

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

**Кафедра «Автомобильный транспорт»**

**ЗАДАЧНИК ПО ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИКЕ,  
УПРАВЛЯЕМОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ  
АВТОМОБИЛЯ**

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

**4/22-2016-02**

**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»

**ЗАДАЧНИК ПО ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИКЕ,  
УПРАВЛЯЕМОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ  
(ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ  
ПОДГОТОВКИ 23.05.01 «НАЗЕМНЫЕ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА»)**

**4/22-2016-02**

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(076)

Задачник по тормозной динамике, управляемости и устойчивости автомобиля (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства») [Электронный ресурс] / составитель А.В. Химченко. — Электрон. данные. — Горловка: ГОУВПО «ДонНТУ» АДИ, 2016. — 48 с.

Задачник является сборником задач, индивидуальных заданий и методическим пособием, предназначенным для студентов направления подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», изучающих дисциплину «Теория наземных транспортно-технологических средств».

Задачник содержит: задачи по тормозной динамике, управляемости и устойчивости автомобиля; методические указания к решению этих задач и исходные данные согласно шифра, позволяющие индивидуализировать задачи и обеспечить самостоятельную работу отдельного студента. В методических указаниях даны зависимости и примеры составления уравнений равновесия для основных общих условий движения автомобиля.

Задачи, приведенные в задачнике, решаются студентами дневной и заочной формы обучения в соответствии с учебным планом в виде контрольной работы или на практических занятиях.

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

<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b>	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>7</b>
<b>1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ</b>	<b>8</b>
<b>2 ЗАДАЧИ</b>	<b>13</b>
2.1 Задача №1 . . . . .	13
2.2 Задача №2 . . . . .	13
2.3 Задача №3 . . . . .	14
2.4 Задача №4 . . . . .	16
2.5 Задача №5 . . . . .	16
2.6 Задача №6 . . . . .	17
2.7 Задача №7 . . . . .	18
2.8 Задача №8 . . . . .	18
2.9 Задача №9 . . . . .	19
2.10 Задача №10 . . . . .	20
2.11 Задача №11 . . . . .	21
2.12 Задача №12 . . . . .	22
2.13 Задача №13 . . . . .	22
2.14 Задача №14 . . . . .	23
2.15 Задача №15 . . . . .	24
2.16 Задача №16 . . . . .	25
2.17 Задача №17 . . . . .	25
2.18 Задача №18 . . . . .	26
2.19 Задача №19 . . . . .	27
2.20 Задача №20 . . . . .	27
2.21 Задача №21 . . . . .	27
2.22 Задача №22 . . . . .	28
2.23 Задача №23 . . . . .	29
2.24 Задача №24 . . . . .	29
2.25 Задача №25 . . . . .	30
2.26 Задача №26 . . . . .	31
2.27 Задача №27 . . . . .	31
2.28 Задача №28 . . . . .	32
2.29 Задача №29 . . . . .	33
2.30 Задача №30 . . . . .	34
2.31 Задача №31 . . . . .	34

<b>3</b>	<b>МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ</b>	<b>36</b>
3.1	Тяговый режим . . . . .	36
3.2	Режим экстренного торможения . . . . .	38
3.3	Движение в повороте и на вираже . . . . .	40

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АТС	—	автотранспортное средство;
ТС	—	транспортное средство;
$\alpha$	—	продольный угол наклона опорной поверхности;
$\beta$	—	поперечный угол наклона опорной поверхности;
$\gamma_{\text{торм}}$	—	удельная тормозная сила;
$\delta_1, \delta_2$	—	углы бокового увода, соответственно, передней и задней осей автомобиля;
$\delta_{\text{вр}}$	—	коэффициент учёта вращающихся масс автомобиля;
$\varphi_x$	—	коэффициент сцепления колёс с дорогой;
$\theta_{\text{вн}}$	—	угол поворота внутреннего управляемого колеса;
$\theta_{\text{н}}$	—	угол поворота внешнего (наружного) управляемого колеса;
$\theta_{\text{ср}}$	—	средний угол поворота управляемых колес;
$a$	—	расстояние от центра масс до передней оси автомобиля;
$b$	—	расстояние от центра масс до задней оси автомобиля;
$B$	—	колея автомобиля;
$c$	—	расстояние от мгновенного центра поворота оси задних колес;
$c_x$	—	аэродинамический коэффициент (коэффициент обтекаемости);
$f$	—	коэффициент сопротивления качению;
$F$	—	лобовая площадь автомобиля;
$F_{\text{ц}}$	—	центробежная сила;
$g$	—	ускорение свободного падения;
$G_a \sin \alpha$	—	сила сопротивления подъёму;
$G_a$	—	сила тяжести, действующая на автомобиль;
$j_a$	—	ускорение автомобиля;
$j_z$	—	замедление автомобиля при торможении;
$K_{\text{в}}$	—	суммарный коэффициент сопротивления воздушной среды;
$K_{\delta_1}, K_{\delta_2}$	—	коэффициенты сопротивления боковому уводу, соответственно, передней и задней осей автомобиля;
$L$	—	база автомобиля;
$m_a$	—	масса автомобиля;
$P_{\text{т}}$	—	сила тяги;
$P_{\text{и}}$	—	суммарная сила сопротивления инерции масс автомобиля, движущихся поступательно и вращательно;
$P_{\text{в}}$	—	сила сопротивления воздуха;
$P_j$	—	сила инерции поступательно движущихся масс автомобиля;
$P_{\text{торм}_i}$	—	тормозная сила на колёсах $i$ -й оси автомобиля;

- $P_{\text{пр}1}, P_{\text{пр}2}$  — боковые силы упругости шин, соответственно, передней и задней осей автомобиля;
- $R$  — средний радиус поворота (расстояние от продольной оси автомобиля к центру поворота);
- $R_{2\text{вн}}$  — радиус поворота внутреннего колеса задней оси;
- $R_{Y\text{н}}$  — боковая реакция опорной поверхности на колёсах внешнего (наружного) борта;
- $R_{Y\text{вн}}$  — боковая реакция опорной поверхности на колёсах внутреннего борта;
- $R_{Z1}$  и  $R_{Z2}$  — нормальная реакция опорной поверхности на колеса, соответственно, передней и задней оси;
- $V_{\text{а}}$  — скорость автомобиля.



## ВВЕДЕНИЕ

Задачи по тормозной динамике, управляемости, устойчивости наземных транспортных средств решаются студентами по направлению 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» в связи с необходимостью освоения дисциплины «Теория наземных транспортно-технологических средств».

Практические навыки по решению задач при изучении тягово-скоростных свойств автомобиля студенты получают при выполнении тягового расчёта. Для закрепления знаний по тормозной динамике, управляемости и устойчивости автомобиля и других наземных транспортных средств необходимы задачи, соответствующие той или иной дорожной ситуации, то есть имеющие практическое значение, но требуют знаний и умений по теории наземных транспортно-технологических средств — теории движения.

Таким образом, решение задач по теории движения автомобиля позволяет усвоить материал курса дисциплины «Теория наземных транспортно-технологических средств».

Методические указания содержат: задачи; указания к решению задач; исходные данные согласно шифра, позволяющие индивидуализировать задачи и обеспечить самостоятельную работу отдельного студента.

В методических указаниях даны зависимости и примеры составления уравнений равновесия для основных общих условий движения автомобиля.

Задачи, приведённые в указаниях, решаются студентами дневной формы обучения на практических занятиях. Студенты заочной формы решают задачи в виде контрольной работы.

Вариант задания выбирается по соответствующим таблицам в соответствии с последней цифрой зачётной книжки и первой буквой фамилии. Работы, выполненные не по варианту, рецензированию не подлежат.

# 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задание студенту следует выбрать из таблицы 1.1. Для этого в строке, соответствующей первой букве фамилии студента находят колонку с номером, соответствующим последней цифре шифра (номера зачётной книжки). В соответствующей ячейке таблицы расположены номера задач, которые необходимо решить. Условия задач и исходные данные, соответствующие номерам предпоследних цифр шифра (номера зачётной книжки) приведены в разделе 2.

Таблица 1.1 — Таблица выбора варианта задания по решению задач контрольной работы

Литера	№ задач в соответствии с последней цифрой шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
А	9а,	10а,	8в,	7в,	27,	9г,	16,	13а,	8в,	20,
	9г,	8г,	10б,	8а,	8в,	12,	13б,	10а,	29а,	24,
	10б,	7б,	19,	14,	22,	7а,	7а,	5,	7б,	8г,
	29а,	8в,	9б,	4,	9г,	11,	29а,	22,	9в,	18б,
	30	17,	16,	11,	8г	8в,	17	11,	1	10а,
Б	23,	9б,	15,	30,	8б,	7в,	10в,	17,	14,	8б,
	20,	19,	29б,	16,	25,	9б,	12,	27,	8а,	9г,
	10в,	9а,	8б,	15,	4,	10б,	21,	8б,	4,	10а,
	4,	23,	20,	27,	10в,	6,	24,	29а,	27,	13б,
	10б	7а	6	14	21	16	9г	25	5	8в
В	5,	30,	21,	1,	26,	2,	10в,	8а,	10б,	29б,
	8а,	11,	27,	7а,	14,	24,	13в,	9г,	14,	20,
	18б,	1,	24,	9г,	20,	26,	23,	14,	3,	30,
	13а,	10б,	7б,	7в,	7а,	22,	13в,	9в,	13в,	24,
	8	8г	5	30	8в	9б	7в	13б	8а	10б
Г	10б,	23,	8г,	1,	23,	17,	11,	8г,	21,	22,
	19,	9а,	10а,	9б,	30,	13а,	27,	9г,	14,	25,
	17,	9г,	13в,	18б,	8в,	8а,	8г,	1,	15,	5,
	10а,	10а,	9а,	5,	7б,	14,	18а,	14,	8в,	13б,
	29а	25	7а	13а	18б	20	5	30	13а	10б
Д	15,	10а,	10б,	4,	4,	22,	27,	2,	21,	10б,
	9б,	3,	13в,	7в,	10в,	1,	29а,	22,	29а,	20,
	28,	9а,	29а,	8г,	18б,	29а,	17,	12,	9в,	7б,
	21,	15,	22,	1,	12,	4,	1,	8а,	18б,	3,
	14	13а	2	7а	10а	8г	18а	15	22	8б

