

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ ІНСТИТУТ**

**Кафедра «Автомобільний транспорт»**

**ЗАДАЧІ  
З ГАЛЬМІВНОЇ ДИНАМІКИ, КЕРОВАНОСТІ  
ТА СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ Й  
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИРІШЕННЯ  
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ ПІДГОТОВКИ  
6.070106 «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ»)**

**4/19-2014-02**

**Горлівка — 2014**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ ІНСТИТУТ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Директор АДІ ДонНТУ  
М. М. Чальцев  
18.11.2014

**Кафедра «Автомобільний транспорт»**

**ЗАДАЧІ  
З ГАЛЬМІВНОЇ ДИНАМІКИ, КЕРОВАНОСТІ  
ТА СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ Й  
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИРІШЕННЯ  
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ ПІДГОТОВКИ  
6.070106 «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ»)**

**4/19-2014-02**

**РЕКОМЕНДОВАНО**

Протокол засідання  
Навчально-методичної комісії  
факультету «Автомобільний  
транспорт»  
07.10.2014 №2

**РЕКОМЕНДОВАНО**

Протокол засідання  
кафедри «Автомобільний  
транспорт»  
26.09.2014 №1

УДК 629.015 (07)

Задачі з гальмівної динаміки, керованості та стійкості автомобіля й методичні вказівки до їх вирішення (для студентів напряму підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт») [Електронний ресурс] / укладачі В. Г. Цокур, А. В. Хімченко. — Електрон. дані. — Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2014. — 45 с.

Методичні вказівки призначені студентам напряму підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт», що вивчають дисципліну «Автомобілі».

Вказівки містять: задачі з гальмівної динаміки, керованості та стійкості автомобіля; методичні вказівки до вирішення цих задач та вихідні дані відповідно до шифру, що дозволяють індивідуалізувати завдання та забезпечити самостійну роботу окремого студента. У методичних вказівках надані залежності та приклади складання рівнянь рівноваги для основних загальних умов руху автомобіля.

Задачі, що наведені у вказівках, вирішуються студентами денної та заочної форми навчання відповідно до навчального плану у вигляді контрольної роботи або на практичних заняттях.

Укладачі:

Цокур В. Г., канд. техн. наук, доц.  
Хімченко А. В., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск:

Міщенко М. І., д-р техн. наук, проф.

Рецензент:

Вороніна І. Ф., канд. техн. наук, доц.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП</b>	<b>7</b>
<b>1 ВИХІДНІ ДАНІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ</b>	<b>8</b>
<b>2 ЗАДАЧІ</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 . . . . .	24
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 . . . . .	33
2.31 Задача №31 . . . . .	34

<b>3</b>	<b>МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ</b>	<b>36</b>
3.1	Тяговий режим . . . . .	36
3.2	Режим екстреного гальмування . . . . .	38
3.3	Рух у повороті та на віражі . . . . .	40
	<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<b>45</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АТЗ	— автотранспортний засіб;
$\alpha$	— кут поздовжнього нахилу опорної поверхні;
$\beta$	— поперечний кут нахилу опорної поверхні;
$\gamma_r$	— питома гальмівна сила;
$\delta_1, \delta_2$	— кути бічного відведення, відповідно, передньої та задньої осей автомобіля;
$\delta_{об}$	— коефіцієнт оберткових мас автомобіля;
$\varphi_x$	— коефіцієнт зчеплення коліс із дорогою;
$\theta_{вн}$	— внутрішній кут повороту керованих коліс;
$\theta_{зв}$	— зовнішній кут повороту керованих коліс;
$\theta_{ср}$	— середній кут повороту керованих коліс;
$a$	— відстань від центра мас до передньої осі автомобіля;
$b$	— відстань від центра мас до задньої осі автомобіля;
$B$	— колія автомобіля;
$c$	— відстань від миттєвого центра повороту до осі задніх коліс;
$c_x$	— аеродинамічний коефіцієнт (коефіцієнт обтічності);
$f$	— коефіцієнт опору коченню;
$F$	— лобова площа автомобіля;
$F_{ц}$	— відцентрова сила;
$g$	— прискорення вільного падіння;
$G_a \sin \alpha$	— сила опору підйому;
$G_a$	— сила тяжіння від повної маси автомобіля;
$j_a$	— прискорення автомобіля;
$j_y$	— уповільнення автомобіля під час гальмування;
$K_{п}$	— сумарний коефіцієнт опору повітря;
$K_{\delta_1}, K_{\delta_2}$	— коефіцієнти опору бічному відведенню, відповідно, передньої та задньої осей автомобіля;
$L$	— база автомобіля;
$m_a$	— маса автомобіля;
$P_T$	— сила тяги;
$P_i$	— сумарна сила опору інерції мас автомобіля, що рухаються поступально та обертально;
$P_{п}$	— сила опору повітря;
$P_j$	— сила інерції мас автомобіля, що рухаються поступально;
$P_{Гi}$	— гальмівна сила на колесах $i$ -ї осі автомобіля;
$P_{пр1}, P_{пр2}$	— бічні сили пружності шин, відповідно, передньої та задньої осей автомобіля;

- $R$  — середній радіус повороту (відстань від поздовжньої осі автомобіля до центра повороту);
- $R_{2_{\text{вн}}}$  — радіус повороту внутрішнього колеса задньої осі;
- $R_{Y_{\text{зв}}}$  — бічна реакція опорної поверхні на колесах зовнішнього борту;
- $R_{Y_{\text{вн}}}$  — бічна реакція опорної поверхні на колесах внутрішнього борту;
- $R_{Z_1}$  і  $R_{Z_2}$  — нормальна реакція опорної поверхні на колеса, відповідно, передньої й задньої осі;
- $V_a$  — швидкість автомобіля.



