение $P_{T\max}$ регистрируется при проскальзывании колеса. Оно соответствует моменту времени, где значение усилия на органе управления максимально, и принимается в расчетах для определения силы сцепления.

Суммарная тормозная сила оси равна сумме тормозных сил по каждому из колес.

3.4. Обработка полученных измерений.

В дальнейшем для обработки эксперимента потребуются распечатки зависимостей $P_{Tлев}, P_{Tпр} = f(t)$ снаряженного автомобиля.

1) Распечатанные графические зависимости тормозных сил по осям разбить на 6...10 интервалов, соответствующих одинаковым усилиям на органе управления, либо в одинаковых временных диапазонах, начиная с момента увеличения тормозной силы на одной из осей.

2) Определить суммарные значения тормозных сил по осям для принятых расчетных точек в диапазоне от минимальных до максимальных значений.

3) Найденные значения P_{T1} и P_{T2} занести в графу «Эксперимент» табл. 2.

4) Построить характеристику тормозной системы автомобиля $P_{T1} = f(P_{T2})$ на масштабной бумаге формата А4.

3.5. Аналитическая обработка.

1) Занести в табл. 1 справочные, экспериментальные или расчетные данные

автомобиля и координаты центра тяжести.

2) Определить величины коэффициентов φ и f , используя формулы (1) и (2).

Полученные значения занести в табл. 1.

3) Назначить 6...10 значений замедления в диапазоне от 0 до $6,8 \text{ м/с}^2$.

4) Рассчитать 6...10 значений нормальных реакций по осям в зависимости от назначенных ускорений по формуле (3) и (4). Значения занести в графу «расчет» табл. 2.

5) Рассчитать значения тормозных сил по формуле (5). Результаты занести в графу «Расчет» табл. 2.

6) Дополнить график экспериментальной зависимости $P_{T1} = f(P_{T2})$ графиком расчетной зависимости $P_{T1} = f(P_{T2})$.

7) Построить графики зависимостей P_{T1} , $P_{T2}=f(j)$ и $P_{T1}/P_{T2}=f(j)$ для оптимальных и экспериментальных значений тормозных сил снаряженного автомобиля. Значения замедлений для построения экспериментальных зависимостей определяются расчетным путем с использованием уравнения движения (6). При этом учитывается $P_j = mj$.

8) Сравнить оптимальные зависимости с зависимостями, полученными экспериментальным путем, выполнить анализ и по его результатам сделать заключение.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет к лабораторной работе выполняется на листах формата А4 и содержит:

- схему сил, действующих на автомобиль при торможении;
- методику расчётов;
- таблицы полученных значений и расчётных величин;
- расчеты основных параметров;
- графические зависимости экспериментальных и расчётных величин;
- выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое тормозная сила?
2. Где формируется тормозная сила?
3. Как влияют координаты центра масс на реализуемые тормозные силы по осям?
4. По каким параметрам оптимизируется тормозная сила?
5. Чем ограничено максимальное замедление?
6. Как влияет качество покрытия дороги на величину замедления?
7. Какое влияние на управляемость оказывают тормозные свойства автомобиля?

Таблица 1

Исходные данные к расчету

a	b	L	h	φ	f	G

Таблица 2

Сводная таблица

Снаряженный автомобиль							
Эксперимент			Расчет				
№	P_{T1}	P_{T2}	j	R_{z1}	R_{z2}	P_{T1}	P_{T2}

