

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ**

Кафедра «Автомобильный транспорт»

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ НАЗЕМНЫХ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ»**

**(ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
23.05.01 «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СРЕДСТВА»)**

4/21-2016-04

Горловка — 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДАЮ
Директор АДИ ДонНТУ
М.Н. Чальцев
18.11.2016

Кафедра «Автомобильный транспорт»

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ НАЗЕМНЫХ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ»
(ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
23.05.01 «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СРЕДСТВА»)**

4/21-2016-04

РЕКОМЕНДОВАНО

Протокол заседания
учебно-методической комиссии
факультета «Автомобильный
транспорт»
17.11.2016 № 2

РЕКОМЕНДОВАНО

Протокол заседания
кафедры «Автомобильный
транспорт»
18.10.2016 № 2

УДК 629.015(07)

Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Теория наземных транспортно-технологических средств» (для студентов, обучающихся по направлению 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства») [Электронный ресурс] / составитель А.В. Химченко. — Электрон. данные. — Горловка: ГОУВПО «ДонНТУ» АДИ, 2016. — 39 с.

Изложены методики проведения экспериментов и порядок обработки результатов измерений. Приведены схемы и описание лабораторного оборудования. Даны методические рекомендации по освоению теоретических вопросов, связанных с темами лабораторных работ и вопросы для самоконтроля.

Лабораторные работы выполняются студентами дневной и заочной формы обучения при изучении дисциплины «Теория наземных транспортно-технологических средств».

Составитель:	Химченко А.В., канд. техн. наук, доц.
Ответственный за выпуск:	Мищенко Н.И., д-р. техн. наук, проф.
Рецензент:	Воронина И. Ф., канд. техн. наук, доц.

© Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Донецкий национальный технический университет»
Автомобильно-дорожный институт, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
1 РАДИУСЫ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1)	8
1.1 Теоретическая подготовка к работе	8
1.2 Экспериментальная часть	8
1.2.1 Методика проведения эксперимента	9
1.2.2 Порядок выполнения работы	10
1.2.3 Обработка экспериментальных данных	11
1.3 Содержание отчёта	12
1.4 Контрольные вопросы	12
2 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОЛЕСА С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2)	13
2.1 Теоретическая подготовка к работе	13
2.2 Экспериментальная часть	14
2.2.1 Методика проведения эксперимента	14
2.2.2 Порядок выполнения работы	16
2.2.3 Обработка экспериментальных данных	16
2.3 Содержание отчета	16
2.4 Контрольные вопросы	18
3 СЦЕПЛЕНИЕ КОЛЕСА С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3)	19
3.1 Теоретическая подготовка к работе	19
3.2 Экспериментальная часть	20
3.2.1 Методика проведения эксперимента	21
3.2.2 Порядок выполнения работы	24
3.2.3 Обработка экспериментальных данных	26
3.3 Содержание отчета	26
3.4 Контрольные вопросы	27
4 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОМОБИЛЯ (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4)	28
4.1 Теоретическая подготовка к работе	28
4.2 Экспериментальная часть	29
4.2.1 Методика проведения эксперимента	29
4.2.2 Порядок выполнения работы	32

4.2.3	Обработка экспериментальных данных	34
4.3	Содержание отчета	35
4.4	Контрольные вопросы	35

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	36
--------------------------	-----------

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

$\delta_{вр}$	— коэффициент учёта вращающихся масс;
φ	— коэффициент сцепления;
α	— угол наклона опорной поверхности;
a	— расстояние от передней оси автомобиля до линии действия веса автомобиля;
$a_{см}$	— смещение реакций R_1 и R_2 опорной поверхности на колеса передней и задней оси;
A_T	— работа сил трения при торможении;
B	— колея автомобиля;
b	— расстояние от задней оси автомобиля до линии действия веса автомобиля;
E_k	— кинетическая энергия автомобиля;
f	— коэффициент сопротивления качению;
$F_{п}$	— усилие нажатия на педаль;
g	— ускорение свободного падения;
G_a	— вес тележки с дополнительной нагрузкой;
h_g	— высота центра тяжести;
$j_{уст}$	— установившееся замедление;
j_a	— ускорение автомобиля;
L	— база автомобиля;
m_a	— масса автомобиля;
m_b	— масса грузов;
m_0	— масса тележки;
n	— число оборотов, сделанное колесом;
P_b	— сила сопротивления воздушной среды;
$P_{дин}$	— показания динамометра;
$P_{зч}$	— сила сцепления колес с дорогой;
$P_{п}$	— сила сопротивления подъёму;
P_T	— сила тяги;
P_f	— сила сопротивления качению;
P_j	— сила инерции;
P_Z	— вертикальная нагрузка на колесо;
$r_{ст}$	— статический радиус шины;
R_{Z1}	— проекция на ось Z реакции дороги на колеса передней оси;
R_{Z2}	— проекция на ось Z реакции дороги на колеса задней оси;
S	— путь, который проходит колесо;
S_T^*	— пересчитанная норма тормозного пути;
S_T	— тормозной путь автомобиля;
t	— время свободного выбега;
$t_{ср}$	— время срабатывания тормозной системы;

- V_a — скорость автомобиля;
 V_0 — начальная скорость торможения.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время теория автомобилей и других наземных транспортно-технологических средств получила широкое развитие во всем мире. Большой вклад в ее развитие внесли советские учёные. Теоретические достижения позволяют создавать транспортные средства, которые соответствуют самым высоким требованиям к ним в эксплуатации. Это касается и качества транспортного процесса, и безопасности дорожного движения, и надёжности транспортных средств. Важные практические результаты достигнуты благодаря, прежде всего, пониманию элементарных процессов, сопровождающих движение транспортно-технологических средств. И разобраться в этих процессах — одна из основных задач, стоящих перед студентами при изучении теории наземных транспортно-технологических средств.

Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Теория наземных транспортно-технологических средств» призвано помочь студенту усвоить учебный материал по вопросам взаимодействия упругого деформированного колеса с опорной поверхностью. Понимание вопросов кинематики и динамики колеса позволит в дальнейшем разобраться в процессах, обуславливающих тяговые и тормозные свойства транспортных средств, их управляемость, устойчивость, плавность движения и проходимость.

Пособие практически не несет в себе теоретической информации, которая в полном объёме изложена в соответствующих учебниках, а в первую очередь, помогает получить навыки работы со специальной литературой и научиться на практике с надлежащей достоверностью определять влияние тех или иных факторов на параметры, характеризующие взаимодействие колеса с дорогой.

При выполнении работ следует обратить внимание на методику проведения эксперимента, в которой представлены его основные принципы, и на чёткое изложение в каждой работе порядка ее выполнения. Это позволит быстро и с наименьшим количеством ошибок выполнить и защитить лабораторные работы.

1 РАДИУСЫ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1)

Цель работы: изучить радиусы автомобильного колеса и факторы, влияющие на их величину.

Задачи работы:

1. Познакомиться с понятиями о свободном, статическом, динамическом и кинематическом радиусе колеса.
2. Определить влияние различных факторов на статический и кинематический радиусы колеса.

Оборудование: тележка динамометрическая, рулетка, мел, манометр, насос пневматический, набор грузов.

1.1 Теоретическая подготовка к работе

Дать ответы на вопросы:

1. Что называется свободным радиусом колеса? Перечислить факторы, влияющие на величину свободного радиуса колеса. Как определить величину свободного радиуса колеса? [1, с. 21–22]; [2, с. 11].

2. Что называется статическим радиусом колеса? Перечислить факторы, влияющие на величину статического радиуса колеса. Как определить величину статического радиуса колеса? [1, с. 21]; [2, с. 11]; [3, с. 22–23].

3. Что называется динамическим радиусом колеса? Перечислить факторы, влияющие на величину динамического радиуса колеса. Как определить величину динамического радиуса колеса? [1, с. 22–23]; [2, с. 11]; [3, с. 22–23].

4. Что называется кинематическим радиусом колеса? Перечислить факторы, влияющие на величину кинематического радиуса колеса. Как определить величину кинематического радиуса колеса? [1, с. 23]; [2, с. 11]; [3, с. 22–23].