## ВСТУП

Задачі з гальмівної динаміки, керованості, стійкості виконуються студентами за напрямом підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт» у зв'язку з необхідністю засвоєння дисципліни «Автомобілі» у розділі «Теорія експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів».

Практичні навички з вирішення завдань при вивченні тягово-швидкісних властивостей автомобіля студенти отримують при виконанні тягового розрахунку. Для закріплення знань із гальмівної динаміки, керованості та стійкості необхідні задачі, що відповідають тій чи іншій дорожній ситуації, тобто мають практичне значення, але потребують знань і умінь із теорії експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів.

Таким чином, вирішення задач із теорії руху автомобіля дозволяє засвоїти матеріал курсу дисципліни «Автомобілі».

Методичні вказівки містять: задачі; вказівки до вирішення цих задач та вихідні данні відповідно до шифру, що дозволяють індивідуалізувати завдання та забезпечити самостійну роботу окремого студента.

У методичних вказівках надані залежності та приклади складання рівнянь рівноваги для основних загальних умов руху автомобіля.

Задачі, що наведені у вказівках, вирішуються студентами денної форми навчання на практичних заняттях. Студенти заочної форми вирішують задачі у вигляді контрольної роботи.

Варіант завдання обирається за відповідними таблицями згідно з останньою цифрою залікової книжки та першою літерою прізвища. Роботи, що виконані не за варіантом, рецензуванню не підлягають.

## 1 ВИХІДНІ ДАНІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

Завдання студенту слід обрати з таблиці 1.1. Для цього в рядку, що відповідає першій літері прізвища студента знаходять колонку з номером, що відповідає останній цифрі шифру (номера залікової книжки). У відповідній клітинці таблиці розташовані номери задач, які необхідно вирішити. Умови задач і вихідні данні, що відповідають, номерам передостанніх цифр шифру (номера залікової книжки) наведені у розділі 2.

Таблиця 1.1 — Таблиця вибору варіанта завдання з вирішення задач контрольної роботи

Літера	№ задач відповідно до останньої цифри шифру									
	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

Продовження таблиці 1.1

Літера	№ задач відповідно до останньої цифри шифру									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Є	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
Е	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
Ж	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
З	8а, 11, 26, 24, 10б	11, 9В, 8б, 23, 13б,	13б, 16, 4, 19, 8В	3, 8г, 29б, 9б, 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
И	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
І	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
Ї	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

Продовження таблиці 1.1

Літера	№ задач відповідно до останньої цифри шифру									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Й	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
К	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
Л	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
М	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
Н	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
О	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
П	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

Продовження таблиці 1.1

Літера	№ задач відповідно до останньої цифри шифру									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Р	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
С	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
Т	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
У	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
Ф	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
Х	10б, 30, 18б, 12, 24	16, 9в, 29б, 9г, 9а	16, 27, 21, 9б, 13б	3, 12, 24, 30, 20	27, 7б, 24, 17, 8а	8б, 4, 22, 24, 9б	9б, 7а, 27, 13а, 22	8а, 22, 27, 5, 18а	24, 7а, 22, 10б, 13б	17, 29а, 6, 9г, 12
Ц	13в, 7б, 18а, 8а, 15	25, 13в, 29б, 9г, 16	7а, 20, 19, 26, 24	18а, 8в, 10в, 15, 4	6, 29а, 8в, 26, 14	7в, 26, 8а, 9а, 3	10в, 9б, 16, 9г, 29а	20, 3, 9в, 9г, 14	8б, 29а, 10б, 8г, 28	19, 29а, 12, 9б, 23

Продовження таблиці 1.1

Літера	№ задач відповідно до останньої цифри шифру									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ч	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
Ш	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, 17, 30	22, 7б, 15, 17, 28
Щ	21, 27, 13б, 11, 7в	26, 8б, 13а, 20, 3	13в, 10в, 13а, 8в, 17	13в, 17, 24, 9б, 8в	6, 23, 9в, 14, 8в	10а, 27, 9б, 8а, 4	9а, 29а, 2, 8а, 7в	8а, 10а, 7в, 16, 13а	8б, 5, 18а, 26, 17	2, 7б, 8а, 12, 17
Ю	13а, 13б, 10а, 12, 23	27, 16, 29б, 7а, 18а	29а, 9г, 22, 10а, 18б	14, 9г, 12, 20, 18а	13б, 1, 17, 27, 9б	20, 11, 9б, 13а, 30	11, 7в, 22, 17, 26	16, 8а, 24, 11, 5	19, 24, 9в, 7б, 18б	17, 18а, 23, 8а, 27
Я	19, 13б, 14, 8г, 9а	22, 1, 21, 23, 19	2, 10б, 25, 22, 9г	29б, 26, 3, 17, 9г	13б, 21, 3, 15, 11	9б, 4, 23, 8г, 3	5, 30, 18а, 1, 14	15, 18б, 30, 8б, 13б	13а, 24, 14, 30, 28	9а, 16, 17, 8в, 8г

## 2 ЗАДАЧІ

### 2.1 Задача №1

Автомобіль скочує під уклон  $i$  з постійною швидкістю  $V_a$ , м/с. Маса автомобіля  $m_a$ , кг, коефіцієнт опору кочення  $f$ . Визначити фактор обтічності автомобіля. Числові значення величин наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Вихідні дані до задачі №1

Значення передостанньої цифри шифру	$f$	$m_a$ , 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

Визначити найменше значення коефіцієнта зчеплення  $\varphi_x$ , що необхідне для руху автомобіля на дорозі з уклоном  $i$  та коефіцієнтом опору кочення  $f$ , якщо на ведучу вісь припадає частка повної ваги  $X$ , %. Опір повітря не враховувати. Числові значення величин наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Вихідні дані до задачі №2

Значення передостанньої цифри шифру	$X$ , %	$f$	$i$
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
6	52	0,016	0,16
7	55	0,017	0,19