Продолжение таблицы 1.1

Буква	№ задач в соответствии с последней цифрой шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Е	14, 23, 2, 3, 13В	9а, 12, 13а, 20, 10В	9б, 4, 10а, 14, 21	29а, 30, 15, 13б, 16	14, 17, 23, 10б, 5	24, 19, 27, 8а, 9В	19, 18а, 22, 21, 9а	7в, 8б, 28, 8в, 25	4, 8б, 29а, 24, 8а	19, 18б, 20, 7в, 22
Ж	13В, 9В, 7В, 14, 16	7а, 3, 16, 24, 17	10б, 7в, 12, 29б, 21	9г, 12, 13в, 18а, 2	17, 27, 9б, 6, 10б	21, 9в, 10б, 20, 10в	19, 13а, 7б, 8г, 4	30, 8г, 16, 9а, 25	9б, 22, 7б, 9а, 4	12, 10в, 15, 2, 9б
З	6, 9б, 21, 16, 29б	24, 13в, 15, 7в, 27	9б, 8а, 15, 21, 19	18б, 21, 8в, 13в, 13а	13в, 8г, 15, 9в, 29б	13а, 14, 11, 2, 9г	7а, 17, 24, 7в, 9г	5, 16, 18б, 10в, 10б	9б, 18б, 8а, 2, 26	2, 11, 20, 21, 24
И	8а, 11, 26, 24, 10б	11, 9в, 8б, 23, 13б,	13б, 16, 4, 19, 8в	3, 8г, 29б, 9б, 8а, 17	9в, 9г, 9б, 8а, 27	10б, 16, 8б, 18б, 14	10а, 14, 8г, 24, 27,	17, 30, 9а, 8б, 26	25, 5, 10а, 24, 8в	8а, 20, 27, 9в, 30
К	15, 4, 2, 7а, 8б,	13б, 10а, 1, 8в, 7б	6, 14, 15, 12, 18б	18а, 10а, 24, 9в, 14	29б, 26, 13б, 17, 11	10б, 19, 9г, 10а, 8б	20, 10б, 11, 16, 25	8б, 9а, 5, 1, 29б	11, 29а, 7в, 9а, 15	21, 4, 16, 18б, 22
Л	7а, 9б, 11, 28, 2	1, 9б, 19, 8г, 9а	11, 6, 7в, 8б, 30	11, 19, 8в, 26, 22	8г, 18а, 30, 9г, 11	8б, 18б, 9б, 3, 29а	13б, 5, 10а, 9а, 18а	8в, 7а, 17, 8б, 10а	14, 22, 9б, 8в, 26	9г, 14, 17, 13а, 11
М	19, 23, 9б, 25, 22	14, 24, 29а, 8а, 7а	18а, 9а, 4, 16, 13в	20, 10а, 5, 16, 14	25, 7б, 18а, 8г, 26	18а, 18б, 20, 12, 30	13а, 22, 10б, 29б, 6	10в, 24, 15, 4, 14	28, 3, 15, 12, 26	2, 25, 6, 19, 8в

Продолжение таблицы 1.1

Буква	№ задач в соответствии с последней цифрой шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Н	8а, 18а, 27, 9г, 30	9б, 12, 29б, 9а, 8в	8б, 18а, 13б, 5, 10в	14, 9а, 7б, 4, 23	11, 10в, 9в, 3, 29б	15, 8г, 11, 9б, 24	19, 26, 8а, 5, 11	7а, 6, 12, 24, 18а	22, 3, 8б, 15, 30	22, 7б, 15, 17, 28
О	9б, 1, 22, 28, 9а	10а, 15, 13в, 20, 6	10а, 9г, 9, 26, 7а	13в, 8б, 1, 8в, 29а	6, 8в, 25, 18а, 11	10а, 21, 7б, 29а, 9б	4, 9а, 17, 7б, 26	7б, 10в, 28, 11, 30	10б, 21, 19, 8а, 7б	18а, 30, 22, 13в, 9г
П	8г, 15, 9г, 13б, 17	1, 13б, 15, 25, 9а	11, 5, 18а, 22, 15	7в, 29б, 23, 18а, 4	8г, 21, 8б, 18б, 15	17, 7а, 18б, 29а, 21	29а, 7а, 9а, 19, 8в	12, 29а, 25, 27, 7в	28, 6, 22, 20, 29а	11, 27, 7б, 12, 9г
Р	25, 9б, 26, 13а, 8а	3, 15, 7б, 12, 10в	17, 10б, 25, 11, 10в	29б, 23, 12, 18б, 8г	8б, 3, 24, 8г, 22	26, 12, 30, 2, 29б	30, 15, 21, 8г, 27	16, 18а, 30, 2, 13в	4, 9б, 8б, 10в, 13в	15, 2, 9в, 20, 4
С	25, 8г, 17, 10в, 18б	8г, 29б, 7в, 17, 3	26, 3, 12, 11, 5	5, 9г, 2, 29б, 30	14, 1, 16, 20, 10а	7а, 17, 15, 25, 9г	3, 13а, 8г, 9г, 10в	9а, 29б, 1, 17, 16	13б, 2, 19, 9а, 30	8г, 10г, 9б, 12, 13б
Т	9б, 30, 14, 13б, 6	27, 2, 22, 19, 8б	29а, 11, 19, 10а, 8б	15, 13в, 11, 17, 21	8а, 29а, 7в, 10б, 9в	3, 16, 9б, 8г, 18б	25, 13а, 23, 30, 13б	21, 8в, 7а, 2, 18б	9г, 3, 4, 15, 7а	9г, 13в, 26, 10б, 15
У	13а, 10а, 8в, 3, 17	29а, 8г, 7б, 13а, 9в	10б, 11, 3, 21, 10в	7а, 9а, 30, 15, 8г	12, 14, 3, 10б, 6	17, 20, 22, 10б, 4	29б, 7б, 14, 18а, 5	10а, 16, 15, 12, 6	30, 28, 8б, 23, 21	15, 18б, 8в, 14, 23

Продолжение таблицы 1.1

Буква	№ задач в соответствии с последней цифрой шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ф	3, 7а, 5, 13а, 16,	29б, 8а, 9в, 27, 12	8б, 25, 4, 6, 29б	24, 15, 30, 8б, 18а	16, 29б, 10б, 3, 26	28, 16, 25, 10б, 5	13в, 18б, 28, 24, 1	6, 28, 10б, 18а, 13а	13а, 11, 9в, 10а, 8в	22, 8б, 30, 3, 10а
Х	2, 5, 18б, 8а, 9г	21, 8а, 9б, 8г, 12	29б, 18а, 24, 11, 9б	26, 15, 9б, 13в, 2	26, 10в, 13в, 7б, 8в	15, 4, 30, 29а, 27	25, 29а, 9г, 24, 15	10в, 25, 24, 16, 10б	7а, 18а, 6, 1, 9а	14, 9в, 18а, 13в, 8г
Ц	7б, 8б, 15, 9г, 13б	28, 2, 29б, 21, 10а	21, 14, 10в, 2, 3	9в, 10б, 12, 16, 7б	10в, 7а, 29б, 8г, 3	23, 19, 8в, 22, 26	30, 8в, 11, 28, 19	13а, 26, 14, 10б, 24	19, 27, 7а, 22, 18а	28, 24, 44, 22, 11
Ч	20, 13в, 7б, 9а, 11	27, 26, 9г, 29б, 13а	30, 10в, 22, 9а, 4	26, 14, 25, 23, 21	28, 3, 24, 8б, 8г	3, 27, 30, 8в, 13б	9в, 8а, 7в, 6, 15	14, 25, 4, 7в, 16	11, 8г, 24, 9а, 29б	10а, 22, 23, 15, 9в
Ш	14, 18а, 23, 3, 24	3, 7а, 9а, 10в, 10б	25, 3, 27, 8б, 30	22, 2, 6, 18а, 8в	25, 9, 18а, 13а, 16	15, 5, 29а, 9г, 9в	2, 27, 12, 10а, 28	8в, 13в, 2, 23, 11	13в, 9г, 7а, 20, 8а	8а, 9б, 10б, 20, 6
Щ	8г, 10б, 13а, 1, 18а	7б, 12, 2, 20, 24	16, 7б, 27, 9г, 23	4, 16, 13а, 18б, 9в	10в, 24, 14, 21, 8г	29б, 5, 22, 2, 29а	30, 18б, 4, 10а, 7б	29б, 18б, 26, 6, 7а	8в, 2, 9б, 27, 8б	18б, 7а, 4, 24, 23
Э	7в, 5, 16, 15, 10а	21, 13б, 10а, 7а, 14	7б, 17, 27, 8в, 19	7в, 3, 8б, 17, 29б	15, 9г, 17, 20, 19	7в, 29а, 8в, 1, 9б	9в, 26, 25, 10б, 15	7б, 8г, 21, 25, 8в	1, 29б, 8а, 27, 10в	3, 28, 12, 18а, 20

Продолжение таблицы 1.1

Буква	№ задач в соответствии с последней цифрой шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ю	10б,	16,	16,	3,	27,	8б,	9б,	8а,	24,	17,
	30,	9в,	27,	12,	7б,	4,	7а,	22,	7а,	29а,
	18б,	29б,	21,	24,	24,	22,	27,	27,	22,	6,
	12,	9г,	9б,	30,	17,	24,	13а,	5,	10б,	9г,
	24,	9а	13б	20	8а	9б	22	18а	13б	12
Я	13в,	25,	7а,	18а,	6,	7в,	10в,	20,	8б,	19,
	7б,	13в,	20,	8в,	29а,	26,	9б,	3,	29а,	29а,
	18а,	29б,	19,	10в,	8в,	8а,	16,	9в,	10б,	12,
	8а,	9г,	26,	15,	26,	9а,	9г,	9г,	8г,	9б,
	15	16	24	4	14	3	29а	14	28	23

## 2 ЗАДАЧИ

### 2.1 Задача №1

Автомобиль скатывается под уклон  $i$  с постоянной скоростью  $V_a$ , м/с. Масса автомобиля  $m_a$ , кг, коэффициент сопротивления качению  $f$ . Определить фактор обтекаемости автомобиля. Числовые значения величин приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Исходные данные к задаче №1

Значение предпоследней цифры шифра	$f$	$m_a$ , кг	$V_a$ , м/с	$i$
0	0,020	1380	25,0	0,03
1	0,018	1800	30,0	0,05
2	0,021	2300	32,0	0,035
3	0,023	1100	25,7	0,025
4	0,016	1500	9,9	0,026
5	0,024	1700	18,0	0,028
6	0,019	1450	16,7	0,024
7	0,022	4500	8,20	0,023
8	0,017	5600	24,3	0,032
9	0,015	8200	27,0	0,028

### 2.2 Задача №2

Определить наименьшее значение коэффициента сцепления  $\varphi_x$ , необходимого для движения автомобиля на дороге с уклоном  $i$  и коэффициентом сопротивления качению  $f$ , если на ведущую ось приходится доля полной массы  $X$ , %. Сопротивление воздуха не учитывать. Числовые значения величин приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 — Исходные данные к задаче №2

Значение предпоследней цифры шифра	$X$ , %	$f$	$i$
0	50	0,02	0,2
1	80	0,025	0,25
2	40	0,018	0,05
3	70	0,022	0,18
4	50	0,021	0,11
5	40	0,017	0,13

## Продолжение таблицы 2.2

Значение предпоследней цифры шифра	$X$ , %	$f$	$i$
6	52	0,016	0,16
7	55	0,017	0,19
8	67	0,018	0,13
9	48	0,028	0,14

**2.3 Задача №3**

Определить длину пути свободного выбега  $S_{\text{выб}}$ , м, автомобиля на горизонтальной участке дороги при начальной скорости  $V_{\text{п}}$ , м/с, если известна степень загрузки  $X$ , %, для грузовых автомобилей или количество пассажиров для пассажирских автомобилей (табл. 2.3). Силу сопротивления воздуха следует определить в пределах средней скорости движения. Необходимые параметры автомобилей (табл. 2.3) приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.3 — Исходные данные к задаче №3

Значение предпоследней цифры шифра	Тип покрытия	Загрузка $X$ , %, или человек	Марка автомобиля	$V_{\text{п}}$ , м/с
0	Сухой асфальт	Отсутствует	VOLKSWAGEN TOUAREG	35,0
1	Сухой укатанный грунт	3	HYUNDAI TUCSON	20,0
2	Влажный песок	5	CHRYSLER SEBRING	10,0
3	Цементобетон	4	CHEVROLET EPICA	45,0
4	Сухой гравий	21	MAZ-152	13,0
5	Брусчатка	Отсутствует	MAZDA 6	25,0
6	Гололедица	100	VOLVO B12	13,0
7	Сухой укатанный грунт	Отсутствует	TATRA 815-2 SIA	20,0
8	Сухой гравий	100	IVECO- MAGIRUS-380- 30 ANW	13,0
9	Сухой асфальт	70	IVECO 190-36PT	25,0