5. Что называется упругим проскальзыванием и скольжением колеса? [2, с. 13].

Привести в отчёте:

1. Определения радиусов автомобильного колеса.
2. Зависимость для определения статического радиуса колеса.
3. Графическую зависимость кинематического радиуса колеса от приложенного момента.

1.2 Экспериментальная часть

Лабораторная работа выполняется с помощью динамометрической тележки, схема которой представлена на рисунке 1.1.

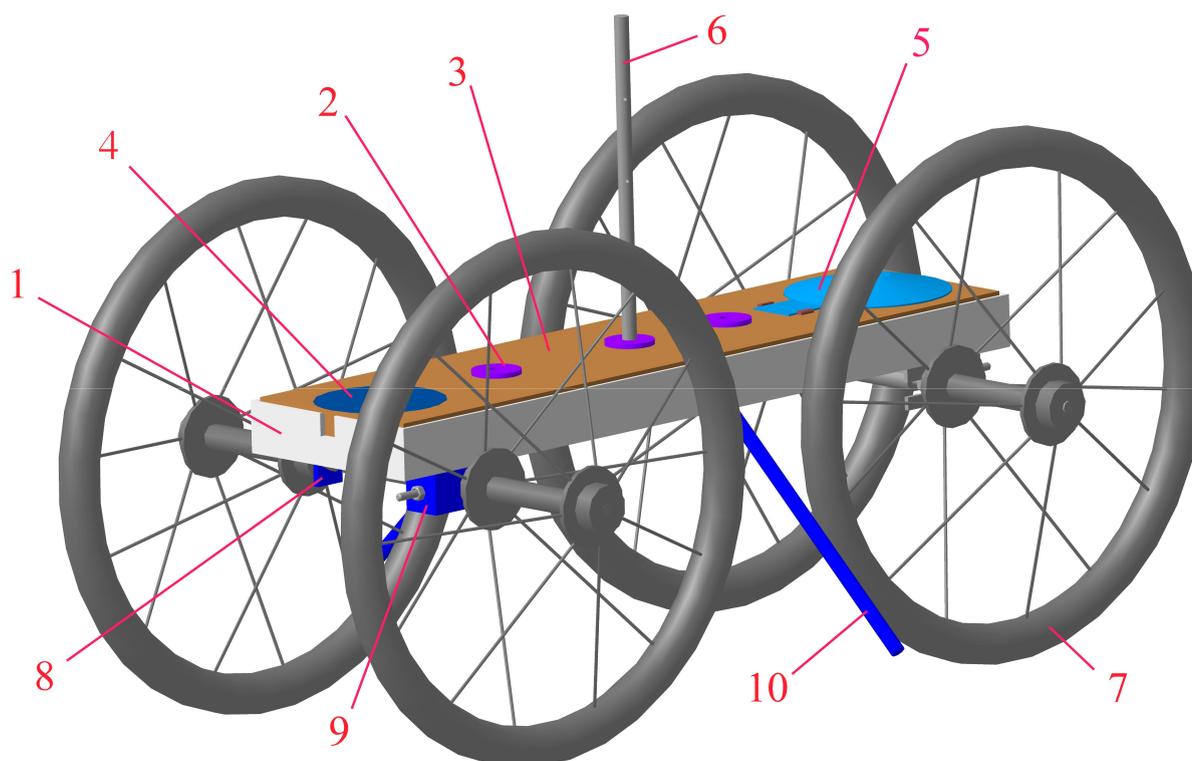


Рисунок 1.1 — Тележка динамометрическая

Тележка состоит из корпуса 1, к которому с помощью крепёжных втулок 2 прижимается платформа 3. В платформе выполнены фасонные отверстия для установки динамометров 4 и 5.

Для установки грузов используется шток 6, вкручивающийся в одну из крепёжных втулок. Высоту расположения грузов можно изменять, фиксируя их положение с помощью штифта, который устанавливается в отверстия оси грузов.

Тележка взаимодействует с опорной поверхностью четырьмя колёсами 7 на пневматических шинах. Колеса установлены на двух осях, которые, в свою очередь, закреплены в опорах 8 и 9 тележки. Опоры 8 и 9 являются регулируемыми и позволяют обеспечить прямолинейное движение тележки по горизонтальной поверхности.

Для предотвращения бокового опрокидывания тележки используется опора 10.

1.2.1 Методика проведения эксперимента

С достаточной точностью кинематический радиус колеса (радиус качения колеса) можно определить методом меловых отпечатков.

Суть метода заключается в следующем. Определяется средняя длина пути, проходимого колесом за один оборот. Если колесо, пройдя путь S , оставит на опорной поверхности $n + 1$ отпечатков (рис. 1.2), то путь, который прошло

колесо за один оборот (по сути, длина окружности колеса),

$$l_{\text{окр}} = \frac{S}{n}.$$

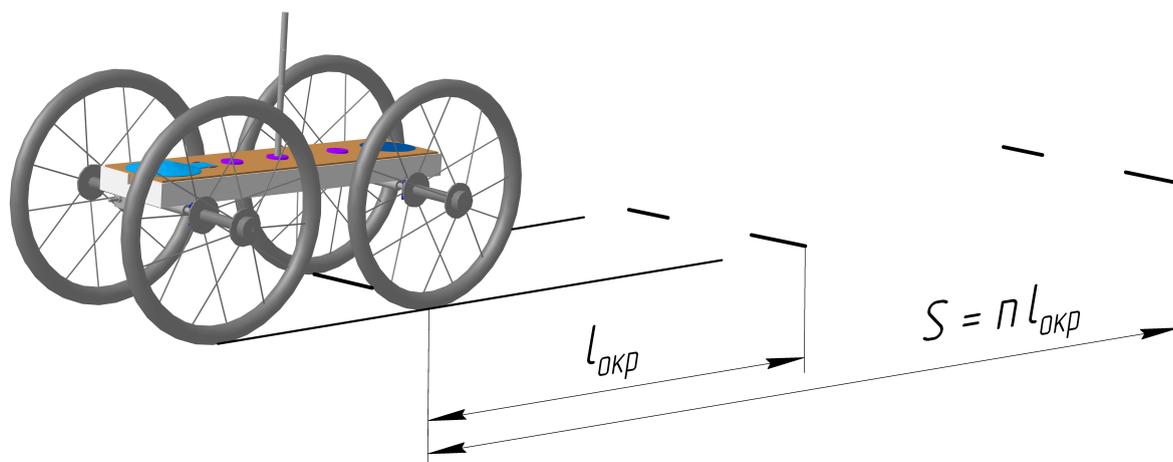


Рисунок 1.2 — Схема определения средней длины пути, проходимого колесом за один оборот

Учитывая геометрическое соотношение, связывающее длину окружности с радиусом r ,

$$l_{\text{окр}} = 2\pi r, \quad (1.1)$$

можно определить кинематический радиус колеса

$$r_{\text{к}} = \frac{l_{\text{окр}}}{2\pi}.$$

Следует отметить, что длина окружности, которая будет определена по отпечаткам на опорной поверхности, не является реальной длиной окружности колеса (беговой дорожки шины) и может существенно отличаться от нее. Разница зависит от проскальзывания и скольжения колес тележки и таким образом можно определить только кинематический радиус, а не, например, динамический.

1.2.2 Порядок выполнения работы

1. Установить в колесах тележки максимальное давление воздуха (140...160 кПа).
2. Положить на платформу тележки груз соответствующей массы.
3. Измерить статический радиус колес. Результаты измерений занести в таблицу 1.1.
4. Задать количество оборотов колес.

Таблица 1.1 — Экспериментальные данные и результаты расчёта

Условия эксперимента			$r_{ст}, м$	Передние (задние) колеса			
Давление воздуха в шинах, кПа	Масса груза, кг	Количество оборотов колеса		Правое		Левое	
				$S, м$	$r_k, м$	$S, м$	$r_k, м$

5. Сделать мелом метки на протекторе правого и левого колес и на полу.