## Продовження таблиці 2.2

Значення передостанньої цифри шифру	$X$ , %	$f$	$i$
8	67	0,018	0,13
9	48	0,028	0,14

**2.3 Задача №3**

Визначити довжину шляху вільного вибігу  $S_{\text{виб}}$ , м, автомобіля на горизонтальній ділянці дороги при початковій швидкості  $V_{\text{п}}$ , м/с, якщо відомий ступінь його завантаження  $X$ , %, для вантажних автомобілів або кількість осіб для пасажирських автомобілів (табл. 2.3). Силу опору повітря слід визначити в межах середньої швидкості руху. Необхідні параметри автомобілів (табл. 2.3) наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.3 — Вихідні дані до задачі №3

Значення передостанньої цифри шифру	Тип покриття	Завантаження $X$ , % або осіб	Марка автомобіля	$V_{\text{п}}$ , м/с
0	Сухий асфальт	Відсутнє	VOLKSWAGEN TOUAREG	35,0
1	Сухий укочений ґрунт	3	HYUNDAI TUCSON	20,0
2	Вологий пісок	5	CHRYSLER SEBRING	10,0
3	Цементо-бетон	4	CHEVROLET EPICA	45,0
4	Сухий гравій	21	MAZ-152	13,0
5	Бруківка	Відсутнє	MAZDA 6	25,0
6	Ожеледь	100	VOLVO B12	13,0
7	Сухий укочений ґрунт	Відсутнє	TATRA 815-2 SIA	20,0
8	Сухий гравій	100	IVECO- MAGIRUS-380- 30 ANW	13,0
9	Сухий асфальт	70	IVECO 190-36PT	25,0



Таблиця 2.4 — Параметри автомобілів

Параметр	VOLKSWAGEN TOUAREG	HYUNDAI TUCSON	CHRYSLER SEBRING	
Габарити, мм				
довжина	4754	4325	4850	
ширина	1928	1795	1843	
висота	1726	1730	1497	
Коля коліс, мм				
передніх	1653	1540	1570	
задніх	1665	1540	1570	
Власна маса, кг	2230	1628	1585	
Повна маса, кг	2945	2140	2040	
Аеродинамічний коефіцієнт $c_x$	0,36	0,45	0,3	
Пасажиромісткість	5	6	5	
Параметр	TATRA 815-2 SIA	IVECO- MAGIRUS-380- 30 ANW	IVECO 190-36PT	
Габарити, мм				
довжина	7920	8400	5730... 11500	
ширина	2500	2800	2488	
висота	2970	3530	3286	
Коля коліс, мм				
передніх	1989	2227	2066	
задніх	1754	1964	1833	
Власна маса, кг	11600	15500	7360	
Повна маса, кг	28500	37500	17500	
Аеродинамічний коефіцієнт $c_x$	0,9	0,9	0,85	
Маса вантажу, кг	16900	22000	10140	
Параметр	CHEVROLET EPICA	MAZ-152	MAZDA 6	VOLVO B12
Габарити, мм				
довжина	4805	11985	4670	12000
ширина	1810	2500	1780	2500
висота	1450	3323	1435	3580
Коля коліс, мм				
передніх	1550	2063	1585	2046
задніх	1545	1818	1575	1848

## Продовження таблиці 2.4

Параметр	CHEVROLET EPICA	МАЗ-152	MAZDA 6	VOLVO B12
Власна маса, кг	1460	13850	1425	13200
Повна маса, кг	1945	18000	1940	17620
Аеродинамічний коефіцієнт $c_x$	0,3	0,65	0,3	0,65
Пасажироміст- кість	5	43	5	49

**2.4 Задача №4**

Автотранспортний засіб рухається по кривій радіусом  $R$ , м. Дорога горизонтальна й має коефіцієнт зчеплення шин із поверхнею  $\varphi$ . Знайти максимальну швидкість руху по кривій без бокового ковзання. Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 — Вихідні дані до задачі №4

Значення передостанньої цифри шифру	$R$ , 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**

Автотранспортний засіб рухається по кривій радіусом  $R$ , м. На кривій є віраж із кутом поперечного уклону  $\beta$ , град. Коефіцієнт зчеплення шин із дорогою дорівнює  $\varphi$ . Визначити максимальну швидкість руху по кривій без бокового ковзання. Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 — Вихідні дані до задачі №5

Значення передостанньої цифри шифру	$R$ , 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

Визначити критичну швидкість, при якій транспортний засіб спроможний проїхати по кривій радіусом  $R$ , що має поперечний уклон із кутом «мінус»  $\beta$ , град, при цьому коефіцієнт зчеплення шин із дорогою  $\varphi$ . Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 — Вихідні дані до задачі №6

Значення передостанньої цифри шифру	$R$ , 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

У результаті зважування й виміру транспортного засобу виявлені наступні його характеристики: повна маса  $m_a$ , кг; вага  $G_{a1}$ , Н, що припадає на передню вісь у горизонтальному положенні транспортного засобу; вага  $G_{a1}^\alpha$ , Н, що припадає на передню вісь, коли задня вісь розташована вище передньої на висоту  $H$ , м; вага  $G_{п}$ , Н, що припадає на праві колеса, коли автомобіль у горизонтальному стані; база  $L$ , м; колія  $B$ , м. Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.8.

Визначити за варіантами:

**варіант а)** відстань  $a$  — від передньої осі по горизонталі, уздовж транспортного засобу, до його центра мас;

**варіант б)** відстань  $B_1$  — від лівих коліс по горизонталі уперек автомобіля до його центра мас;

**варіант в)** відстань  $h$  — від центра мас автомобіля до площини, що минає через осі передніх і задніх коліс.

Таблиця 2.8 — Вихідні дані до задачі №7

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , 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

Транспортний засіб має повну масу  $m_a$ , кг. У горизонтальному статичному стані на передню вісь припадає  $X$ , %, від повної ваги. База транспортного засобу  $L$ , м, висота від опорної поверхні до центра мас  $h_g$ , м. Коефіцієнт зчеплення шин із дорогою  $\varphi_x$ .