Таблица 2.4 – Параметры автомобилей

Параметр	VOLKSWAGEN TOUAREG	HYUNDAI TUCSON	CHRYSLER SEBRING	
Габариты, мм				
длина	4754	4325	4850	
ширина	1928	1795	1843	
высота	1726	1730	1497	
Колея колёс, мм				
передних	1653	1540	1570	
задних	1665	1540	1570	
Собственная масса, кг	2230	1628	1585	
Полная масса, кг	2945	2140	2040	
Аэродинамический коэффициент $c_x$	0,36	0,45	0,3	
Пассажировместимость	5	6	5	
Параметр	TATRA 815-2 SIA	IVECO- MAGIRUS 380-30 ANW	IVECO 190-36PT	
Габариты, мм				
длина	7920	8400	5730... 11500	
ширина	2500	2800	2488	
высота	2970	3530	3286	
Колея колёс, мм				
передних	1989	2227	2066	
задних	1754	1964	1833	
Собственная масса, кг	11600	15500	7360	
Полная масса, кг	28500	37500	17500	
Аэродинамический коэффициент $c_x$	0,9	0,9	0,85	
Масса груза, кг	16900	22000	10140	
Параметр	CHEVROLET EPICA	MAZ-152	MAZDA 6	VOLVO B12
Габариты, мм				
длина	4805	11985	4670	12000
ширина	1810	2500	1780	2500
высота	1450	3323	1435	3580
Колея колёс, мм				
передних	1550	2063	1585	2046
задних	1545	1818	1575	1848
Собственная масса, кг	1460	13850	1425	13200

## Продолжение таблицы 2.4

Параметр	CHEVROLET EPICA	MAZ-152	MAZDA 6	VOLVO B12
Полная масса, кг	1945	18000	1940	17620
Аэродинамический коэффициент $c_x$	0,3	0,65	0,3	0,65
Пассажировместимость	5	43	5	49

**2.4 Задача №4**

Автотранспортное средство движется по кривой радиусом  $R$ , м. Дорога горизонтальная и имеет коэффициент сцепления шин с поверхностью  $\varphi$ . Найти максимальную скорость движения по кривой без бокового скольжения. Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 — Исходные данные к задаче №4

Значение предпоследней цифры шифра	$R$ , м	$\varphi$
0	61	0,8
1	74	0,4
2	350	0,3
3	23	0,8
4	80	0,2
5	120	0,35
6	220	0,2
7	52	0,45
8	150	0,25
9	81	0,6

**2.5 Задача №5**

Автотранспортное средство движется по кривой радиусом  $R$ , м. На кривой имеется вираж с углом поперечного уклона  $\beta$ , град. Коэффициент сцепления шин с дорогой равен  $\varphi$ . Определить максимальную скорость движения по кривой без бокового скольжения. Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 — Исходные данные к задаче №5

Значение предпоследней цифры шифра	$R$ , м	$\beta$ , град	$\varphi$
0	81	2	0,6
1	150	8	0,25
2	52	4	0,55
3	220	7	0,2
4	120	6	0,35
5	82	8	0,2
6	24	2	0,8
7	302	5	0,3
8	75	6	0,4
9	62	3	0,8

## 2.6 Задача №6

Определить критическую скорость, при которой транспортное средство в состоянии проехать по кривой радиусом  $R$ , на которой имеется поперечный уклон с углом «минус»  $\beta$ , град, при этом коэффициент сцепления шин с дорогой  $\varphi$ . Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 — Исходные данные к задаче №6

Значение предпоследней цифры шифра	$R$ , м	$\varphi$	$\beta$ , град
0	32	0,26	8,0
1	47	0,71	10,9
2	117	0,56	1,5
3	103	0,46	2,5
4	102	0,76	3,5
5	94	0,66	11,0
6	85	0,76	9,0
7	59	0,56	3,9
8	37	0,66	2,8
9	63	0,81	2,8

## 2.7 Задача №7

В результате взвешивания и измерения транспортного средства определены следующие его характеристики: полная масса  $m_a$ , кг, вес  $G_{a1}$ , Н, приходящийся на переднюю ось в горизонтальном положении транспортного средства; вес  $G_{a1}^\alpha$ , Н, приходящийся на переднюю ось, в случае если задняя ось расположена выше передней на высоту  $H$ , м; вес  $G_{п}$ , Н, приходящийся на правые колеса, если автомобиль в горизонтальном положении; база  $L$ , м; колея  $B$ , м. Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.8.

Определить по вариантам:

**вариант а)** расстояние  $a$  — от передней оси по горизонтали, вдоль транспортного средства, до его центра масс;

**вариант б)** расстояние  $B_1$  — от левых колес по горизонтали поперек автомобиля до его центра масс;

**вариант в)** расстояние  $h$  — от центра масс автомобиля до плоскости, проходящей через оси передних и задних колес.

Таблица 2.8 — Исходные данные к задаче №7

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$G_{a1}$ , Н	$G_{a1}^\alpha$ , Н	$H$ , м	$G_{п}$ , Н	$L$ , м	$B$ , м
0	1280	6140	6720	0,5	6000	2,9	1,3
1	2800	10500	11900	0,55	13500	3,0	1,49
2	16600	33000	35300	0,6	84200	4,35	1,95
3	11500	39500	42800	0,65	57300	5,1	1,87
4	7031	22000	23800	0,55	35300	3,7	1,66
5	6000	19900	21500	0,48	30200	3,5	1,63
6	12500	41200	42750	0,43	63350	4,1	1,85
7	3300	16900	18050	0,48	16050	3,2	1,5
8	9050	29900	31950	0,44	44900	3,9	1,79
9	14000	43000	46110	0,6	69000	4,5	1,89

## 2.8 Задача №8

Транспортное средство имеет полную массу  $m_a$ , кг. В горизонтальном статическом состоянии на переднюю ось приходится  $X$ , %, от полного веса. База транспортного средства  $L$ , м, высота от опорной поверхности до центра масс  $h_g$ , м. Коэффициент сцепления шин с дорогой  $\varphi_x$ .

Определить максимальную тормозную силу  $P_r$ , Н, и максимальную общую удельный тормозную силу  $\gamma_r$  на дороге с продольным уклоном  $\alpha$ , град, по вариантам:

- вариант а)** заторможены все четыре колеса;  
**вариант б)** заторможены передние колеса;  
**вариант в)** заторможены задние колеса;  
**вариант г)** заторможены переднее правое и заднее левое колеса.  
Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 — Исходные данные к задаче №8

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$X$ , %	$L$ , м	$h_g$ , м	$\varphi_x$	$\alpha$ , °
0	1500	50	2,75	0,9	0,71	0
1	8300	33	3,4	1,1	0,56	-3
2	5300	48	3,65	1,15	0,46	3
3	9500	34	3,95	1,18	0,76	0
4	980	49	2,3	1,05	0,66	-5
5	4100	38	3,45	1,23	0,76	5
6	7950	45	3,6	1,35	0,56	0
7	1980	51	2,85	1,1	0,66	-4
8	1700	58	2,7	0,87	0,8	4
9	1280	60	2,5	0,99	0,41	2

## 2.9 Задача №9

Транспортное средство общей массой  $m_a$ , кг, база которого  $L$ , м, высота от опорной поверхности до центра тяжести  $h_g$ , м, расстояние от центра тяжести до передней оси по горизонтали  $a$ , м, заторможено до полной остановки. Длина тормозного пути  $S_T$ , м.

Определить скорость движения автомобиля перед началом торможения на дороге с коэффициентом сцепления  $\varphi_x$  и продольным уклоном  $\alpha$ , град, по вариантам:

- вариант а)** заторможены все четыре колеса;  
**вариант б)** заторможены передние колеса;  
**вариант в)** заторможены задние колеса;  
**вариант г)** заторможены переднее правое и заднее левое колеса.

Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 — Исходные данные к задаче №9

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$L$ , м	$h_g$ , м	$a$ , м	$S_r$ , м	$\varphi_x$	$\alpha$ , °
0	13170	3,7	1,15	1,7	25	0,6	0
1	9750	3,0	1,22	1,4	19	0,7	-3
2	10400	3,3	1,20	1,45	17	0,8	3
3	1100	2,4	1,14	1,15	21	0,5	0
4	990	2,2	1,4	1,1	11	0,81	-5
5	16850	4,6	1,26	3,0	19	0,65	5
6	1500	2,7	1,3	1,42	15	0,7	0
7	3800	2,8	0,87	1,43	28	0,35	-4
8	5000	2,9	0,99	1,44	39	0,45	4
9	11600	3,5	1,2	1,76	29	0,7	2

### 2.10 Задача №10

Автомобиль массой  $m_a$ , кг, необходимо затормозить на дороге, имеющей с колесами автомобиля коэффициент сцепления  $\varphi_x$  и продольный угол уклона  $\alpha$ , град. Расстояние от центра масс автомобиля до опорной поверхности —  $h_g$ , м, расстояние от центра масс до передней оси автомобиля —  $a$ , м, а база автомобиля —  $L$ , м.

Какую суммарную максимальную тормозную силу по условию сцепления шин с дорогой можно получить при торможении, по вариантам:

**вариант а)** заторможены все четыре колеса;

**вариант б)** заторможены передние колеса;

**вариант в)** заторможены задние колеса;

**вариант г)** заторможены переднее правое и заднее левое колеса?

Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 — Исходные данные к задаче №10

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$h_g$ , м	$a$ , м	$L$ , м
0	13170	5	0,2	1,15	1,7	3,7
1	9750	0	0,3	1,22	1,4	3,0
2	10400	-3	0,4	1,20	1,45	3,3
3	1100	2	0,5	1,14	1,15	2,4
4	990	0	0,6	1,4	1,1	2,2
5	16850	-6	0,7	1,26	3,0	4,6

## Продолжение таблицы 2.11

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$h_g$ , м	$a$ , м	$L$ , м
6	1500	8	0,8	1,3	1,42	2,7
7	3800	0	0,4	0,87	1,43	2,8
8	5000	-7	0,6	0,99	1,44	2,9
9	11600	6	0,7	1,2	1,76	3,5

## 2.11 Задача №11

Какое должно быть минимальное значение коэффициента сцепления колёс автомобиля с дорогой, имеющей продольный угол уклона  $\alpha$ , град, чтобы при торможении автомобиля можно было получить общую удельную тормозную силу, равную  $\gamma_r$ ?

Данные по автомобилю:  $\frac{h_g}{L}$  — отношение расстояния  $h_g$  от центра масс до опорной поверхности к базе  $L$ , м;  $\frac{a}{L}$  — отношение расстояния  $a$  от центра масс до передней оси к базе автомобиля  $L$ .

Задачу решить по вариантам:

**вариант а)** тормозят только передние колеса;

**вариант б)** тормозят только задние колеса;

**вариант в)** тормозят все четыре колеса.

Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 — Исходные данные к задаче №11

Значение предпоследней цифры шифра	$\alpha$ , °	$\gamma_r$	$\frac{h_g}{L}$	$\frac{a}{L}$
0	5	0,05	0,3	0,5
1	0	0,07	0,31	0,51
2	-3	0,10	0,32	0,52
3	2	0,13	0,33	0,53
4	0	0,16	0,29	0,54
5	-6	0,19	0,3	0,55
6	8	0,22	0,31	0,56
7	0	0,25	0,32	0,55
8	-7	0,30	0,33	0,54
9	6	0,35	0,34	0,53

## 2.12 Задача №12

Автомобиль массой  $m_a$ , кг, тормозит на дороге с коэффициентом сцепления  $\varphi_x$ , продольным уклоном  $\alpha$ , град, и коэффициентом сопротивления качению колес  $f$ . Расстояние от центра масс автомобиля до опорной поверхности —  $h_g$ , м, расстояние от центра масс до передней оси автомобиля —  $a$ , м, а база автомобиля —  $L$ , м.