6. Установить тележку на начало участка пути таким образом, чтобы метки совпадали.

7. Буксировать тележку с небольшой постоянной скоростью, подсчитывая обороты колес.

8. После выполнения колёсами заданного количества оборотов, по меткам, оставленным на полу, уточнить количество оборотов колеса и путь, пройденный каждым колесом.

9. Измерить путь, пройденный каждым колесом (расстояние между конечными метками).

10. Повторить пункты 3...9 три раза. Определить среднюю величину пройденного пути и занести результат в таблицу 1.1.

11. Изменить массу груза и повторить пункты 3...10.

12. Уменьшить давление воздуха в колёсах тележки и повторить пункты 2...11.

1.2.3 Обработка экспериментальных данных

По данным табл. 1.1 определим величину кинематического радиуса колеса по следующей зависимости:

$$r_k = \frac{S}{2\pi n},$$

где S — путь, который проходит колесо, м;
 n — число оборотов, сделанные колесом.
Результаты расчёта занести в таблицу 1.1.

1.3 Содержание отчёта

1. Порядковый номер лабораторной работы.
2. Тема работы.
3. Цель и задачи работы.
4. Перечень необходимого оборудования.
5. Ответы на вопросы, указанные в разделе «Теоретическая подготовка к работе».
6. Порядок выполнения эксперимента.
7. Результаты эксперимента и обработки экспериментальных данных в виде таблицы.
8. Пример выполнения расчёта для одного эксперимента.
9. Вывод, в котором на основе экспериментальных данных выполнен анализ влияния различных факторов на величину кинематического радиуса.

1.4 Контрольные вопросы

1. Объясните что называется свободным радиусом автомобильного колеса.
2. От чего зависит величина свободного радиуса колеса?
3. Объясните что называется статическим радиусом колеса.
4. От чего зависит величина статического радиуса колеса?
5. Что называется динамическим радиусом автомобильного колеса?
6. От чего зависит величина динамического радиуса колеса?
7. Объясните, что называется кинематическим радиусом (радиусом качения) автомобильного колеса.
8. От чего зависит величина кинематического радиуса колеса?
9. Какое колесо называется ведомым?
10. Какое колесо называется ведущим?
11. Что называется упругим проскальзыванием колеса?
12. Что называется скольжением колеса?
13. Изобразите и объясните график зависимости радиуса качения колеса от передаваемого момента.
14. Опишите экспериментальный метод определения величины радиуса качения колеса.

2 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОЛЕСА С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2)

Цель работы: изучить процессы взаимодействия колес с опорной поверхностью при качении колеса в различных эксплуатационных условиях.

Задачи работы:

1. Научиться анализировать процессы взаимодействия колес с опорной поверхностью при различных условиях качения.
2. Определить конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на взаимодействие колеса и опорной поверхности. Определить характер их влияния в различных дорожных условиях.

Оборудование: тележка динамометрическая, насос, манометр, набор грузов, образцы различных опорных поверхностей.

2.1 Теоретическая подготовка к работе

Дать ответы на вопросы:

1. Как возникает момент сопротивления качению эластичного колеса при качении по твердой поверхности? [1, с. 23–25]; [2, с. 15–16].
2. Какие процессы способствуют возникновению момента сопротивления качению твердого колеса на деформированной поверхности? [1, с. 25–27].
3. Как возникает момент сопротивления качению эластичного колеса при качении по деформируемой дороге? [1, с. 28].
4. Что представляет собой коэффициент сопротивления качению? Какова его физическая сущность? [1, с. 23–28].
5. Что называется силой сопротивления качению? [1, с. 23].
6. Какие существуют методы испытаний шин и каковы их преимущества и недостатки? [4, с. 103–112].
7. Как изменяется коэффициент сопротивления качению в зависимости от таких эксплуатационных и конструктивных факторов как: тип покрытия дороги и ее состояние; скорость движения транспортного средства; давление воздуха в шине; размер крутящего момента подведенный к колесу; качение колеса с боковым уводом; температура шины; нагрузка на колесо; толщина протектора; диаметр колеса; ширина колеса; соотношение H/B ; строение каркаса и качество материалов? [1, с. 23–35]; [2, с. 35–37]; [5, с. 266–273].
8. Какие значения может получать коэффициент сопротивления качению в зависимости от типа покрытия дороги и ее состояния? [1, с. 32–33]; [2, с. 37]; [6, с. 8]; [5, с. 267–269].

Привести в отчете:

1. Определение коэффициента сопротивления качению.

2. Теоретическую зависимость для определения коэффициента сопротивления качению колеса.

3. Схему сил, действующих на эластичное колесо при качении по деформируемой опорной поверхности. Пояснения к схеме.

4. Значение коэффициента сопротивления качению в зависимости от типа покрытия дороги и ее состояния.

2.2 Экспериментальная часть

Лабораторная работа выполняется с помощью динамометрической тележки, описание которой дано в лабораторной работе №1.

2.2.1 Методика проведения эксперимента

Коэффициент сопротивления качению экспериментальным путем определяется методом буксировки тележки на стенде с беговыми барабанами или методом выбега.

Метод выбега используется в случае, если следует определить коэффициент сопротивления качению шин, установленных на автомобиле, для конкретных дорожных условий. Рассмотрим суть этого метода.

В начале эксперимента автомобиль должен двигаться с постоянной скоростью не более 15–16 км/ч на горизонтальном участке дороги. При прохождении отметки на дороге водитель должен быстро выключить сцепление и поставить рычаг коробки переключения передач в нейтральное положение. В это же время включается секундомер и измеряется время свободного выбега автомобиля до полной остановки.

Коэффициент сопротивления качению можем найти из уравнения силового баланса автомобиля

$$P_T = P_{\Pi} + P_f + P_B + P_j, \quad (2.1)$$

где P_T — сила тяги;

P_{Π} — сила сопротивления подъему;

P_f — сила сопротивления качению;

P_B — силы сопротивления воздушной среды;

P_j — сила инерции.

Согласно условиям эксперимента во время выбега $P_T = 0$, $P_{\Pi} = 0$. Силой сопротивления воздушной среды на малых скоростях можно пренебречь и считать $P_B = 0$.

С учетом направления действия силы инерции уравнение (2.1) примет вид:

$$P_j = P_f \Leftrightarrow m_a j_a \delta_{вр} = f m_a g, \quad (2.2)$$

где m_a — масса автомобиля;

$\delta_{вр}$ — коэффициент учета вращающихся масс;

j_a — ускорение автомобиля;

f — коэффициент сопротивления качению;

g — ускорение свободного падения.

Анализируя уравнения (2.2), можно прийти к выводу, что при фактически постоянном коэффициенте сопротивления качению будем иметь равнозамедленное движение. Тогда, имея значение начальной скорости V_a автомобиля и время свободного выбега t до полной остановки, можно найти его ускорение:

$$j_a = \frac{V_a}{t},$$

а из уравнения (2.2) — величину коэффициента f .

При выполнении лабораторной работы коэффициент сопротивления качению может быть определен методом буксировки тележки.

Тележка с помощью тросика, который закреплен за динамометр, буксируется по разным горизонтальным поверхностям равномерно, то есть с постоянной скоростью. Скорость буксировки должна быть небольшой — не более 2...3 м/с. Во время буксировки необходимо динамометром определить силу P_T , которая прикладывается к тележке для ее перемещения.

Согласно уравнению силового баланса (2.1) для тележки, сила тяги P_T используется для преодоления силы сопротивления подъему $P_{п}$, силы сопротивления качению P_f , силы сопротивления воздушной среды P_B и силы инерции P_j .

Учитывая то, что при равномерном движении $P_j = 0$, на горизонтальной поверхности $P_{п} = 0$, а на малых скоростях силой сопротивления воздушной среды можно пренебречь, получаем

$$P_T = P_f.$$

По определению $P_f = f P_Z$ (где P_Z — вертикальная нагрузка на колесо). Для тележки в целом $P_Z = G_a$ — весу тележки с дополнительной нагрузкой.