Визначити максимальну гальмівну силу  $P_r$ , Н, і максимальну загальну питому гальмівну силу  $\gamma_r$  на дорозі з поздовжнім уклонем  $\alpha$ , град, за варіантами:

- варіант а)** загальмовано всі чотири колеса;  
**варіант б)** загальмовано передні колеса;  
**варіант в)** загальмовано задні колеса;  
**варіант г)** загальмовано переднє праве й заднє ліве колесо.  
Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Вихідні дані до задачі №8

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , 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

Транспортний засіб загальною масою  $m_a$ , кг, база якого  $L$ , м, висота від опорної поверхні до центра мас  $h_g$ , м, відстань від центра мас до передньої осі по горизонталі  $a$ , м, загальмовано до повної зупинки. Довжина гальмівного шляху  $S_r$ , м.

Визначити швидкість руху автомобіля перед початком гальмування на дорозі з коефіцієнтом зчеплення  $\varphi_x$  і поздовжнім уклоном  $\alpha$ , град, за варіантами:

- варіант а)** загальмовано всі чотири колеса;  
**варіант б)** загальмовано передні колеса;  
**варіант в)** загальмовано задні колеса;  
**варіант г)** загальмовано переднє праве й заднє ліве колесо.

Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 — Вихідні дані до задачі №9

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , 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

Автомобіль масою  $m_a$ , кг, необхідно загальмувати на дорозі, що має із колесами автомобіля коефіцієнт зчеплення  $\varphi_x$  та поздовжній кут уклону  $\alpha$ , град. Відстань від центра мас автомобіля до опорної поверхні —  $h_g$ , м, відстань від центра мас до передньої осі автомобіля —  $a$ , м, а база автомобіля —  $L$ , м.

Яку сумарну максимальну гальмівну силу за умовою зчеплення шин можна одержати при гальмуванні за варіантами:

**варіант а)** загальмовано всі чотири колеса;

**варіант б)** загальмовано передні колеса;

**варіант в)** загальмовано задні колеса;

**варіант г)** загальмовано переднє праве й заднє ліве колесо.

Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 — Вихідні дані до задачі №10

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , 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
6	1500	8	0,8	1,3	1,42	2,7

## Продовження таблиці 2.11

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , кг	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$h_g$ , м	$a$ , м	$L$ , м
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

Яке повинне бути мінімальне значення коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з дорогою, що має поздовжній кут уклону  $\alpha$ , град, щоб при гальмуванні автомобіля можна було отримати загальну питому гальмівну силу, рівну  $\gamma_r$ ?

Дані по автомобілю: відношення  $\frac{h_g}{L}$  — відношення відстані  $h_g$ , м, між центром мас та опорною поверхнею, до бази  $L$ , м; відношення  $\frac{a}{L}$  — відстані  $a$ , м, між центром мас та передньою віссю до бази автомобіля  $L$ .

Задачу вирішити за варіантами:

**варіант а)** гальмують тільки передні колеса;

**варіант б)** гальмують тільки задні колеса;

**варіант в)** гальмують усі чотири колеса.

Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 — Вихідні дані до задачі №11

Значення передостанньої цифри шифру	$\alpha$ , °	$\gamma_r$	$\frac{h_g}{L}$	$\frac{a}{L}$
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

Автомобіль масою  $m_a$ , кг, гальмує на дорозі, з коефіцієнтом зчеплення  $\varphi_x$ , поздовжнім уклоном  $\alpha$ , град, і коефіцієнтом опору кочення коліс  $f$ . Відстань від центра мас автомобіля до опорної поверхні —  $h_g$ , м, відстань від центра мас до передньої осі автомобіля —  $a$ , м, а база автомобіля —  $L$ , м.

Знайти максимально можливе уповільнення автомобіля за варіантами:

**варіант а)** гальмують тільки передні колеса;

**варіант б)** гальмують тільки задні колеса;

**варіант в)** гальмують усі чотири колеса.

Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 — Вихідні дані до задачі №12

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , 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

Автомобіль масою  $m_a$ , кг, рухається зі швидкістю  $V_a$ , м/с, по дорозі, що має: поздовжній уклон  $\alpha$ , град, і коефіцієнт зчеплення  $\varphi_x$  із коефіцієнтом опору кочення  $f$ . База автомобіля  $L$ , м, висота від осі колеса до центра мас автомобіля —  $h$ , м, відстань від центра мас до передньої осі —  $a$ , м, динамічний радіус колеса  $r_d$ , м.

Знайти, до якого мінімального значення може бути знижена швидкість автомобіля на дільниці  $S$ , м, якщо гальмувати за варіантами:

**варіант а)** гальмують тільки передні колеса;

**варіант б)** гальмують тільки задні колеса;

**варіант в)** гальмують усі чотири колеса.

Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.14.



Таблиця 2.14 — Вихідні дані до задачі №13

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , 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

Автомобіль масою  $m_a$ , кг, рухається по дорозі, що має: поздовжній уклон  $\alpha$ , град, та коефіцієнт зчеплення  $\varphi_x$  зі швидкістю  $V_{п}$ , м/с, із коефіцієнтом опору коченню  $f$ . Відстань від центра мас автомобіля до опорної поверхні —  $h_g$ , м; відстань від центра мас до передньої осі автомобіля —  $a$ , м; база автомобіля —  $L$ , м.