Найти максимально возможное замедление автомобиля по вариантам:

**вариант а)** тормозят только передние колеса;

**вариант б)** тормозят только задние колеса;

**вариант в)** тормозят все четыре колеса.

Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 — Исходные данные к задаче №12

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$f$	$h_g$ , м	$a$ , м	$L$ , м
0	13170	5	0,55	0,025	1,15	1,7	3,7
1	9750	0	0,57	0,023	1,22	1,4	3,0
2	10400	−3	0,59	0,021	1,20	1,45	3,3
3	1100	2	0,61	0,019	1,14	1,15	2,4
4	990	0	0,63	0,017	1,4	1,1	2,2
5	16850	−6	0,65	0,015	1,26	3,0	4,6
6	1500	8	0,67	0,026	1,3	1,42	2,7
7	3800	0	0,69	0,027	0,87	1,43	2,8
8	5000	−7	0,71	0,028	0,99	1,44	2,9
9	11600	6	0,73	0,029	1,2	1,76	3,5

## 2.13 Задача №13

Автомобиль массой  $m_a$ , кг, движется со скоростью  $V_a$ , м/с, по дороге имеющей продольный уклон  $\alpha$ , град, коэффициент сцепления  $\varphi_x$  и коэффициент сопротивления качению  $f$ . Известно: база автомобиля —  $L$ , м, высота от оси колеса до центра масс автомобиля —  $h$ , м, расстояние от центра масс до передней оси —  $a$ , м, динамический радиус колеса —  $r_d$ , м.

Найти до какого минимального значения может быть снижена скорость автомобиля на участке  $S$ , м, если тормозить, по вариантам:

**вариант а)** тормозят только передние колеса;

**вариант б)** тормозят только задние колеса;

**вариант в)** тормозят все четыре колеса.

Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.14.



Таблица 2.14 — Исходные данные к задаче №13

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$V_a$ , м/с	$\alpha$ , °	$f$	$\varphi_x$	$L$ , м	$h$ , м	$a$ , м	$r_d$ , м	$S$ , м
0	13170	10	5	0,015	0,6	3,7	0,7	1,7	0,278	5
1	9750	15	0	0,017	0,62	3,0	0,71	1,4	0,285	6
2	10400	20	−3	0,019	0,64	3,3	0,73	1,45	0,282	7
3	1100	25	2	0,021	0,66	2,4	0,74	1,15	0,310	8
4	990	30	0	0,023	0,68	2,2	0,75	1,1	0,315	9
5	16850	35	−6	0,025	0,65	4,6	0,69	3,0	0,292	10
6	1500	36	8	0,02	0,7	2,7	0,7	1,42	0,303	11
7	3800	37	0	0,022	0,71	2,8	0,72	1,43	0,364	12
8	5000	38	−7	0,023	0,72	2,9	0,71	1,44	0,370	13
9	11600	18	6	0,016	0,59	3,5	0,68	1,76	0,367	14

### 2.14 Задача №14

Автомобиль массой  $m_a$ , кг, движется со скоростью  $V_n$ , м/с, по дороге, имеющей продольный уклон  $\alpha$ , град, и коэффициент сцепления  $\varphi_x$  с коэффициентом сопротивления качению  $f$ . Расстояние от центра масс автомобиля до опорной поверхности —  $h_g$ , м; расстояние от центра масс до передней оси автомобиля —  $a$ , м; база автомобиля —  $L$ , м.

На каком минимальном участке дороги торможением можно снизить скорость автомобиля до  $V_k$ , м/с, если:

**вариант а)** тормозят только передние колеса;

**вариант б)** тормозят только задние колеса;

**вариант в)** тормозят все четыре колеса?

Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 — Исходные данные к задаче №14

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$V_n$ , м/с	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$f$	$h_g$ , м	$a$ , м	$L$ , м	$V_k$ , м/с
0	13170	10	5	0,58	0,017	1,15	1,7	3,7	5
1	9750	15	0	0,59	0,018	1,22	1,4	3,0	6
2	10400	20	−3	0,60	0,019	1,20	1,45	3,3	7
3	1100	22	2	0,61	0,020	1,14	1,15	2,4	8

Продолжение таблицы 2.14

Значение предпослед- ней цифры шифра	$m_a$ , кг	$V_H$ , м/с	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$f$	$h_g$ , м	$a$ , м	$L$ , м	$V_K$ , м/с
4	990	24	0	0,62	0,021	1,4	1,1	2,2	9
5	16850	26	-6	0,63	0,022	1,26	3,0	4,6	10
6	1500	28	8	0,64	0,023	1,3	1,42	2,7	11
7	3800	30	0	0,65	0,024	0,87	1,43	2,8	12
8	5000	32	-7	0,66	0,025	0,99	1,44	2,9	13
9	11600	35	6	0,67	0,026	1,2	1,76	3,5	14

### 2.15 Задача №15

Какой уклон дороги нужен для того, чтобы тормозной путь автомобиля, имеющего тормоза на всех колесах, увеличился в два раза по сравнению с тормозным путём на горизонтальной дороге, если в обоих случаях тормозить с одинаковой начальной скорости до полной остановки?

Коэффициент сцепления  $\varphi_x$  и коэффициент сопротивления качению  $f$  приведены в таблице 2.15.

Таблица 2.16 — Исходные данные к задаче №15

Значение предпоследней цифры шифра	$\varphi_x$	$f$
0	0,5	0,015
1	0,52	0,016
2	0,54	0,017
3	0,56	0,018
4	0,59	0,019
5	0,6	0,020
6	0,61	0,021
7	0,62	0,022
8	0,64	0,023
9	0,66	0,024

## 2.16 Задача №16

Автомобиль тормозит всеми колёсами при движении на спуск. Как изменится тормозной путь автомобиля при торможении на этом участке дороги при обратном рейсе, если скорость автомобиля в начальный и конечный моменты торможения в обоих случаях одинакова?

Угол продольного уклона дороги  $\alpha$ , град, и коэффициент сцепления  $\varphi_x$  приведены в таблице 2.17.

Таблица 2.17 — Исходные данные к задаче №16

Значение предпоследней цифры шифра	$\alpha$ , °	$\varphi_x$
0	4	0,2
1	5	0,1
2	6	0,3
3	7	0,4
4	8	0,5
5	9	0,6
6	3	0,7
7	2	0,8
8	3	0,3
9	6	0,4

## 2.17 Задача №17

Автомобиль, имеющий тормоза на всех колесах, движется на спуск по дороге, имеющей коэффициент сцепления  $\varphi_x$ . Коэффициент сопротивления качению  $f$  (табл. 2.18).

Найти величину уклона дороги, при котором по условиям сцепления автомобиль нельзя будет затормозить. При решении учитывать силу сопротивления качению колес.

Таблица 2.18 — Исходные данные к задаче №17

Значение предпоследней цифры шифра	$\varphi_x$	$f$
0	0,1	0,017
1	0,2	0,018
2	0,3	0,019
3	0,4	0,020

## Продолжение таблицы 2.17

Значение предпоследней цифры шифра	$\varphi_x$	$f$
4	0,5	0,021
5	0,6	0,022
6	0,7	0,023
7	0,8	0,024
8	0,4	0,025
9	0,6	0,026

**2.18 Задача №18**

Автомобиль, центр тяжести которого находится на высоте  $h_g$ , м, и на расстоянии  $b$ , м, от задней оси, тормозит всеми колесами с полным использованием сцепного веса на горизонтальной участке дороги, имеющей коэффициент сцепления  $\varphi_x$ .

Найти: во сколько раз  $K_p$  увеличится нагрузка на переднюю ось по сравнению:

**вариант а)** с нагрузкой при статическом положении на горизонтальной поверхности;

**вариант б)** с нагрузкой при движении на спуске с уклоном  $\alpha$ , град;

**вариант в)** с нагрузкой при движении на подъёме с уклоном  $\alpha$ , град.

Числовые значения необходимых величин приведены в таблице 2.19.

Таблица 2.19 — Исходные данные к задаче №18

Значение предпоследней цифры шифра	$h_g$ , м	$b$ , м	$\varphi_x$	$\alpha$ , °
0	0,9	1,1	0,1	2
1	1,0	1,4	0,2	3
2	1,2	1,2	0,3	4
3	1,1	1,9	0,4	5
4	0,8	1,3	0,5	6
5	0,7	1,4	0,6	7
6	1,2	1,5	0,7	8
7	1,1	1,6	0,8	9
8	1,0	1,7	0,4	10
9	1,3	1,8	0,6	11

### 2.19 Задача №19

Найти соотношение между тормозными силами на колесах передней и задней осей автомобиля, которое обеспечивает полное использование сцепного веса при торможении автомобиля на дороге с коэффициентом сцепления  $\varphi_x$ . Все необходимые параметры ТС считать известными.

### 2.20 Задача №20

При правом повороте грузового автомобиля с базой  $L$ , м, его левое переднее колесо должно катиться по кривой радиуса  $R$ , м.

На какой угол  $\theta$  необходимо повернуть при этом рулевое колесо, если суммарное передаточное отношение рулевого механизма и привода от рулевого колеса до поворотной цапфы левого переднего управляемого колеса считать постоянным и равным  $U$ ? Числовые значения необходимых величин принять из таблицы 2.20.

Таблица 2.20 — Исходные данные к задаче №20

Значение предпоследней цифры шифра	$L$ , м	$R$ , м	$U$
0	3,8	15	20
1	3,7	16	21
2	3,6	17	22
3	3,5	18	23
4	3,9	20	24
5	4,0	19	25
6	4,1	21	26
7	3,75	22	27
8	3.65	21	28
9	3,85	23	29

### 2.21 Задача №21

Двухосный грузовой автомобиль с базой  $L$ , м, и односкатными колёсами приближается к повороту дороги. Из-за наличия встречного транспорта поворот автомобиля справа необходимо сделать с максимальным приближением к внутреннему краю дорожного полотна, радиус кривизны которого равен  $R$ , м.

На каком расстоянии от обочины должно катиться внутреннее переднее колесо автомобиля, чтобы заднее колесо не выходило за пределы дорожного полотна?

Колёю передних и задних колёс считать одинаковой. Числовые значения необходимых величин принять из таблицы 2.21.

Таблица 2.21 — Исходные данные к задаче №21

Значение предпоследней цифры шифра	$L$ , м	$R$ , м
0	3,3	15
1	3,2	16
2	3,1	17
3	3,9	18
4	3,4	19
5	3,5	20
6	3,6	21
7	3,8	20
8	3,9	19
9	4,0	18

## 2.22 Задача №22

На какой средний угол  $\theta$  необходимо повернуть передние управляемые колёса легкового автомобиля массой  $m_a$ , кг, движущегося со скоростью  $V_a$ , м/с, по дороге радиусом  $R$ , м, если шины эластичные в боковом направлении и коэффициент сопротивления боковому уводу передней оси  $\delta_1 = 972,4$  Н/град, а задней  $\delta_1 = 1111,3$  Н/град?