Таким образом, чтобы получить значение коэффициента сопротивления качению колес, достаточно знать силу тяги и полный вес тележки. Суммарный коэффициент сопротивления качению колес рассчитывается по зависимости

$$f = \frac{P_f}{P_Z}.$$

Следует отметить, что используя этот метод мы не учитываем кинематическую составляющую коэффициента сопротивления качению: сила тяги подведена не к колесам, а к крюку динамометра, и, соответственно, крутящий момент на колесах отсутствует.

2.2.2 Порядок выполнения работы

1. Установить в колесах тележки максимальное давление воздуха (140...160 кПа).
2. Установить тележку на твердую поверхность.
3. Положить на платформу тележки груз соответствующей массы $m_{\text{в}}$.
4. Буксировать тележку с небольшой постоянной скоростью и определить показания динамометра $P_{\text{дин}}$. Результаты измерения занести в таблицу 2.1.
5. Изменить массу груза и повторить пункт 4.
6. Сменить дорожные условия и повторить пункты 3...5.
7. Изменить давление воздуха в шинах и повторить пункты 2...6.

2.2.3 Обработка экспериментальных данных

Численное значение коэффициента сопротивления качению определяется в соответствии с порядком выполнения работы по зависимости

$$f = \frac{P_{\text{дин}}g}{(m_0 + m_{\text{в}})g} = \frac{P_{\text{дин}}}{m_0 + m_{\text{в}}}, \quad (2.3)$$

где $P_{\text{дин}}$ — показания динамометра, кг;

m_0 — масса тележки, кг;

$m_{\text{в}}$ — масса грузов, кг.

Результаты расчетов заносятся в таблицу 2.1.

2.3 Содержание отчета

1. Порядковый номер лабораторной работы.
2. Тема работы.
3. Цель и задачи работы.
4. Перечень необходимого оборудования.
5. Ответы на вопросы, указанные в разделе «Теоретическая подготовка к работе».
6. Порядок выполнения эксперимента.
7. Результаты эксперимента и обработки экспериментальных данных в виде таблицы.
8. Пример выполнения расчета для одного эксперимента.

Таблица 2.1 — Экспериментальные данные и результаты расчета

Условия эксперимента				Показания динамометра $P_{\text{дин}}$, кг	Коэффициент сопротивления качению f
Тип поверхности	Давление воздуха, кПа	Масса			
		тележки m_0 , кг	груза $m_{\text{в}}$, кг		
Твердая					
Песчаная					

9. График зависимости коэффициента сопротивления качению f на песчаной поверхности от массы тележки с грузом при различных давлениях воздуха в шине.

10. Вывод, в котором на основе экспериментальных данных проанализировано влияние различных факторов на величину коэффициента сопротивления качению колеса.

2.4 Контрольные вопросы

1. Объясните, как возникает сопротивление качению колеса.
2. Объясните появление момента сопротивления качению колеса.
3. Дайте определение коэффициента сопротивления качению колеса.
4. Запишите формулу определения коэффициента сопротивления качению колеса.
5. Назовите методы определения коэффициента сопротивления качению колеса, их преимущества и недостатки.
6. Опишите порядок определения коэффициента сопротивления качению колеса методом выбега.
7. Опишите порядок определения коэффициента сопротивления качению колеса методом буксировки.
8. Перечислите и проанализируйте факторы, влияющие на величину коэффициента сопротивления качению колеса.
9. Приведите формулу определения силы сопротивления качению.
10. Назовите пути снижения коэффициента сопротивления качению колеса.
11. Проанализируйте влияние коэффициента сопротивления качению колеса на тяговые показатели автомобиля.
12. Назовите порядок величин коэффициента сопротивления качению колеса для дорог с различными покрытиями.

3 СЦЕПЛЕНИЕ КОЛЕСА С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3)

Цель работы: научиться анализировать процессы взаимодействия колес с опорной поверхностью, обеспечивающие сцепление колеса при качении или торможении в различных эксплуатационных условиях.

Задачи работы:

1. Познакомиться с понятием «коэффициент сцепления».
2. Определить влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на сцепление колеса с опорной поверхностью. Выяснить характер их влияния на различных дорожных покрытиях.
3. Познакомиться с экспериментальными методами определения коэффициента сцепления.

Оборудование: динамометрическая тележка, насос, манометр, набор грузов, образцы различных опорных поверхностей, тормозное устройство.

3.1 Теоретическая подготовка к работе

Дать ответы на вопросы:

1. Какие элементарные силы определяют предельные значения продольной реакции опорной поверхности R_X , действующей на колесо в плоскости контакта? [1, с. 35–37]; [2, с. 12–20]; [5, с. 274–276].
2. Что представляет собой коэффициент продольного сцепления колеса с опорной поверхностью? Поясните его физический смысл. [1, с. 36–37]; [5, с. 274–275].
3. Как влияет на коэффициент сцепления проскальзывание и буксование колеса? [1, с. 36]; [5, с. 274]; [4, с. 164–165].
4. В чем заключается суть явления аквапланирования? [1, с. 37]; [5, с. 277–279]; [4, с. 170–173].
5. Приведите существующие методы испытаний шин, их преимущества и недостатки. [7, с. 103–112].
6. Как изменяется коэффициент сцепления колеса с дорогой в зависимости от таких эксплуатационных и конструктивных факторов как: тип покрытия дороги и ее состояние, скорость движения транспортного средства, давление воздуха в шине, размер крутящего момента, подведенного к колесу, температура шины, нагрузка на колесо, толщина протектора, диаметр колеса, ширина колеса, насыщенность рисунка протектора и др.? [1, с. 37–38]; [2, с. 20–25]; [5, с. 275–280]; [4, с. 167–174].
7. Какие значения может получать коэффициент сцепления колеса с дорогой в зависимости от типа покрытия дороги и ее состояния? [1, с. 37]; [2, с. 25]; [6, с. 8]; [5, с. 274–276]; [4, с. 171].

Привести в отчете:

1. Определение коэффициента сцепления колеса с опорной поверхностью.
2. Теоретическую зависимость коэффициента сцепления от проскальзывания и буксования колеса.
3. Значение коэффициента сцепления в зависимости от типа покрытия дороги и ее состояния.

3.2 Экспериментальная часть

Лабораторная работа в аудитории выполняется с помощью динамометрической тележки, описание которой дано в лабораторной работе № 1.

В дорожных условиях для определения коэффициента сцепления используют аналогичную динамометрическую тележку или проводят испытания реального автомобиля.

При определении коэффициента сцепления автомобиля с дорогой целесообразно использование прибора типа «ЭФФЕКТ». Приведём краткое описание прибора «ЭФФЕКТ-02» и его функциональных возможностей.

Назначение прибора «ЭФФЕКТ-02»

Прибор предназначен для проверки технического состояния основных тормозных систем транспортных средств (ТС) методом дорожных испытаний по ГОСТ Р 51709-2001.

Прибор используется для проверки тормозных систем грузовых и легковых автомобилей, автобусов и автопоездов при проведении государственного технического осмотра, выполнении автотехнической экспертизы ТС, в процессе эксплуатации и иных случаях, требующих оперативного контроля состояния тормозной системы ТС.

Прибор определяет, в соответствии с ГОСТ Р51709-2001, установившееся замедление $j_{уст}$, пиковое значение усилия нажатия на педаль $P_{пм}$, длину тормозного пути S_T , время срабатывания тормозной системы $t_{ср}$, начальную скорость торможения V_0 . Прибор также производит пересчет нормы тормозного пути к реальной начальной скорости торможения.

Прибор «ЭФФЕКТ-02» обеспечивает дополнительные функциональные возможности:

— результаты измерения характеристик эффективности тормозных систем отображаются на буквенно-цифровом дисплее и хранятся в памяти прибора до отключения электропитания;

— результаты измерения могут быть распечатаны на портативном принтере в виде протокола;

— динамика изменения в реальном времени замедления j_z и усилия нажатия $P_{пм}$ на педаль в процессе торможения автомобиля в реальном масштабе

времени может фиксироваться при использовании ПЭВМ, подключенной к выходу прибора по RS 232;

— работа в составе линии технического контроля.