На якій мінімальній ділянці дороги гальмуванням можна знизити швидкість автомобіля до  $V_k$ , м/с, якщо:

**варіант а)** — гальмують тільки передні колеса;

**варіант б)** — гальмують тільки задні колеса;

**варіант в)** — гальмують усі чотири колеса?

Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 — Вихідні дані до задачі №14

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , кг	$V_{п}$ , 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
4	990	24	0	0,62	0,021	1,4	1,1	2,2	9

## Продовження таблиці 2.14

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , кг	$V_{п}$ , м/с	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$f$	$h_g$ , м	$a$ , м	$L$ , м	$V_k$ , м/с
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**

Який уклон дороги потрібен, щоб гальмівний шлях автомобіля, що має гальма на всіх колесах, збільшився у два рази в порівнянні з гальмівним шляхом на горизонтальній дорозі, якщо в обох випадках гальмувати з однакової початкової швидкості до повної зупинки?

Коефіцієнт зчеплення  $\varphi_x$  і коефіцієнт опору коченню  $f$  наведені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.16 — Вихідні дані до задачі №15

Значення передостанньої цифри шифру	$\varphi_x$	$f$
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**

Автомобіль гальмує всіма колесами при русі на спуск. Як зміниться гальмівний шлях автомобіля в разі гальмування на цій ділянці дороги при

зворотному рейсі, якщо швидкість автомобіля в початковий і кінцевий моменти гальмування в обох випадках однакова?

Кут позовжнього уклону дороги  $\alpha$ , град, і коефіцієнт зчеплення  $\varphi_x$  наведені в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 — Вихідні дані до задачі №16

Значення передостанньої цифри шифру	$\alpha, ^\circ$	$\varphi_x$
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

Автомобіль, що має гальма на всіх колесах, рухається на спуск по дорозі, що має коефіцієнт зчеплення  $\varphi_x$  та з коефіцієнтом опору коченню  $f$  (табл. 2.18).

Знайти величину уклону дороги, при якому за умовами зчеплення автомобіль не можна загальмувати. При рішенні враховувати силу опору коченню коліс.

Таблиця 2.18 — Вихідні дані до задачі №17

Значення передостанньої цифри шифру	$\varphi_x$	$f$
0	0,1	0,017
1	0,2	0,018
2	0,3	0,019
3	0,4	0,020
4	0,5	0,021
5	0,6	0,022
6	0,7	0,023

## Продовження таблиці 2.17

Значення передостанньої цифри шифру	$\varphi_x$	$f$
7	0,8	0,024
8	0,4	0,025
9	0,6	0,026

## 2.18 Задача №18

Автомобіль, центр ваги якого знаходиться на висоті  $h_g$ , м, і на відстані  $b$ , м, від задньої осі, гальмує всіма колесами з повним використанням зчіпної ваги на горизонтальній ділянці дороги, що має коефіцієнт зчеплення  $\varphi_x$ .

Знайти: у скільки разів  $K_p$  збільшиться навантаження на передню вісь у порівнянні:

**варіант а)** з навантаженням при статичному положенні на горизонтальній поверхні;

**варіант б)** з навантаженням при русі по узвозу з уклоном  $\alpha$ , град;

**варіант в)** з навантаженням при русі на підйом із уклоном  $\alpha$ , град.

Числові значення необхідних величин наведені в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 — Вихідні дані до задачі №18

Значення передостанньої цифри шифру	$h_g$ , 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

Знайти співвідношення між гальмівними силами на колесах передньої й задньої осей автомобіля, що забезпечує повне використання зчіпної ваги при гальмуванні автомобіля на дорозі з коефіцієнтом зчеплення  $\varphi_x$ . Усі необхідні параметри АТЗ вважати відомими.

### 2.20 Задача №20

При правому повороті вантажного автомобіля з базою  $L$ , м, його ліве переднє колесо повинне котитися по кривій радіуса  $R$ , м.

На який кут  $\theta$  необхідно повернути при цьому рульове колесо, якщо передаточне відношення рульового механізму до лівої поворотної маточини передніх керованих коліс вважати постійним і рівним  $U$ ? Числові значення необхідних величин прийняти з таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 — Вихідні дані до задачі №20

Значення передостанньої цифри шифру	$L$ , 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

Двовісний вантажний автомобіль із базою  $L$ , м, і односкатними колесами наближається до повороту дороги. Унаслідок зустрічного транспорту поворот автомобіля праворуч необхідно зробити з максимальним наближенням до внутрішнього узбіччя дорожнього полотна, радіус кривизни якого дорівнює  $R$ , м.

На якій відстані від узбіччя повинно котитися переднє колесо автомобіля, щоб заднє колесо не виходило за межі дорожнього полотна?

Колію передніх і задніх коліс вважати однаковою. Числові значення необхідних величин прийняти з таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 — Вихідні дані до задачі №21

Значення передостанньої цифри шифру	$L$ , 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 який середній кут  $\theta$  необхідно повернути передні керовані колеса легкового автомобіля масою  $m_a$ , кг, що рухається по дорозі радіуса  $R$ , м, із швидкістю  $V_a$ , м/с, якщо шини еластичні в боковому напрямі й коефіцієнт опору боковому відведенню передньої осі  $\delta_1 = 972,4$  Н/град, а задньої  $\delta_1 = 1111,3$  Н/град?

Дані по автомобілю: база  $L$ , м; відстань від центра ваги до передньої осі  $a$ , м — повинні бути прийняті згідно таблиці 2.22.

Таблиця 2.22 — Вихідні дані до задачі №22

Значення передостанньої цифри шифру	$R$ , 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
9	89	1040	3,4	1,65	18

### 2.23 Задача №23

В якому напрямку й на яку величину необхідно замінити поворот керованих коліс двовісного автомобіля при його русі по траєкторії радіуса  $R$ , м, якщо швидкість автомобіля збільшити з  $V_1$  до  $V_2$ ?

Масу автомобіля  $m_a$ , кг, базу  $L$ , м, відстань від центра мас до передньої осі  $a$ , м, прийняти згідно таблиці 2.23. Коефіцієнт опору боковому відведенню передньої осі  $\delta_1 = 1007$  Н/град, коефіцієнт опору боковому відведенню задньої осі  $\delta_2 = 2140$  Н/град.