Данные по автомобилю: база  $L$ , м; расстояние от центра тяжести до передней оси  $a$ , м — должны быть приняты в соответствии с таблицей 2.22.

Таблица 2.22 — Исходные данные к задаче №22

Значение предпоследней цифры шифра	$R$ , м	$m_a$ , кг	$L$ , м	$a$ , м	$V_a$ , м/с
0	90	950	3,47	1,85	10
1	95	960	3,5	1,8	20
2	85	970	3,45	1,9	25
3	80	980	3,6	1,95	30
4	100	990	3,65	2,0	35
5	105	1000	3,7	1,9	40
6	110	1010	3,8	1,95	45
7	80	1020	4,0	2,0	15
8	88	1030	3,3	1,6	17

Продолжение таблицы 2.22

Значение предпоследней цифры шифра	$R$ , м	$m_a$ , кг	$L$ , м	$a$ , м	$V_a$ , м/с
9	89	1040	3,4	1,65	18

### 2.23 Задача №23

В каком направлении и на какую величину необходимо изменить поворот управляемых колес двухосного автомобиля при его движении по траектории радиуса  $R$ , м, если скорость автомобиля увеличить с  $V_1$  до  $V_2$ ?

Массу автомобиля  $m_a$ , кг, базу  $L$ , м, расстояние от центра масс до передней оси  $a$ , м, принять из таблицы 2.23. Коэффициент сопротивления боковому уводу передней оси  $\delta_1 = 1007$  Н/град, коэффициент сопротивления боковому уводу задней оси  $\delta_2 = 2140$  Н/град.

Таблица 2.23 — Исходные данные к задаче №23

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$R$ , м	$L$ , м	$a$ , м
0	3000	50	3,3	1,95
1	3100	51	3,4	2,0
2	3200	53	3,5	1,85
3	3300	54	3,6	1,89
4	3400	49	3,2	2,1
5	3500	48	3,1	2,05
6	3600	47	3,0	2,15
7	3700	55	3,7	2,1
8	3800	56	3,5	1,9
9	3900	52	3,6	1,95

### 2.24 Задача №24

На платформу грузового автомобиля установлен груз массой  $m_b$ , кг. Высота центра тяжести груза над платформой  $h_b$ , м. На горизонтальном участке центр масс груза находится над задней осью автомобиля. Известны: расстояние от опорной поверхности до центра масс автомобиля без груза  $h_g$ , м; расстояние от центра масс автомобиля без груза до задней оси  $b$ , м; расстояние

от оси до платформы  $\rho$ , м; собственная масса автомобиля в снаряжённом состоянии  $m_0$ , кг.

Числовые значения величин приведены в таблице 2.24.

Найти максимальный угол уклона опорной поверхности, при котором сохраняется продольная устойчивость автомобиля при равномерном движении. Сопротивление воздуха и сопротивление качения колес не учитывать.

Таблица 2.24 — Исходные данные к задаче №24

Значение предпоследней цифры шифра	$m_B$ , кг	$h_B$ , м	$h_g$ , м	$b$ , м	$\rho$ , м	$m_0$ , кг
0	2000	1	0,85	1,5	0,89	3200
1	2100	1,1	0,86	1,52	0,9	3300
2	2200	0,98	0,87	1,53	0,88	3400
3	2300	0,99	0,84	1,54	0,91	3500
4	2500	1,2	0,89	1,51	0,88	3600
5	1900	0,8	0,82	1,45	0,82	3000
6	1850	0,82	0,83	1,46	0,83	2800
7	1980	0,83	0,84	1,47	0,84	2900
8	1990	0,84	0,85	1,48	0,85	2950
9	2000	0,9	0,86	1,49	0,84	3000

## 2.25 Задача №25

На грузовой автомобиль установлен груз, центр масс которого расположен на высоте  $h$ , м, от оси автомобиля и на расстоянии  $b$ , м, от задней оси вдоль автомобиля. Автомобиль должен преодолеть уклон  $\alpha$ , град. Определить возможность опрокидывания автомобиля назад при равномерном движении.

Числовые значения величин принять в соответствии с таблицей 2.25. Силами сопротивления воздуха и качения колес пренебречь.

Таблица 2.25 — Исходные данные к задаче №25

Значение предпоследней цифры шифра	$h$ , м	$b$ , м	$\alpha$ , °
0	1,5	0,8	23
1	1,6	0,7	24
2	1,7	0,6	25
3	1,8	0,5	26
4	1,9	0,4	27
5	1,4	0,9	28



## Продолжение таблицы 2.25

Значение предпоследней цифры шифра	$h$ , м	$b$ , м	$\alpha$ , °
6	1,3	0,8	26
7	1,2	0,7	25
8	1,1	0,6	24
9	1,0	0,5	23

**2.26 Задача №26**

Грузовой автомобиль с задними ведущими колесами преодолевает уклон  $\alpha$ , на участке дороги с коэффициентом сцепления  $\varphi_x$  и коэффициентом сопротивления качению  $f$ .

Определить возможность движения ТС на уклон с постоянной скоростью. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Известные данные об автомобиле: отношение  $\frac{h_g}{L}$  — расстояния  $h_g$  между центром масс и опорной поверхностью к базе  $L$ ; отношение  $\frac{a}{L}$  — расстояния  $a$  между центром масс и передней осью к базе автомобиля  $L$ ; значения уклона  $\alpha$  и коэффициентов  $\varphi_x$ ,  $f$  — в соответствии с вариантом, приведены в таблице 2.26.

Таблица 2.26 — Исходные данные к задаче №26

Значение предпоследней цифры шифра	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$f$	$\frac{h_d}{L}$	$\frac{a}{L}$
0	19	0,3	0,007	0,5	0,7
1	20	0,4	0,01	0,4	0,6
2	19	0,5	0,03	0,6	0,7
3	19	0,2	0,06	0,5	0,6
4	10	0,3	0,09	0,5	0,7
5	15	0,4	0,12	0,7	0,5
6	20	0,5	0,15	0,8	0,5
7	19	0,8	0,18	0,7	0,7
8	12	0,3	0,21	0,5	0,7
9	22	0,1	0,3	0,7	0,7

**2.27 Задача №27**

Автомобиль, движущийся с большой скоростью по дороге с коэффициентом сцепления  $\varphi_x$ , резко тормозит всеми колесами.

Определить возможность опрокидывания автомобиля относительно передних колес, если известно, что расстояние от опорной поверхности до центра масс  $h_g$ , м, и расстояние от центра масс до передней оси  $a$ , м.

Числовые значения величин, в соответствии с вариантом, принять из таблицы 2.27.

Таблица 2.27 — Исходные данные к задаче №27

Значение предпоследней цифры шифра	$\varphi_x$	$h_g$ , м	$a$ , м
0	0,84	0,85	0,7
1	0,75	0,9	1,1
2	0,8	1,0	1,0
3	0,65	0,85	1,2
4	0,6	0,9	1,1
5	0,55	1,0	1,2
6	0,5	0,85	1,0
7	0,45	0,9	1,1
8	0,4	0,88	1,2
9	0,7	1,2	0,8

## 2.28 Задача №28

Грузовой автомобиль массой  $m_a$ , кг, движется равномерно на горизонтальной участке дороги с радиусом  $R$ , м. Какую максимальную скорость движения можно обеспечить без опасности бокового скольжения, если известно, что ведущая ось может воспринять без бокового скольжения боковую силу  $P$ , Н?

База автомобиля  $L$ , м, расстояние от центра масс до передней оси  $a$ , м, и другие необходимые числовые значения, в соответствии с вариантом, приведены в таблице 2.28.

Таблица 2.28 — Исходные данные к задаче №28

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$R$ , м	$P$ , Н	$L$ , м	$a$ , м
0	5000	15,8	4250	3,82	2,0
1	4500	17,0	3890	4,0	2,1
2	4850	14,0	4000	3,53	1,65
3	4900	14,5	4200	3,84	1,9
4	4950	15,0	4300	3,65	1,92

## Продолжение таблицы 2.28

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$R$ , м	$P$ , Н	$L$ , м	$a$ , м
5	5100	14,6	4280	3,6	1,8
6	5050	14,8	4220	3,7	1,7
7	5150	13,0	4500	3,8	1,95
8	5200	16,0	4000	3,7	1,8
9	5226	17,0	4326	3,9	2,0

**2.29 Задача №29**

Автомобиль движется на повороте по инерции со скоростью  $V_a$ , м/с, на горизонтальном участке дороги с коэффициентом сцепления  $\varphi_x$ . Колея автомобиля  $B$ , м, расстояние от опорной поверхности до центра тяжести  $h_g$ , м, и другие необходимые числовые значения, в соответствии с вариантом, приведены в таблице 2.29.

Определить с каким минимальным радиусом можно сделать поворот автомобиля без потери устойчивости:

**вариант а)** по условию бокового скольжения;

**вариант б)** по условию бокового опрокидывания.

Таблица 2.29 — Исходные данные к задаче №29

Значение предпоследней цифры шифра	$m_a$ , кг	$R$ , м	$P$ , Н	$L$ , м
0	13	0,1	1,56	1,0
1	15	0,2	1,6	1,2
2	17	0,3	1,58	1,1
3	19	0,4	1,6	1,15
4	21	0,5	1,62	1,17
5	23	0,6	1,64	1,19
6	25	0,7	1,66	0,98
7	27	0,6	1,7	0,95
8	29	0,5	1,72	1,2
9	35	0,4	1,8	1,1

### 2.30 Задача №30

При устройстве скоростных автомобильных дорог кривые участки выполняются с поперечным уклоном  $\beta$ .

Найти минимальное значение угла  $\beta$ , град, поперечного уклона дороги радиусом  $R$ , м, необходимое для движения автомобиля со скоростью  $V_a$ , м/с.

Коэффициент сцепления принять  $\varphi$ , скорость автомобиля и положение управляемых колес считать постоянными.

Колея колёс автомобиля  $B$ , м, расстояние от центра масс до опорной поверхности  $h_g$ , м, и другие необходимые числовые значения, в соответствии с вариантом, приведены в таблице 2.30.

Таблица 2.30 — Исходные данные к задаче №30

Значение предпоследней цифры шифра	$\varphi$	$R$ , м	$V_a$ , м/с	$B$ , м	$h_g$ , м
0	0,6	50	28	2,4	1,2
1	0,65	51	29	1,6	0,35
2	0,7	52	30	1,9	1,3
3	0,75	53	31	1,65	0,4
4	0,8	54	32	2,2	1,4
5	0,75	55	33	1,72	0,45
6	0,7	56	34	2,0	1,5
7	0,65	57	35	1,75	0,46
8	0,6	58	36	1,8	0,41
9	0,68	59	37	2,0	1,6

### 2.31 Задача №31

Автомобиль массой  $m_a$ , кг, движется по дороге с продольным углом наклона  $\alpha$ , град, и коэффициентом сцепления  $\varphi_x$ . Коэффициент сопротивления качению  $f$ .

Расстояние от центра масс автомобиля до опорной поверхности  $h_g$ , м, расстояние от центра масс до передней оси автомобиля  $a$ , м, база автомобиля  $L$ , м, суммарный коэффициент сопротивления воздушной среды  $K_B, \frac{H \cdot c^2}{M^4}$ , лобовая площадь  $F$ , м<sup>2</sup>, и другие необходимые числовые значения, в соответствии с вариантом, приведены в таблице 2.31.