Прибор состоит из следующих элементов:

- электронный блок;
- датчик усилия;
- принтер;
- аккумуляторная батарея;
- соединительные кабели.

Внешний вид прибора показан на рис. 3.1, а основные технические характеристики приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Основные технические характеристики прибора «ЭФФЕКТ-02»

Параметр	Значение
Диапазон контролируемых параметров:	
установившееся замедление $j_{уст}$, м/с ²	0 ÷ 9,81
усилие нажатия на педаль $P_{п}$, кГс (Н)	10 ÷ 100 (98 ÷ 980)
тормозной путь $S_{т}$, м	0 ÷ 50
начальная скорость торможения V_0 , км/ч	20 ÷ 50
пересчитанная норма тормозного пути $S_{т}^*$, м	0 ÷ 50
время срабатывания тормозной системы $t_{ср}$, с	0 ÷ 3
Пределы основной допускаемой относительной погрешности:	
установившееся замедление, %	±4
усилие нажатия на тормозную педаль, %	±4
Напряжение питания, В	12 ± 2
Потребляемая мощность, Вт,	не более 2
Габаритные размеры прибора, мм:	
электронный блок	206 × 75 × 38
датчик усилия	135 × 95 × 70

3.2.1 Методика проведения эксперимента

Коэффициент сцепления экспериментальным путём определяется методом буксировки тележки, на стенде с беговыми барабанами или методом экстренного торможения.

Метод экстренного торможения используется для определения стандартных оценочных показателей тормозных свойств, а также в случае, если следует определить коэффициент сцепления шин, установленных на автомобиле, для конкретных дорожных условий и позволяет получить максимальное значение коэффициента или значение коэффициента при 100 %-ном скольжении. При экстренном торможении возможно определение коэффициента сцепления по

жения транспортного средства. Достаточно несложно показать [8], что на горизонтальной поверхности при невысоких скоростях движения максимальное замедление, которое может быть достигнуто при торможении,

$$\dot{j}_{\text{уст}} = \varphi_x g. \quad (3.1)$$

Таким образом, определив экспериментально с помощью прибора «ЭФФЕКТ-02» или другого аналогичного оборудования установившееся замедление, коэффициент сцепления можно будет рассчитать по формуле

$$\varphi_x = \frac{\dot{j}_{\text{уст}}}{g}. \quad (3.2)$$

3.2.1.2 Метод экстренного торможения по тормозному пути

В начале эксперимента автомобиль должен двигаться с постоянной скоростью на горизонтальном участке дороги. Если скорость не более 15...16 км/ч, можно будет пренебречь силой сопротивления воздушной среды. При прохождении отметки на дороге водитель должен экстренно затормозить автомобиль с отключённой трансмиссией. После полной остановки измеряется тормозной путь S_T автомобиля.

Согласно закону сохранения энергии кинетическая энергия E_K автомобиля будет переведена в тепловую благодаря работе A_T сил трения при торможении. Таким образом, можно записать

$$E_K = A_T \Leftrightarrow \frac{m_a V_a^2}{2} = P_{\text{сц}} S_T, \quad (3.3)$$

где V_a — начальная скорость автомобиля; $P_{\text{сц}}$ — сила сцепления колес с дорогой, которая, по определению,

$$P_{\text{сц}} = \varphi_x P_Z = \varphi_x G_a = \varphi_x m_a g, \quad (3.4)$$

где P_Z — вертикальная нагрузка на колесо, которая для тележки в целом равна G_a — весу тележки с дополнительной нагрузкой.

Подставив (3.4) в (3.3), получаем зависимость для экспериментального определения коэффициента сцепления колес с дорогой вышеназванным способом:

$$\varphi_x = \frac{V_a^2}{2gS_T}, \quad (3.5)$$

где все значения величин должны быть приведены к международной системе измерений SI [9—11].

Имея значение начальной скорости V_a автомобиля и его тормозной путь, можно найти значение φ_x .

Если во время эксперимента колеса автомобиля были полностью заблокированы, то φ_x определено при 100 %-м скольжении, а при торможении на грани блокировки — максимальное значение.

Полученное таким образом значение коэффициента сцепления несколько занижено, поскольку не учитывалось время срабатывания тормозной системы и время нарастания замедления.

3.2.1.3 Метод буксировки тележки

При выполнении лабораторной работы коэффициент сцепления колес с опорной поверхностью может быть определён методом буксировки тележки.

Тележка при помощи тросика, который закреплён за динамометр, буксируется по разным горизонтальным поверхностям равномерно, то есть с постоянной скоростью. При этом колеса тележки должны быть заблокированы тормозным устройством. Скорость буксировки должна быть небольшой — не более 2...3 м/с. При буксировке необходимо динамометром определить силу P_T , которая прикладывается к тележке для ее перемещения.

В этом случае сила тяги P_T используется для преодоления силы сцепления колес с опорной поверхностью. Согласно уравнению (3.4)

$$P_T = \varphi_x G_a \Rightarrow \varphi_x = \frac{P_T}{G_a}. \quad (3.6)$$

Для случая применения динамометра с измерением силы тяги в кГс

$$\varphi_x = \frac{P_T}{m_a}. \quad (3.7)$$

Следует отметить, что таким методом мы получаем значение коэффициента сцепления колес с дорогой при 100 %-м скольжении.

3.2.2 Порядок выполнения работы

1. Установить в шинах тележки максимальное давление воздуха (140...160 кПа).
2. Установить тележку на твердую поверхность.
3. Заблокировать колеса тормозным устройством.
4. Положить на платформу тележки груз соответствующей массы m_B .
5. Буксировать тележку с небольшой постоянной скоростью и определить показания динамометра $P_{дин}$. Результаты измерения занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Экспериментальные данные и результаты расчета

Условия эксперимента				Показания динамометра $P_{\text{дин}}$, кг	Коэффициент сопротивления качению f
Тип поверхности	Давление воздуха, кПа	Масса			
		тележки m_0 , кг	груза $m_{\text{гр}}$, кг		
Твердая сухая					
Твердая влажная					
Песчаная сухая					

6. Изменить массу груза и повторить пункт 5.
7. Сменить дорожные условия и повторить пункты 3...6.
8. Изменить давления воздуха в шинах и повторить пункты 2...7.

3.2.3 Обработка экспериментальных данных

Численное значение коэффициента сцепления определяется в соответствии с порядком выполнения работы по зависимости

$$\varphi = \frac{P_{\text{дин}}g}{(m_0 + m_{\text{гр}})g} = \frac{P_{\text{дин}}}{m_0 + m_{\text{гр}}}, \quad (3.8)$$

где $P_{\text{дин}}$ — показания динамометра, кг;

m_0 — масса тележки, кг;

$m_{\text{гр}}$ — масса грузов, кг.

В случае, если при проведении эксперимента блокировались только колеса одной оси, то, учитывая соответствующую нагрузку на ось, получаем

$$\varphi = \frac{P_{\text{дин}}}{0,5(m_0 + m_{\text{гр}})}. \quad (3.9)$$

Результаты расчетов заносятся в таблицу 3.2.

3.3 Содержание отчета

1. Порядковый номер лабораторной работы.
2. Тема работы.
3. Цель и задачи работы.
4. Перечень необходимого оборудования.
5. Ответы на вопросы, указанные в разделе «Теоретическая подготовка к работе».
6. Порядок выполнения эксперимента.
7. Результаты эксперимента и обработки экспериментальных данных в виде таблицы.
8. Пример выполнения расчета для одного эксперимента.
9. График зависимости коэффициента сцепления φ от давления воздуха на различных типах поверхности.
10. Вывод, в котором на основе экспериментальных данных выполнен анализ влияния различных факторов на величину коэффициента сцепления колес с опорной поверхностью.