Таблиця 2.23 — Вихідні дані до задачі №23

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , 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 вантажного автомобіля встановлено вантаж масою  $m_b$ , кг. Висота центра мас вантажу над платформою  $h_b$ , м. На горизонтальній ділянці центр мас вантажу знаходиться над задньою віссю автомобіля. Відомі: відстань від опорної поверхні до центра мас автомобіля без вантажу  $h_g$ , м; відстань від центра мас автомобіля без вантажу до задньої осі  $b$ , м; відстань від осі до платформи  $\rho$ , м; власна вага автомобіля  $m_0$ , кг.

Числові значення величин наведено в таблиці 2.24.

Знайти максимальний кут уклону опорної поверхні, на якому зберігається поздовжня стійкість автомобіля при рівномірному русі. Опір повітря й опір коченню коліс не враховувати.

Таблиця 2.24 — Вихідні дані до задачі №24

Значення передостанньої цифри шифру	$m_B$ , 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 вантажний автомобіль установлений вантаж, центр мас якого розташований на висоті  $h$ , м, від осі автомобіля й на відстані  $b$ , м, від задньої осі вздовж автомобіля. Автомобіль повинен подолати уклон  $\alpha$ , град. Визначити можливість перекидання автомобіля назад при рівномірному русі.

Числові значення величин прийняти відповідно до таблиці 2.25. Силами опору повітря й коченню коліс знехтувати.

Таблиця 2.25 — Вихідні дані до задачі №25

Значення передостанньої цифри шифру	$h$ , 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
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

Вантажний автомобіль із задніми ведучими колесами долає уклон  $\alpha$ , ° на ділянці дороги з коефіцієнтом зчеплення  $\varphi_x$  і коефіцієнтом опору коченню  $f$ .

Визначити можливість руху АТЗ на уклон із постійною швидкістю. Опором повітря знехтувати.

Дані щодо автомобіля: відношення  $\frac{h_g}{L}$  — відстані  $h_g$  між центром мас та опорною поверхнею до бази  $L$ ; відношення  $\frac{a}{L}$  — відстані між центром мас та передньою віссю до бази автомобіля  $L$  — та значення уклону  $\alpha$  і коефіцієнтів  $\varphi_x$ ,  $f$ , відповідно до варіанта, наведені в таблиці 2.26.

Таблиця 2.26 — Вихідні дані до задачі №26

Значення передостанньої цифри шифру	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$f$	$\frac{h_d}{L}$	$\frac{a}{L}$
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

Автомобіль, що рухається з чималою швидкістю по дорозі з коефіцієнтом зчеплення  $\varphi_x$ , різко гальмує всіма колесами.

Визначити можливість перекидання автомобіля відносно передніх коліс, якщо відомо, що відстань від опорної поверхні до центра мас  $h_g$ , м, та відстань від центра мас до передньої осі  $a$ , м.

Числові значення величин відповідно до варіанта, прийняти з таблиці 2.27.

Таблиця 2.27 — Вихідні дані до задачі №27

Значення передостанньої цифри шифру	$\varphi_x$	$h_g$ , м	$a$ , м
0	0,84	0,85	0,7

## Продовження таблиці 2.27

Значення передостанньої цифри шифру	$\varphi_x$	$h_g$ , м	$a$ , м
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**

Вантажний автомобіль масою  $m_a$ , кг рухається рівномірно на горизонтальній ділянці дороги з радіусом  $R$ , м. Яку максимальну швидкість руху можна забезпечити без небезпеки бокового ковзання, якщо відомо, що ведуча вісь може сприйняти без бокового ковзання бокову силу  $P$ , Н?

База автомобіля  $L$ , м, відстань від центра мас до передньої осі  $a$ , м, та інші необхідні числові значення, відповідно до варіанта, наведені в таблиці 2.28.

Таблиця 2.28 – Вихідні дані до задачі №28

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , 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
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

Автомобіль рухається на повороті за інерцією зі швидкістю  $V_a$ , м/с, на горизонтальній ділянці дороги з коефіцієнтом зчеплення  $\varphi_x$ . Колія автомобіля  $B$ , м, відстань від опорної поверхні до центра ваги  $h_g$ , м, інші необхідні числові значення, відповідно до варіанта, наведені в таблиці 2.29.

Визначити з яким мінімальним радіусом можна зробити поворот автомобіля без втрати стійкості за варіантами:

**варіант а)** за умовою бокового ковзання;

**варіант б)** за умовою бокового перекидання.

Таблиця 2.29 — Вихідні дані до задачі №29

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , 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 будові швидкісних автомобільних доріг, криві ділянки виконуються з поперечним уклоном  $\beta$ .

Знайти мінімальне значення куту  $\beta$ , град, уклону дороги радіусом  $R$ , м, необхідне для руху автомобіля зі швидкістю  $V_a$ , м/с.

Коефіцієнт зчеплення прийняти  $\varphi$ , швидкість автомобіля й положення керованих коліс вважати постійними.

Колія автомобіля  $B$ , м, відстань від центра мас до опорної поверхні  $h_g$ , м, та інші необхідні числові значення, відповідно до варіанта, наведено в таблиці 2.30.

Таблиця 2.30 — Вихідні дані до задачі №30

Значення передостанньої цифри шифру	$\varphi$	$R$ , 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

Автомобіль масою  $m_a$ , кг, рухається по дорозі з поздовжнім кутом уклону  $\alpha$ , град, коефіцієнтом зчеплення  $\varphi_x$  і коефіцієнтом опору коченню  $f$ .

Відстань від центра мас автомобіля до опорної поверхні  $h_g$ , м, відстань від центра мас до передньої осі автомобіля  $a$ , м, база автомобіля  $L$ , м, сумарний коефіцієнт опору повітряного середовища  $K_{\Pi}$ ,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}$ , лобова площа  $F$ ,  $\text{м}^2$ , та інші необхідні числові значення, відповідно до варіанта, наведено в таблиці 2.31.