Определить критическую скорость  $V_{кр}$ , м/с, движения автомобиля при которой теряется его продольная устойчивость, по вариантам:

**вариант а)** ведущие колеса передней оси;

**вариант б)** ведущие колеса задней оси.

Таблица 2.31 — Исходные данные к задаче №31

Значение предпо- следней цифры шифра	$m_a,$ кг	$\alpha, \circ$	$\varphi_x$	$f$	$h_g,$ м	$a, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$\frac{K_{\Pi_2}}{\text{Н} \cdot \text{с}^2}$ $\text{м}^4$	$F,$ $\text{М}^2$
0	13170	5	0,55	0,025	1,15	1,7	3,7	0,6	6,3
1	9750	0	0,57	0,023	1,22	1,4	3,0	0,4	5,8
2	10400	-3	0,59	0,021	1,20	1,45	3,3	0,5	6,0
3	1100	2	0,61	0,019	1,14	1,15	2,4	0,4	2,1
4	990	0	0,63	0,017	1,4	1,1	2,2	0,3	1,8
5	16850	-6	0,65	0,015	1,26	3,0	4,6	0,6	8,2
6	1500	8	0,67	0,026	1,3	1,42	2,7	0,4	2,2
7	3800	0	0,69	0,027	0,87	1,43	2,8	0,5	4,2
8	5000	-7	0,71	0,028	0,99	1,44	2,9	0,6	4,8
9	11600	6	0,73	0,029	1,2	1,76	3,5	0,6	6,8

### 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Для решения задач контрольной работы надо выполнить следующее:

- составить схему сил, действующих на ТС в условиях, указанных в задаче;
- составить необходимые уравнения равновесия;
- совместно решить уравнения равновесия относительно параметра, который нужно найти.

При оформлении решения задач условные обозначения и единицы измерения следует согласовывать со стандартами [3].

Общая теория движения автомобилей, знание которой необходимо для решения задач, приведена в учебниках [2; 4; 5], учебных пособиях [6], а также в зарубежных изданиях. Специальные вопросы тормозной динамики и устойчивости, в том числе для автомобилей с всеколёсным управлением, приведены в монографиях, например [1].

Для упрощения освоения материала рассмотрим общие схемы сил, действующих на автомобиль, в отдельных условиях движения, уравнения равновесия и некоторые соотношения, необходимые для решения тех или иных задач контрольной работы.

#### 3.1 Тяговый режим

На рисунке 3.1 показана схема сил, действующих на автомобиль, движущийся в тяговом режиме на уклон с ускорением.

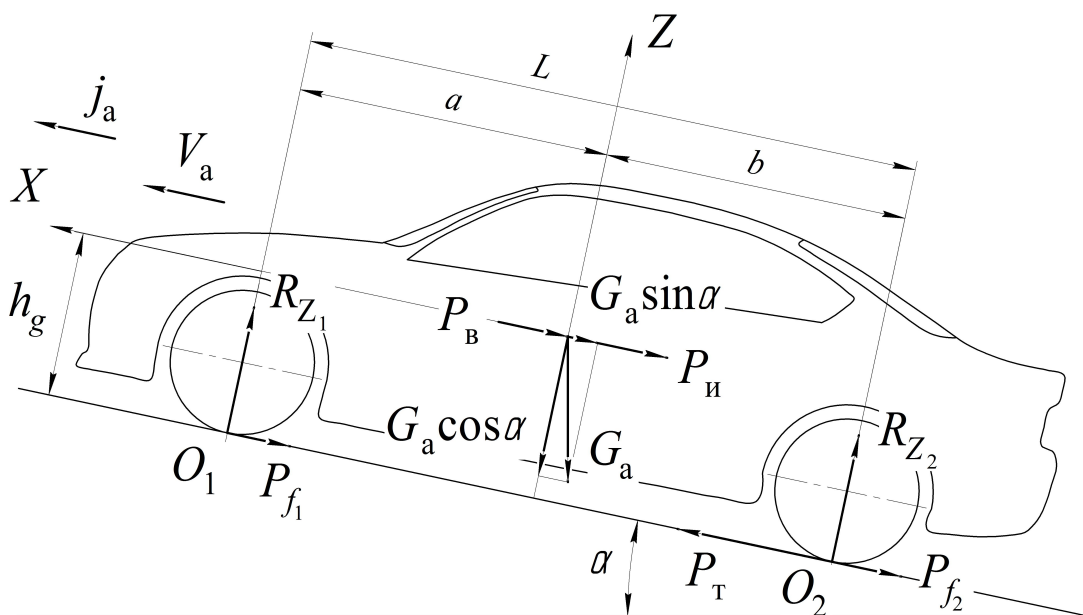


Рисунок 3.1 — Схема сил, действующих на автомобиль в тяговом режиме

При движении автомобиля в тяговом режиме уравнения равновесия имеют следующий вид:

а) уравнение равновесия сил, действующих вдоль продольной оси  $X$ :

$$\sum F_X = 0 \Leftrightarrow P_T - P_B - P_{\text{и}} - G_a \sin \alpha - P_{f_1} - P_{f_2} = 0, \quad (3.1)$$

где  $P_T$  — сила тяги ТС, Н;

$P_{\text{и}}$  — суммарная сила сопротивления инерции масс ТС, движущихся поступательно и вращательно, Н;

$P_B$  — сила сопротивления воздушной среды, Н;

$G_a \sin \alpha$  — сила сопротивления подъёму, Н;

$G_a$  — вес автомобиля, Н;

$\alpha$  — угол продольного наклона опорной поверхности.

б) уравнения равновесия сил, действующих вдоль нормальной оси  $Z$ :

$$\sum F_Z = 0 \Leftrightarrow R_{Z_1} + R_{Z_2} - G_a \cos \alpha = 0, \quad (3.2)$$

где  $R_{Z_1}$  и  $R_{Z_2}$  — нормальные реакции опорной поверхности на колеса, соответственно, передней и задней оси, Н.

в) уравнение равновесия моментов сил относительно оси  $O_1$ , проходящей через контактные площадки передних колес:

$$\sum M_{O_1} = 0 \Leftrightarrow R_{Z_2} L - G_a a \cos \alpha - (P_B + P_{\text{и}} + G_a \sin \alpha) h_g = 0, \quad (3.3)$$

где  $L$  — база автомобиля, м;

$a$  — расстояние от центра масс до передней оси ТС, м.

г) уравнение равновесия моментов сил относительно оси  $O_2$ , проходящей через контактные площадки задних колес:

$$\sum M_{O_2} = 0 \Leftrightarrow G_a a \cos \alpha - R_{Z_1} L - (P_B + P_{\text{и}} + G_a \sin \alpha) h_g = 0, \quad (3.4)$$

где  $b$  — расстояние от центра масс до передней оси автомобиля, м.

Отдельные составляющие могут быть найдены по следующим зависимостям:

$$G_a = m_a g; \quad P_{\text{и}} = m_a j_a \delta_{\text{вп}}; \quad P_{f_1} = f R_{Z_1}; \quad P_{f_2} = f R_{Z_2};$$

$$P_B = K_B F V_a^2 = c_x \frac{\rho_B F}{2} V_a^2 = W V_a^2,$$

где  $m_a$  — масса автомобиля, кг;

- $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $j_a$  — ускорение автомобиля, м/с<sup>2</sup>;  
 $\delta_{вр}$  — коэффициент учёта вращающихся масс автомобиля;  
 $K_B$  — суммарный коэффициент сопротивления воздуха,  $\frac{H \cdot c^2}{M^4}$ ;  
 $c_x$  — аэродинамический коэффициент (коэффициент обтекаемости);  
 $W$  — фактор обтекаемости,  $\frac{H \cdot c^2}{M^2}$ ;  
 $F$  — лобовая площадь автомобиля, м<sup>2</sup>;  
 $V_a$  — скорость автомобиля, м/с;  
 $f$  — коэффициент сопротивления качению.

Если сила тяги ограничена силой сцепления колес с дорогой, то она с достаточной точностью может быть ориентировочно определена без учёта сопротивления качению и влияния момента сопротивления инерции. Для задних ведущих колес — по формуле

$$P_T = \varphi_x R_{Z_2}. \quad (3.5)$$

### 3.2 Режим экстренного торможения

На рисунке 3.2 показана схема сил, действующих на автомобиль, движущийся в режиме экстренного торможения на уклон с отрицательным ускорением.

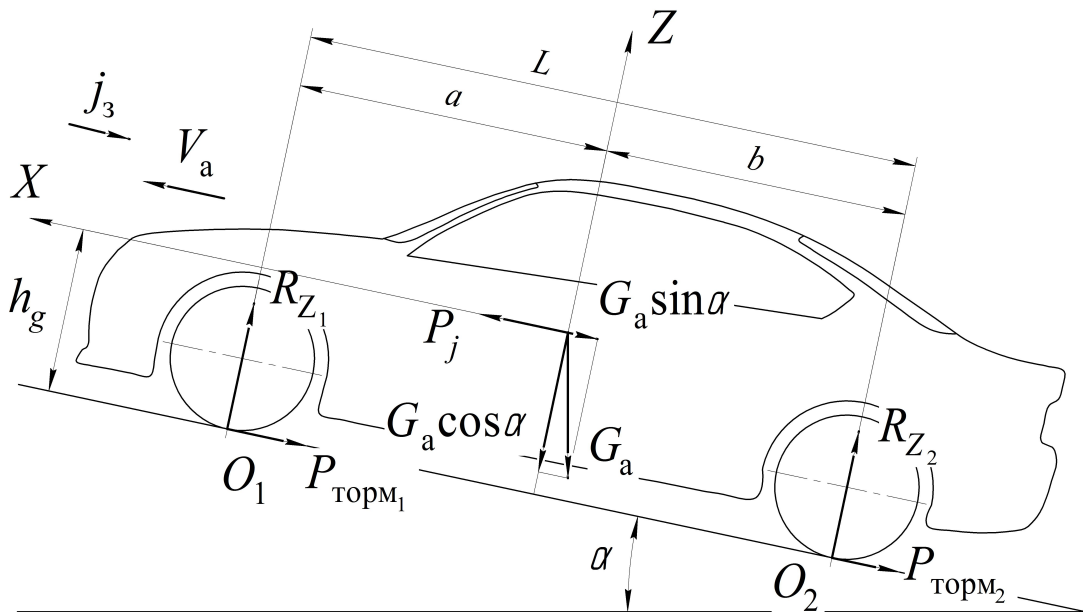


Рисунок 3.2 — Схема сил, действующих на автомобиль в режиме экстренного торможения

При движении автомобиля в режиме экстренного торможения: влияние сопротивления воздуха можно не учитывать; при блокировке колес или при тор-



мождении на границе блокировки условные силы инерции отсутствуют, а силы сопротивления качению или отсутствуют, или настолько малы, что ими можно пренебречь. В таком случае уравнения равновесия, составленные согласно рисунка 3.2, имеют следующий вид:

а) уравнение равновесия сил, действующих вдоль продольной оси  $X$ :

$$\sum F_X = 0 \Leftrightarrow P_j - G_a \sin \alpha - P_{\text{торм}_1} - P_{\text{торм}_2} = 0, \quad (3.6)$$

где  $P_j = m_a j_z$  — сила инерции масс автомобиля, движущихся поступательно;

$j_z$  — замедление автомобиля при торможении;

б) уравнение равновесия сил, действующих вдоль нормальной оси  $Z$ :

$$\sum F_Z = 0 \Leftrightarrow R_{Z_1} + R_{Z_2} - G_a \cos \alpha = 0; \quad (3.7)$$

в) уравнение равновесия моментов сил относительно оси  $O_1$ , проходящей через контактные площадки передних колес:

$$\sum M_{O_1} = 0 \Leftrightarrow R_{Z_2} L - G_a a \cos \alpha + (P_j - G_a \sin \alpha) h_g = 0; \quad (3.8)$$

г) уравнение равновесия моментов сил относительно оси  $O_2$  уходящего через контактные площадки задних колес:

$$\sum M_{O_2} = 0 \Leftrightarrow G_a a \cos \alpha - R_{Z_1} L + (P_j - G_a \sin \alpha) h_g = 0. \quad (3.9)$$

Если автомобиль движется в тяговом режиме либо в режиме экстренного торможения на горизонтальной поверхности,  $\alpha = 0$ , а сила  $G_a \sin \alpha$ , приведенная на общих схемах, не будет действовать. Поэтому приведенные выше схемы и уравнения равновесия необходимо менять согласно условиям задачи и, соответственно этому, приводить в контрольной работе. Целесообразность учёта тех или иных сил надо объяснять в пояснительной записке, сформулировав допущения.