3.4 Контрольные вопросы

1. Объясните явления, определяющие силу сцепления колес с дорогой.
2. Дайте определение коэффициента сцепления.
3. Запишите формулу для определения коэффициента сцепления.
4. Что характеризует коэффициент сцепления колеса с дорогой?
5. Какие виды коэффициента сцепления различают? Укажите связь между ними.
6. Как определить максимальную силу сцепления колес с дорогой?
7. Назовите методы определения коэффициента сцепления колес с дорогой, их преимущества и недостатки.
8. Опишите порядок определения коэффициента сцепления колес с дорогой методом экстренного торможения.
9. Опишите порядок определения коэффициента сцепления колес с дорогой методом буксировки.
10. Перечислите и проанализируйте факторы, влияющие на величину коэффициента сцепления колес с дорогой.
11. Объясните суть явления аквапланирования. Назовите меры предотвращения этого явления.
12. Назовите пути повышения коэффициента сцепления колес с дорогой.
13. Проанализируйте влияние коэффициента сцепления колес с дорогой на тягово-скоростные и тормозные свойства автомобиля, устойчивость его движения и его управляемость.
14. Назовите порядок величин коэффициента сцепления колес с опорной поверхностью для дорог с различными покрытиями.

4 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОМОБИЛЯ (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4)

Цель работы: изучить основные конструктивные параметры автомобиля и уметь анализировать их влияние на взаимодействие автомобиля с опорной поверхностью и окружающей средой.

Задачи работы:

1. Научиться определять координаты центра тяжести и коэффициент поперечной устойчивости автомобиля экспериментальным путем.
2. Исследовать факторы, влияющие на расположение центра тяжести автомобиля.
3. Познакомиться с путями совершенствования основных конструктивных параметров автотранспортных средств.

Оборудование: модель автомобиля, электронные весы, груз для загрузки кузова автомобиля, параллелепипед деревянный.

4.1 Теоретическая подготовка к работе

Конструкция и условия движения транспортного средства определяют его взаимодействие с опорной поверхностью и окружающей средой, а также инерционные силы и моменты. Поэтому при изучении эксплуатационных свойств транспортных средств необходимо знать те основные конструктивные параметры, которые непосредственно влияют на их взаимодействие с опорной поверхностью и окружающей средой. Основные параметры транспортных средств: скоростная характеристика двигателя, к. п. д. трансмиссии, свободный и статический радиусы колес, база, колея, координаты центра тяжести, коэффициент поперечной устойчивости, моменты инерции транспортного средства и его частей.

Особое место среди перечисленных параметров занимают координаты центра тяжести автомобиля. Они влияют на такие качества автотранспортного средства как: поперечная и продольная устойчивость, управляемость, проходимость, колебания и плавность хода.

Координаты центра тяжести автомобиля зависят от его компоновки, а также от величины, расположения и объемного веса груза и, следовательно, существенно изменяются при эксплуатации автомобиля.

Дать ответы на вопросы:

1. От чего зависят нормальные реакции на колеса транспортного средства? [1, с. 53–55]; [12, с. 44–46].
2. Как влияет положение центра тяжести автомобиля на нормальные реакции дороги на колеса транспортного средства? [1, с. 53–55]; [12, с. 44–46].

3. Как влияет положение центра тяжести автомобиля на поперечную устойчивость транспортного средства? [1, с. 165–171].

4. Как влияет положение центра тяжести автомобиля на продольную устойчивость транспортного средства? [1, с. 165–166].

Привести в отчете:

1. Теоретические зависимости для определения коэффициентов динамического изменения нормальных реакций (перераспределения масс) на передних и задних колесах транспортных средств.

2. Численные значения координат центра тяжести современных моделей автомобилей.

3. Численные значения коэффициентов динамического изменения нормальной реакции (коэффициента перераспределения) для современных моделей автомобилей.

4. Определение коэффициента поперечной устойчивости.

4.2 Экспериментальная часть

Координаты центра тяжести автомобиля могут быть определены аналитически или графически по заданным массам и координатам центров тяжести его отдельных частей или экспериментально путем взвешивания автомобиля в горизонтальном и наклонном положениях.

В лабораторной работе для определения положения центра тяжести используется метод взвешивания.

4.2.1 Методика проведения эксперимента

Для определения горизонтального положения центра тяжести автомобиля необходимо знать его вес и реакции опорной поверхности на колеса в неподвижном состоянии при горизонтальном положении автомобиля.

Рассмотрим уравнения равновесия для неподвижного автомобиля, стоящего на горизонтальной поверхности (рис. 4.1).

Сумма моментов относительно опорной площадки колес задней оси

$$\sum m_{O_2} = 0 \Rightarrow R_{Z1}L - m_a g b = 0, \quad (4.1)$$

где L — база автомобиля, м;

R_{Z1} — проекция на ось Z реакции дороги на колеса передней оси, Н;

m_a — масса автомобиля, кг;

b — расстояние от задней оси автомобиля до линии действия силы тяжести автомобиля, м.

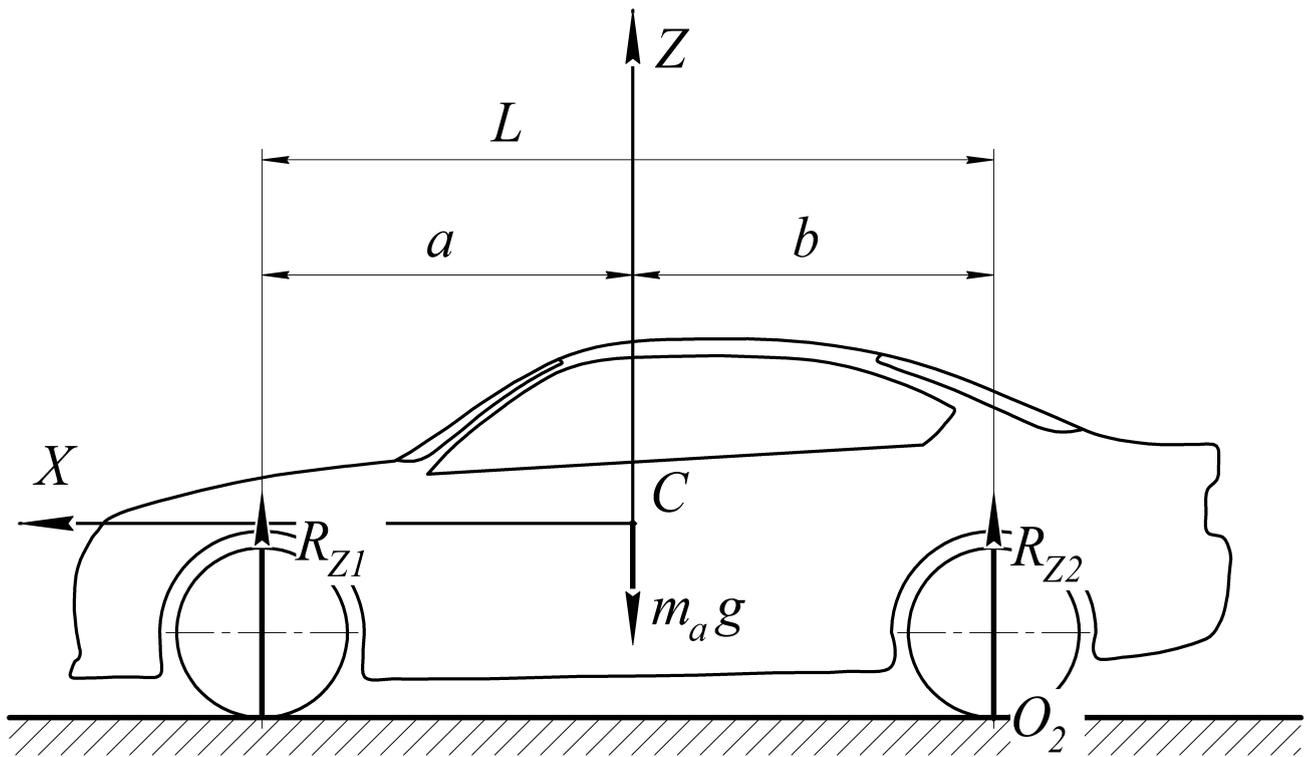


Рисунок 4.1 — Схема определения координат центра тяжести автомобиля по горизонтали

Из уравнения (4.1) получаем значение величины b

$$b = \frac{R_{Z1}L}{m_a g}. \quad (4.2)$$

Таким образом, для нахождения горизонтального положения центра тяжести необходимо: измерить базу автомобиля, взвесить его и взвесить переднюю ось при горизонтальном неподвижном положении.