Визначити критичну швидкість  $V_{\text{кр}}$ , м/с, руху автомобіля на якій втрачається поздовжня стійкість автомобіля за варіантами:

**варіант а)** ведучі колеса передньої осі;

**варіант б)** ведучі колеса задньої осі.

Таблиця 2.31 — Вихідні дані до задачі №31

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , кг	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$f$	$h_g$ , м	$a$ , м	$L$ , м	$\frac{K_{\Pi}}{\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4}$	$F$ , $\text{м}^2$
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

Продовження таблиці 2.31

Значення передостанньої цифри шифру	$m_a$ , кг	$\alpha$ , °	$\varphi_x$	$f$	$h_g$ , м	$a$ , м	$L$ , м	$\frac{K_{п1}}{H \cdot c^2}$ , м <sup>4</sup>	$F$ , м <sup>2</sup>
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 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ

Для вирішення завдань контрольної роботи треба виконати наступне:

- скласти схему сил, які діють на АТЗ в умовах, означених завданням;
- скласти необхідні рівняння рівноваги;
- сумісно вирішити рівняння рівноваги відносно параметра, який потрібно знайти.

При оформленні рішення задач умовні позначення та одиниці виміру слід узгоджувати зі стандартами [1, 2].

Загальна теорія руху автомобілів, що необхідна для вирішення задач, наведена в підручниках [3–6], навчальних посібниках [7, 8], а також у закордонних виданнях, наприклад [9, 10]. Спеціальні питання гальмівної динаміки та стійкості, у тому числі для автомобілів із всеколесним керуванням, наведені в монографіях [11–13].

Для спрощення освоєння матеріалу розглянемо загальні схеми сил, що діють на автомобіль, в окремих умовах руху, рівняння рівноваги та деякі співвідношення, які потрібні для вирішення тих, чи інших задач контрольної роботи.

#### 3.1 Тяговий режим

На рисунку 3.1 показана схема сил, які діють на автомобіль, що рухається в тяговому режимі на уклон із прискоренням.

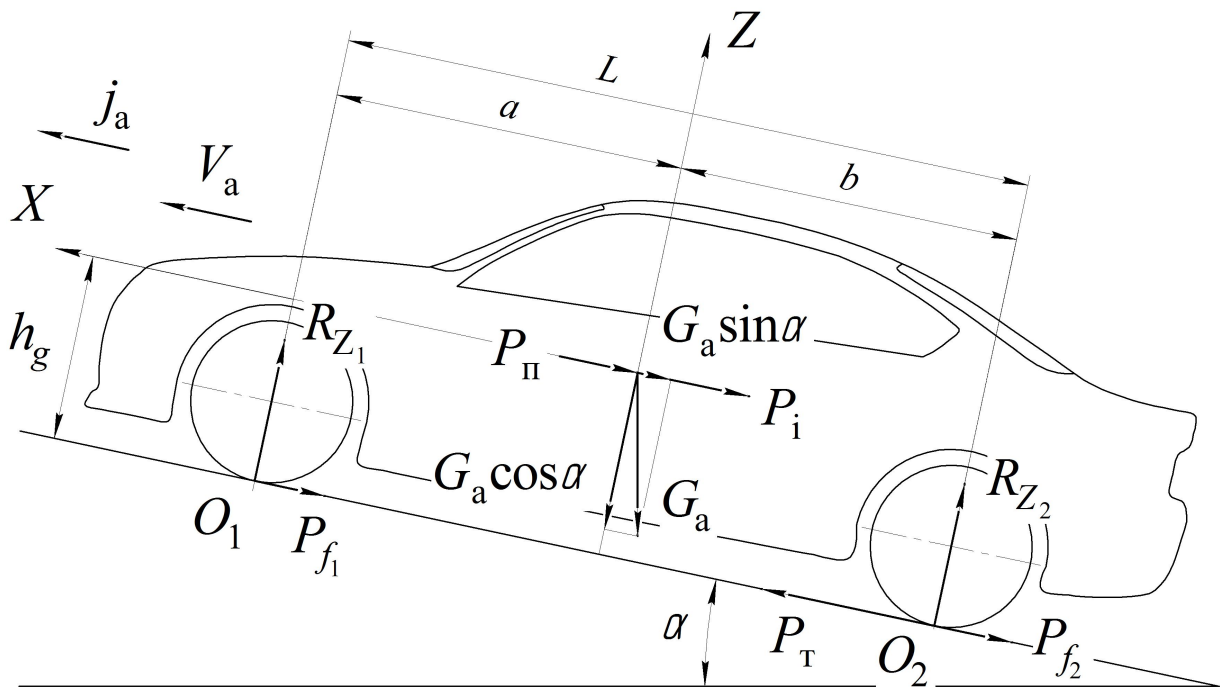


Рисунок 3.1 — Схема сил, що діють на автомобіль у тяговому режимі

При русі автомобіля в тяговому режимі рівняння рівноваги мають наступний вигляд:

а) рівняння рівноваги сил, які діють уздовж поздовжньої осі  $X$ :

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

де  $P_T$  — сила тяги АТЗ, Н;

$P_i$  — сумарна сила опору інерції мас АТЗ, що рухаються поступально та обертально, Н;

$P_{\Pi}$  — сила опору повітряного середовища, Н;

$G_a \sin \alpha$  — сила опору підйому, Н;

$G_a$  — вага автомобіля, Н;

$\alpha$  — кут поздовжнього нахилу опорної поверхні.

б) рівняння рівноваги сил, які діють уздовж нормальної осі  $Z$ :

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

де  $R_{Z_1}$  і  $R_{Z_2}$  — нормальна реакція опорної поверхні на колеса, відповідно, передньої й задньої осі, Н.