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гришкевич А. И.* Автомобили. Теория / А. И. Гришкевич. – Минск : Выш. шк., 1986. – 208 с.
2. *Литвинов А. С.* Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А. С. Литвинов, Л. Е. Фаробин. – М. : Машиностроение, 1989. – 240 с.
3. *Иларионов В. А.* Теория и конструкция автомобиля / В. А. Иларионов, М. М. Морин, А. А. Сергеев. – М. : Машиностроение, 1979. – 368 с.
4. *Руководство по эксплуатации. Стенд тормозной СТМ.НПО «МЕТА».* – Жигулевск : НПО «МЕТА», 2002. – 32 с.
5. *Кравец В. Н.* Законодательные и потребительские требования к автомобилям : учеб. пособие / В. Н. Кравец, Е. В. Горынин. – Н. Новгород : Нижегород. гос. техн. ун-т, 2000. – 400 с.
6. *Антонов А. С.* Армейские автомобили. Теория / А. С. Антонов. – М. : Воениздат, 1970. – 503 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения	3
Инструкция по технике безопасности при выполнении лабораторной работы	3
1. Приборы и оборудование	4
2. Основные положения	5
3. Порядок выполнения работы	11
4. Содержание отчета	13
Контрольные вопросы	14
Приложение	16

ПРИЛОЖЕНИЕ

Автомобиль

TOYOTA-COROLLA Гос. номер

УЧЕБНЫЙ

Ось

Рабочая тормозная система

Левое
колесо

Правое
колесо

Норма

Наибольшая тормозная сила, Н	2055	1936	
Масса на колесо, кг	335	417	
Масса на ось, кг		752	
Относительная разность тормозных сил колес оси.....		6	< 20
Удельная тормозная сила оси.....		0.28	
Усилие на органе управления.....		51	< 50
Время срабатывания.....	1.16	1.56	
Сопротивление вращению незаторможенного колеса.....	0	0	
Овальность.....	0.00	0.00	

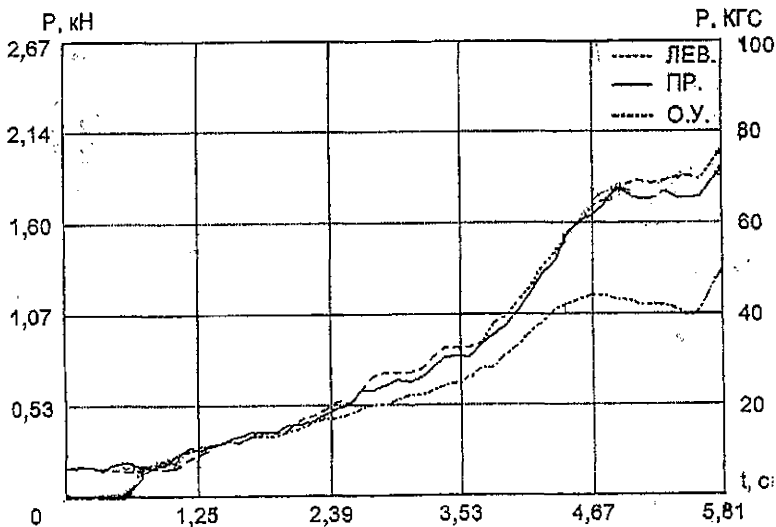
Автомобиль

TOYOTA-COROLLA Гос. номер

УЧЕБНЫЙ

Ось

Режим Полная нагрузка



ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИКИ АВТОМОБИЛЯ

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов специальностей 190601.65 «Автомобили и автомобильное хозяйство»,
190603.65 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования
(автомобильный транспорт)», 190701.65 «Организация перевозок и управление
на транспорте (автомобильный транспорт)», 190702.65 «Организация и безопасность
движения» всех форм обучения

Скубиро Виктор Леонидович

Алексееенко Владимир Геннадьевич

Попов Евгений Васильевич

Главный редактор *Л. А. Суевалова*

Редактор *Л. С. Бакаева*

Подписано в печать 03.12.08. Формат 60×84. $\frac{1}{16}$.

Бумага писчая. Гарнитура «Таймс». Печать цифровая.

Усл. печ. л. 0,98. Тираж 100 экз. Заказ 3/8.

Издательство Тихоокеанского государственного университета.

680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.

Отдел оперативной полиграфии издательства
Тихоокеанского государственного университета.

680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.