При отсутствии возможности взвешивания автомобиля целиком, взвешивают отдельно переднюю и заднюю оси. Тогда вес автомобиля

$$m_a g = R_{Z1} + R_{Z2}. \quad (4.3)$$

Расстояние a от передней оси до вертикальной линии, проходящей через центр тяжести, и расстояние от задней оси до той же вертикальной линии составляют колесную базу автомобиля. Учитывая это, получаем расстояние a :

$$a = L - b. \quad (4.4)$$

Высоту положения центра тяжести определяют обычно при подъеме передней или задней оси автомобиля и регистрацией изменения нагрузки на весах, помещенных, например, под передними колесами (рис. 4.2).

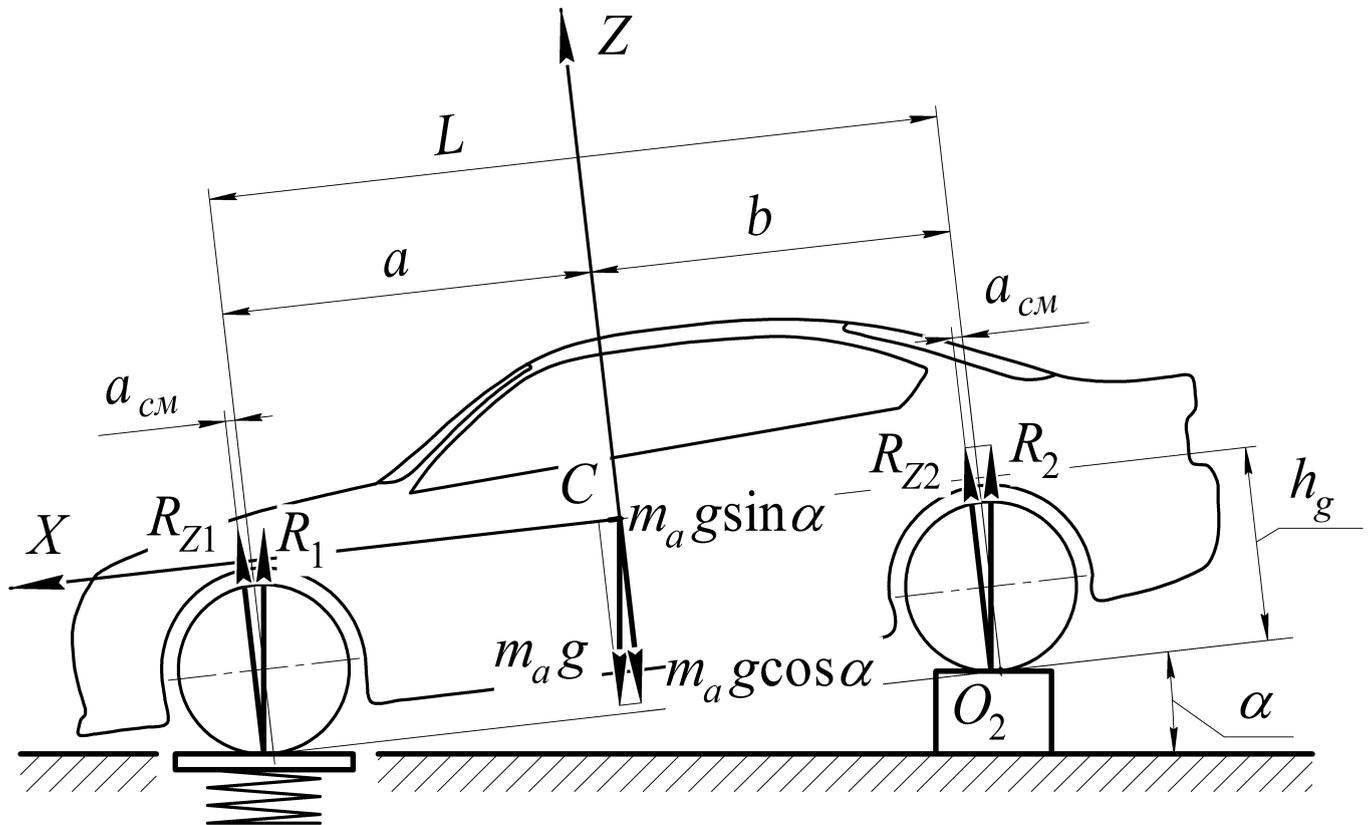


Рисунок 4.2 — Схема определения координат центра тяжести автомобиля по вертикали

Рассмотрим условие равновесия по моментам относительно опорных площадок задних колес:

$$\begin{aligned} \sum m_{O_2} &= 0; \\ &\Downarrow \\ LR_{Z1} - (b - a_{CM})m_a g \cos \alpha - (h_g - r_{CT}(1 - \sin \alpha))m_a g \sin \alpha &= 0, \end{aligned} \quad (4.5)$$

где a_{CM} — смещение реакций R_1 и R_2 опорной поверхности на колеса передней и задней оси, м:

$$a_{CM} = r_{CT} \sin \alpha; \quad (4.6)$$

h_g — высота центра тяжести, м;

r_{CT} — статический радиус шины, м;

α — угол наклона опорной поверхности.

Учитывая наклон автомобиля

$$R_{Z1} = R_1 \sin \alpha. \quad (4.7)$$

Таким образом, после преобразований соотношения (4.5) с учетом (4.6) и (4.7) находим высоту центра тяжести:

$$h_g = \frac{LR_1}{m_a g \operatorname{tg} \alpha} - \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} + r_{\text{ст}}(1 - \sin \alpha + \cos \alpha). \quad (4.8)$$

Для того, чтобы уменьшить влияние отдельных факторов: изменение прогиба подвески относительно горизонтального положения, перемещение жидкостей в картерах и баках — рекомендуется поднимать колеса автомобиля на небольшую высоту (6...8°).

При выполнении лабораторной работы с моделью автомобиля угол подъема колес модели может быть увеличен до 25...30°.

Наличие высоты центра тяжести автомобиля позволяет рассчитать коэффициент поперечной устойчивости

$$\eta_{\text{пу}} = \frac{B}{2h_g}, \quad (4.9)$$

где B — колея автомобиля, м.

При определении коэффициента перераспределения нормальных реакций следует учитывать, что при движении автомобиля на колеса будет действовать сила R_{Z1} , которая находится по зависимости (4.7). Тогда коэффициент изменения нормальной реакции на переднюю ось

$$m_{\text{п1}} = \frac{LR_{Z1}}{m_a g b} = \frac{LR_1 \cos \alpha}{m_a g b}. \quad (4.10)$$

Полученные зависимости позволяют проанализировать влияние наклона автомобиля на перераспределение нормальных реакций опорной поверхности и загрузки автомобиля на коэффициент поперечной устойчивости.

4.2.2 Порядок выполнения работы

1. Включить электронные весы.
2. Измерить базу модели автомобиля.
3. Измерить колею модели автомобиля.
4. Результаты измерения занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 — Результаты измерений и вычисления основных параметров автомобиля

№ эксперимента		1–3	4–6	7–9
База автомобиля	$L, \text{ м}$			
Колея автомобиля	$B, \text{ м}$			
Статический радиус колеса	$r_{\text{ст}}, \text{ м}$			
Реакция опорной поверхности на передние колеса при горизонтальном положении автомобиля	$R_{Z1}, \text{ кГс}$			
Реакция опорной поверхности на задние колеса при горизонтальном положении автомобиля	$R_{Z2}, \text{ кГс}$			
Масса автомобиля	$m_a, \text{ кг}$			
Расстояние от центра тяжести до передней оси	$a, \text{ м}$			
Расстояние от центра тяжести до задней оси	$b, \text{ м}$			
Угол наклона	$\text{tg } \alpha$			
	$\alpha, \text{ м}$			
Реакция опорной поверхности на передние колеса при наклонном положении автомобиля	$R_1, \text{ кГс}$			
Высота центра тяжести	$h_g, \text{ м}$			
Коэффициент поперечной устойчивости	$\eta_{\text{пу}}$			
Коэффициент изменения нормальной реакции передней оси	m_{p1}			

5. Установить модель автомобиля строго горизонтально (рис. 4.1) передней осью на чашку весов, задней — на опорную поверхность.