Если автомобиль движется в установившемся режиме, то инерционные силы  $P_{\text{и}}$  и  $P_j$  не действуют и приведенные выше зависимости также подлежат корректировке.

Эффективность тормозной системы можно оценить с помощью удельной тормозной силы  $\gamma_{\text{торм}}$

$$\gamma_{\text{торм}} = \frac{\sum P_{\text{торм } i}}{m_a g}, \quad (3.10)$$

где  $P_{\text{торм}i}$  — суммарная тормозная сила на колёсах  $i$ -й оси.

### 3.3 Движение в повороте и на вираже

На рисунке 3.3 показана схема сил, действующих поперёк автомобиля, движущегося по траектории радиусом  $R$  на вираже с поперечным углом  $\beta$  наклона опорной поверхности.

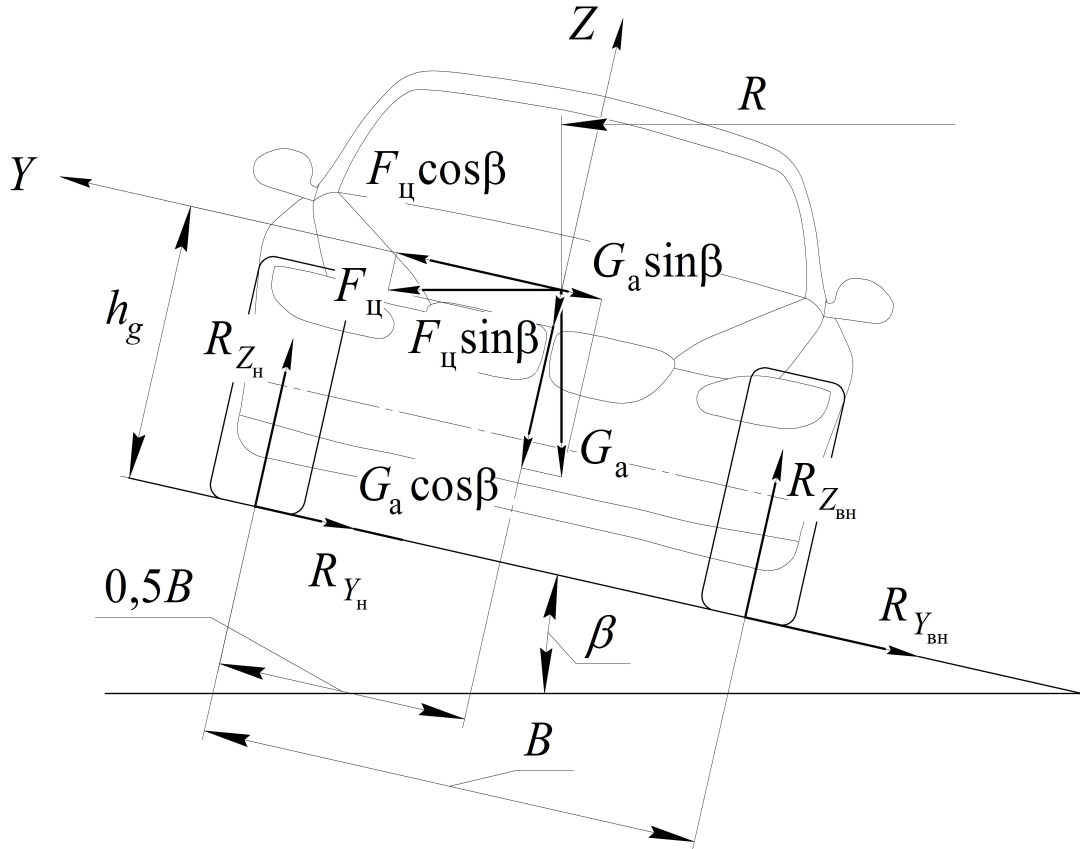


Рисунок 3.3 — Схема сил, действующих на автомобиль при движении на вираже

При движении автомобиля по траектории с радиусом  $R$  на вираже уравнения равновесия имеют следующий вид:

а) уравнение равновесия сил, действующих вдоль оси  $Y$ :

$$\sum F_Y = 0 \Leftrightarrow F_{\text{ц}} \cos \beta - G_a \sin \beta - R_{Y_{\text{н}}} - R_{Y_{\text{вн}}}, \quad (3.11)$$

где  $F_{\text{ц}}$  — центробежная сила инерции, Н;

$\beta$  — поперечный угол наклона опорной поверхности;

$R_{Y_{\text{н}}}$  и  $R_{Y_{\text{вн}}}$  — реакция опорной поверхности вдоль оси  $Y$  на колеса, соответственно, наружного и внутреннего борта, Н;

б) уравнения равновесия сил, действующих вдоль нормальной оси  $Z$ :

$$\sum F_Z = 0; \Leftrightarrow R_{Z_H} + R_{Z_{BH}} - F_{ц} \sin \beta - G_a \cos \beta; \quad (3.12)$$

в) уравнение равновесия моментов сил относительно оси, проходящей через контактные площадки колес наружного борта

$$\begin{aligned} \sum M_{O_H} &= 0; \\ &\Downarrow \\ R_{Z_{BH}} B - h_g (F_{ц} \cos \beta + G_a \sin \beta) - \frac{B}{2} (F_{ц} \sin \beta - G_a \cos \beta), \end{aligned} \quad (3.13)$$

где  $B$  — колея автомобиля, м.

В случае движения автомобиля по горизонтальной поверхности или по поверхности с отрицательным углом наклона, приведенные выше уравнения равновесия должны быть скорректированы.

На рисунке 3.4 показана схема поворота автомобиля с жёсткими в боковом направлении шинами.

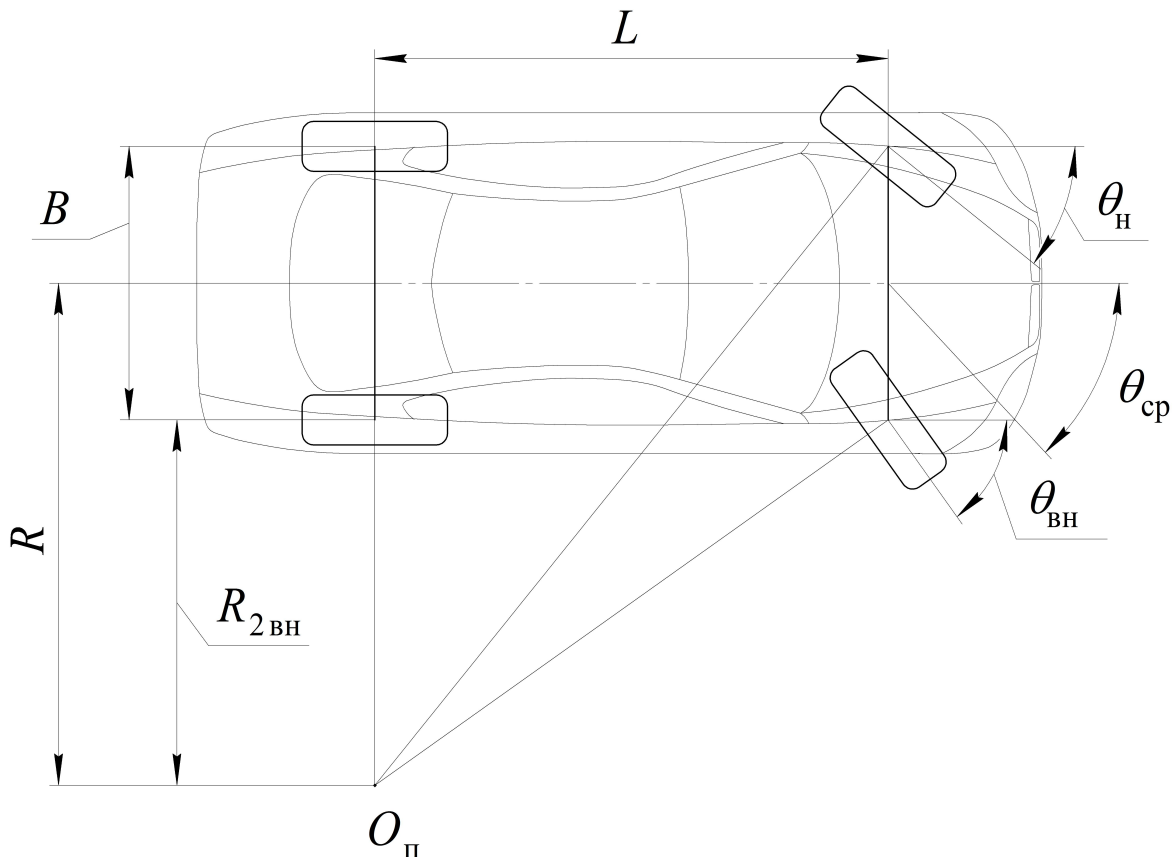


Рисунок 3.4 — Схема поворота автомобиля на жёстких шинах

Зависимости углов поворота управляемых колес от некоторых геометрических параметров поворота и транспортного средства следующие:

$$\operatorname{tg} \theta_{\text{вн}} = \frac{L}{R_{2_{\text{вн}}}}; \quad \operatorname{tg} \theta_{\text{н}} = \frac{L}{R_{2_{\text{вн}}} + B}; \quad \operatorname{tg} \theta_{\text{ср}} = \frac{L}{R_{2_{\text{вн}}} + \frac{B}{2}} = \frac{L}{R}, \quad (3.14)$$

где  $\theta_{\text{вн}}$ ,  $\theta_{\text{н}}$ ,  $\theta_{\text{ср}}$  — углы поворота, соответственно, внутреннего и внешнего управляемых колес и средний угол поворота управляемых колес;

$R_{2_{\text{вн}}}$  — радиус поворота внутреннего колеса задней оси, м;

$R$  — средний радиус поворота (расстояние от продольной оси автомобиля до центра поворота), м.

На рисунке 3.5 показана схема поворота автомобиля с упругими в боковом направлении шинами.