6. Взвесить переднюю ось модели автомобиля.

7. Установить модель автомобиля строго горизонтально задней осью на чашку весов, передней — на опорную поверхность.

8. Взвесить заднюю ось модели автомобиля.
9. Результаты измерения занести в таблицу 4.1.
10. Определить массу модели автомобиля.
11. Установить модель автомобиля в наклонном положении с помощью деревянного параллелепипеда так, чтобы передняя ось модели находилась на весах (рис. 4.2).
12. Определить тангенс угла наклона модели автомобиля от горизонта.
13. Взвесить переднюю ось модели автомобиля.
14. Результаты измерения занести в таблицу 4.1.
15. Изменить угол наклона модели и определить высоту центра тяжести.
16. Повторить пункты 11...15 три раза. Определить среднее значение высоты центра тяжести. Результаты занести в таблицу 4.1.
17. Загрузить модель автомобиля или изменить массу груза и повторить пункты 5...16.

4.2.3 Обработка экспериментальных данных

Масса автомобиля

$$m_a = R_{Z1} + R_{Z2}, \quad (4.11)$$

где m_a, R_{Z1}, R_{Z2} — в кг.

Координаты центра тяжести модели автомобиля:

$$b = \frac{R_{Z1}L}{m_a}, \quad a = L - b. \quad (4.12)$$

Высота центра тяжести

$$h_{g\alpha_i} = \frac{LR_{1i}}{m_a \operatorname{tg} \alpha_i} - \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha_i} + r_{\text{ст}}(1 - \sin \alpha_i + \cos \alpha_i). \quad (4.13)$$

По результатам расчета высоты центра тяжести автомобиля для 3-х различных углов наклона рассчитывают его среднее значение:

$$h_g = \frac{\sum_i^3 h_{g\alpha_i}}{3}. \quad (4.14)$$

По среднему значению высоты центра тяжести определяют коэффициент поперечной устойчивости:

$$\eta_{\text{пу}} = \frac{b}{2h_g}. \quad (4.15)$$

Коэффициент перераспределения нормальных реакций

$$m_{\text{р1}} = \frac{LR_1 \cos \alpha}{m_a b}. \quad (4.16)$$

Результаты расчетов заносятся в таблицу 4.1.

4.3 Содержание отчета

1. Порядковый номер лабораторной работы.
2. Тема работы.
3. Цель и задачи работы.
4. Перечень необходимого оборудования.
5. Ответы на вопросы, указанные в разделе «Теоретическая подготовка к работе».
6. Порядок проведения эксперимента.
7. Результаты эксперимента и обработки экспериментальных данных в виде таблицы.
8. Пример выполнения расчета для одного эксперимента.
9. График зависимости коэффициента перераспределения нормальной реакции передней оси $m_{\text{р1}}$ от угла наклона модели автомобиля α .
10. График зависимости коэффициента поперечной устойчивости $\eta_{\text{пу}}$ от высоты центра тяжести h_g .
11. Вывод, в котором на основе экспериментальных данных выполнен анализ влияния основных конструктивных параметров автомобиля на взаимодействие автомобиля с опорной поверхностью и окружающей средой.

4.4 Контрольные вопросы

1. Перечислите основные параметры автомобиля.
2. На какие качества автотранспортного средства влияет расположение центра тяжести автомобиля и каким образом?
3. Как влияет положение центра тяжести автомобиля на нормальные реакции дороги на колеса транспортного средства?

4. Как влияет положение центра тяжести автомобиля на поперечную устойчивость транспортного средства?
5. Как влияет положение центра тяжести автомобиля на продольную устойчивость транспортного средства?
6. Объясните методы определения координат центра тяжести автомобиля.
7. Приведите порядок определения координат центра тяжести автомобиля с помощью весов.
8. Перечислите факторы, влияющие на расположение центра тяжести автомобиля.
9. Назовите пути совершенствования основных конструктивных параметров транспортных средств.
10. От чего зависят нормальные реакции на колеса транспортного средства?
11. Приведите теоретические зависимости для определения нормальных реакций на передних и задних колесах транспортных средств.
12. Приведите теоретические зависимости для определения коэффициентов динамического изменения нормальных реакций на передних и задних колесах транспортных средств.
13. Приведите численные значения коэффициентов динамического изменения нормальной реакции (коэффициента перераспределения) для современных моделей автомобилей.
14. Дайте определение коэффициента поперечной устойчивости.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. *Литвинов А. С., Фаробин Я. Е.* Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. — М. : Машиностроение, 1989. — 240 с.
2. *Гришкевич А. И.* Автомобили. Теория. — Минск : Высшая школа, 1986. — 208 с.
3. *Иларионов В. А.* Эксплуатационные свойства автомобиля. — М. : Машиностроение, 1966. — 280 с.
4. *Бакфиш К., Хайнц Д.* Новая книга о шинах. — М. : Астрель, 2003. — 303 с.
5. *Раймпель Й.* Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса / под ред. О. Д. Златовратского ; пер. с нем. В. П. Агапова. — М. : Машиностроение, 1986. — 320 с.
6. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посібник / В. П. Сахно [и др.]. — К. : КВІЦ, 2004. — 174 с.
7. *Балабин И. В., Куров Б. А., Лантев С. А.* Испытания автомобилей : учебник для машиностроительных техникумов по специальности «Автомобилестроение». — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1988. — 192 с.
8. *Цокур В. Г., Химченко А. В., Крамарь С. Н.* Курс лекций по дисциплине «Автомобили. Теория эксплуатационных свойств» : в 2-х ч. Ч. 1. — Горловка : АДИ ДонНТУ, 2006. — 64 с. — URL: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/10994>.
9. ГОСТ 8.417-2002 СИБИД. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин [Текст]. — введ. 01-09-2003. — Минск, 2006. — 24 с. — (Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений).
10. ДСТУ 3651.0-97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення [Текст]. — введ. 1999-01-01. — К. : Держспоживстандарт України, 1998. — 9 с. — (Національні стандарти України).
11. ДСТУ 3651.1-97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назви та позначення [Текст]. — введ. 1999-01-01. — К. : Держспоживстандарт України, 1998. — 26 с. — (Національні стандарти України).
12. *Афанасьев В. В., Василевский О. Н.* Теория колебаний: Навчальний посібник. — К. : Вища школа, 1992. — 430 с.
13. *Бортницкий П. Н., Задорожный В. И.* Тягово-скоростные качества автомобилей. — Киев : Выща школа, 1978. — 176 с.

14. Краткий автомобильный справочник : в 4 т. / Б. В. Кисуленко [и др.] ; под ред. А. П. Насонова. — М. : ИПЦ «Финпол», 2002.
15. Краткий автомобильный справочник НИИАТ. — 10-е изд., перераб. и доп. — М. : Транспорт, 1988. — 220 с.

ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

Химченко Аркадий Васильевич

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ НАЗЕМНЫХ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ»**

(ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
23.05.01 «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СРЕДСТВА»)

Подписано к выпуску 24.11.2016 г. Гарнитура Computer Modern.
Усл. печ. ли. 2,44. Зак. № 673.

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Донецкий национальный технический университет»
Автомобильно-дорожный институт
284646, ДНР г. Горловка, ул. Кирова, 51
E-mail: redizo@adidonntu.ru

Редакционно-издательский отдел