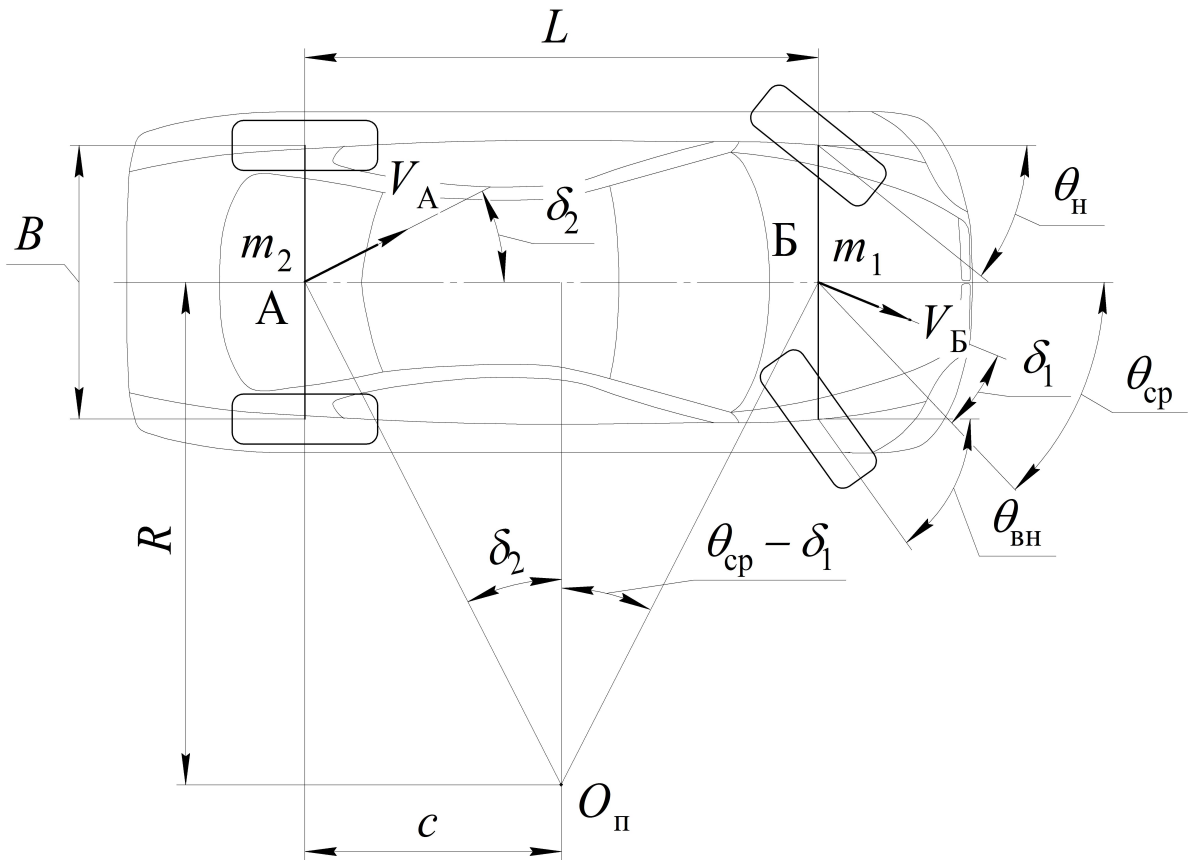


Рисунок 3.5 — Схема поворота автомобиля на упругих шинах

Зависимости координат мгновенного центра поворота  $c$  и  $R$  от углов поворота управляемых колес  $\theta_{\text{вн}}$  и  $\theta_{\text{н}}$  и углов  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  бокового увода, соответственно, передней и задней осей автомобиля следующие:

$$c \approx \frac{L\delta_2}{\theta_{\text{ср}} - \delta_1 + \delta_2}; \quad R \approx \frac{L}{\theta_{\text{ср}} - \delta_1 + \delta_2}; \quad \theta_{\text{ср}} \approx \frac{\theta_{\text{вн}} + \theta_{\text{н}}}{2}, \quad (3.15)$$

где  $\theta_{cp}$ ,  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  — углы небольшие по значению и выраженные в радианах.

Зависимости боковых сил  $P_{y_1}$ ,  $P_{y_2}$  упругости шин от углов  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  бокового увода и коэффициентов  $K_{\delta_1}$ ,  $K_{\delta_2}$  сопротивления боковому уводу следующие:

$$P_{np1} = \delta_1 K_{\delta_1}; \quad P_{np2} = \delta_2 K_{\delta_2}. \quad (3.16)$$

В таблице 3.1 приведен перечень уравнений равновесия и номера общих схем, использование которых целесообразно при решении той или иной задачи.

Таблица 3.1 — Перечень уравнений равновесия и номера общих схем

Номер задачи	Уравнение равновесия	Номера схем	Номер задачи	Уравнение равновесия	Номера схем
1	$\sum F_X = 0$	3.1	12в	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2
2	$\sum F_X = 0$	3.1	13а	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2
3	$\sum F_X = 0$	3.1	13б	$\sum M_{O_1} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2
4	$\sum F_Y = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.3	13в	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2
5	$\sum F_Y = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.3	14а	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2
6	$\sum F_Y = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.3	14б	$\sum M_{O_1} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2
7а	$\sum M_{O_2} = 0$	3.1	14в	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2
7б	$\sum M_{O_2} = 0$	3.1	15	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2
7в	$\sum M_{O_2} = 0$	3.1	16	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2
8а	$\sum F_Y = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2	17	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.1
8б	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.1	18	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2
8в	$\sum M_{O_1} = 0,$ $\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2	19	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2
8г	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2	20	—	3.4

Продолжение таблицы 3.1

Номер задачи	Уравнение равновесия	Номера схем	Номер задачи	Уравнение равновесия	Номера схем
9а	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2	21	—	3.4
9б	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2	22	—	3.5
9в	$\sum M_{O_1} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2	23	—	3.5
9г	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2	24	$\sum M_{O_1} = 0$	3.1
10а	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2	25	$\sum M_{O_1} = 0$	3.1
10б	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2	26	$\sum M_{O_1} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.1
10в	$\sum M_{O_1} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2	27	$\sum M_{O_2} = 0$	3.1
10г	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2	28	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.3
11а	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2	29а	$\sum F_Y = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.3
11б	$\sum M_{O_1} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2	29б	$\sum M_{O_{3B}} = 0$	3.3
11в	$\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.2	30	$\sum M_{O_H} = 0,$ $\sum F_Y = 0,$ $\sum F_Z = 0$	2.3
12а	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2	31а	$\sum M_{O_1} = 0,$ $\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.1
12б	$\sum M_{O_1} = 0,$ $\sum F_X = 0$	3.2	31б	$\sum M_{O_2} = 0,$ $\sum F_X = 0,$ $\sum F_Z = 0$	3.1

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автомобілі. Всеколісне керування / Д. М. Ященко [и др.]. — К. : НТУ, 2013. — 180 с.
2. *Вахламов В. К.* Автомобили: Эксплуатационные свойства : учебник для студ. высш. учеб. заведений. — 2-е изд. — М. : Академия, 2006. — 240 с.
3. ГОСТ 8.417-2002 СИБИД. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин [Текст]. — Введ. 2003-09-01. — Минск, 2006. — 24 с. — (Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений).
4. *Гришкевич А. И.* Автомобили. Теория. — Минск : Высшая школа, 1986. — 208 с.
5. *Литвинов А. С., Фаробин Я. Е.* Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. — М. : Машиностроение, 1989. — 240 с.
6. *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>.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- Dynamical Analysis of Vehicle Systems / ed. by W. Schiehlen. — New York : Springer Wien, 2007. — 304 pp.
- Heinz, H.* Advanced Vehicle Technology / H. Heinz. — 2nd ed. — Elsevier, 2002. — 654 pp.
- Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей : Учебник / А. М. Иванов [и др.]. — М. : ИЦ «Академия», 2013. — 176 с.
- Автомобілі. Всеколісне керування / Д. М. Яценко [и др.]. — К. : НТУ, 2013. — 180 с.
- Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посібник / В. П. Сахно [и др.]. — К. : КВІЦ, 2004. — 174 с.
- Алѣкса, Н. Н., Алексеенко, В. Н., Гредескул, А. Б.* Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств в примерах и заданиях : учеб. пособие / Н. Н. Алѣкса, В. Н. Алексеенко, А. Б. Гредескул. — К. : УМК ВО, 1990. — 100 с.
- Вахламов, В. К.* Автомобили: Эксплуатационные свойства : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Вахламов. — 2-е изд. — М. : Академия, 2006. — 240 с.
- ГОСТ 8.417-2002 СИБИД. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин [Текст]. — Введ. 2003-09-01. — Минск, 2006. — 24 с. — (Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений).
- Гришкевич, А. И.* Автомобили. Теория / А. И. Гришкевич. — Минск : Высшая школа, 1986. — 208 с.
- Гусев, Г. А.* Теория эксплуатационных свойств автомобиля: примеры расчетов и задачи : учебное пособие для преподавателей и студентов очной и заочной форм обучения специальностей «Автомобили и автомобильное хозяйство», «Сервис транспортных технологических машин и оборудования» и «Безопасность жизнедеятельности» / Г. А. Гусев. — Калининград : БГАРФ, 2007. — 170 с.
- Демич, М., Лукич, Ј.* Теорија кретања моторних возила : монографија / М. Демич, Ј. Лукич. — Крагујевац : Машински факултет у Крагујевцу, 2010. — 400 с.
- 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).
- 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).

Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів: Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів : навчальний посібник : в 3 ч. Ч. 1 / В. П. Сахно [и др.]. — Ноулідж, 2014. — 444 с. — ISBN 978-617-579-925-3.

Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів : навчальний посібник : в 3 ч. / В. П. Сахно [и др.]. — Ноулідж, 2014. — ISBN 978-617-579-924-6.

*Иларионов, В. А.* Эксплуатационные свойства автомобиля / В. А. Иларионов. — М. : Машиностроение, 1966. — 280 с.

*Литвинов, А. С., Фаробин, Я. Е.* Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. — М. : Машиностроение, 1989. — 240 с.

Маневренность и тормозные свойства колесных машин / М. А. Подригало [и др.] ; под ред. М. А. Подригало. — Харьков : ХНАДУ, 2003. — 403 с.

*Проскурин, А. И.* Теория автомобиля: Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по спец. «Автомобили и автомоб. хоз-во» и «Сервис трансп. и технол. машин и оборудования» направления подгот. дипломир. специалистов «Эксплуатация назем. транспорта и трансп. оборудования» / А. И. Проскурин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Пенза : Изд-во ПГУАС, 2003. — 203 с. — ISBN 5-9282-0154-0.

Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / М. А. Подригало [и др.] ; под ред. М. А. Подригало. — Харьков : ХНАДУ, 2003. — 614 с.

*Тарасик, В. П., Бренч, М. П.* Теория автомобилей и двигателей [Текст] : учебное пособие : соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту 3-го поколения / В. П. Тарасик, М. П. Бренч. — 2-е изд., испр. — Москва : ИНФРА-М Минск Новое знание, 2013. — 447 с. — (Высшее образование. Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-006210-5.

*Хусаинов, А. Ш., Селифонов, В. В.* Теория автомобиля. Конспект лекций / А. Ш. Хусаинов, В. В. Селифонов. — Ульяновск : УлГТУ, 2008. — 121 с.

*Цокур, В. Г., Химченко, А. В., Крамарь, С. Н.* Курс лекций по дисциплине «Автомобили. Теория эксплуатационных свойств» : в 2-х ч. Ч. 1 / В. Г. Цокур, А. В. Химченко, С. Н. Крамарь. — Горловка : АДИ ДонНТУ, 2006. — 64 с. — URL: <http://ea.donntu.org/handle/123456789/10994>.

ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

**Химченко** Аркадий Васильевич

**ЗАДАЧНИК ПО ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИКЕ,  
УПРАВЛЯЕМОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ  
(ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ  
ПОДГОТОВКИ 23.05.01 «НАЗЕМНЫЕ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА»)**

Подписано к выпуску 24.11.2016 г. Гарнитура Computer Modern.  
Усл. печ. л. 2,94. Зак. №672

---

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