в) рівняння рівноваги моментів сил відносно осі  $O_1$ , що минає через контактні площадки передніх коліс:

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

де  $L$  — база автомобіля, м;

$a$  — відстань від центра мас до передньої осі АТЗ, м.

г) рівняння рівноваги моментів сил відносно осі  $O_2$ , що минає через контактні площадки задніх коліс:

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

де  $b$  — відстань від центра мас до передньої осі автомобіля, м.

Окремі складові можуть бути знайдені за наступними залежностями:

$$G_a = m_a g; \quad P_i = m_a j_a \delta_{об}; \quad P_{f_1} = f R_{Z_1}; \quad P_{f_2} = f R_{Z_2};$$

$$P_{\Pi} = K_{\Pi} F V_a^2 = c_x \frac{\rho_{\Pi} F}{2} V_a^2 = W V_a^2,$$

де  $m_a$  — маса автомобіля, кг;

$g$  — прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

- $j_a$  — прискорення автомобіля,  $\text{м/с}^2$ ;  
 $\delta_{\text{об}}$  — коефіцієнт урахування мас автомобіля, що обертаються;  
 $K_{\text{п}}$  — сумарний коефіцієнт опору повітря,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}$ ;  
 $c_x$  — аеродинамічний коефіцієнт (коефіцієнт обтічності);  
 $W$  — фактор обтічності,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2}$ ;  
 $F$  — лобова площа автомобіля,  $\text{м}^2$ ;  
 $V_a$  — швидкість автомобіля,  $\text{м/с}$ ;  
 $f$  — коефіцієнт опору коченню.

Якщо сила тяги обмежена силою зчеплення коліс із дорогою, то вона з достатньою точністю може бути орієнтовно визначена без урахування опору кочення і впливу моменту опору інерції для задніх ведучих коліс за формулою

$$P_{\text{т}} = \varphi_x R_{Z_2}.$$

### 3.2 Режим екстреного гальмування

На рисунку 3.2 показана схема сил, які діють на автомобіль, що рухається в режимі екстреного гальмування на уклон із від'ємним прискоренням.

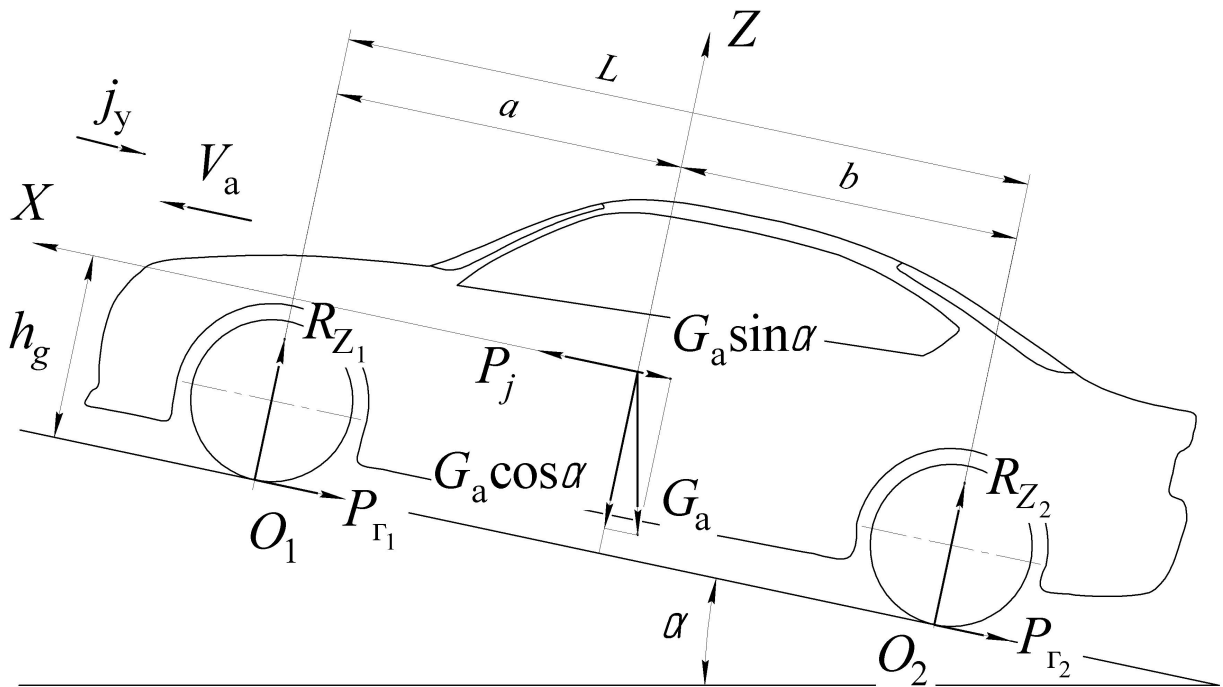


Рисунок 3.2 — Схема сил, що діють на автомобіль у режимі екстреного гальмування

При русі автомобіля в режимі екстреного гальмування: вплив опору повітря можна не враховувати; при блокуванні коліс або при гальмуванні на границі блокування умовні сили інерції відсутні, а сили опору коченню або



відсутні, або на стільки малі, що ними можна знехтувати. У такому випадку рівняння рівноваги, що складені згідно рисунка 3.2, мають наступний вигляд:

а) рівняння рівноваги сил, які діють уздовж поздовжньої осі  $X$ :

$$\sum F_X = 0 \Leftrightarrow P_j - G_a \sin \alpha - P_{r_1} - P_{r_2} = 0, \quad (3.5)$$

де  $P_j = m_a j_y$  — сила інерції мас автомобіля, що рухаються поступально;  
 $j_y$  — уповільнення автомобіля під час гальмування;

б) рівняння рівноваги сил, які діють уздовж нормальної осі  $Z$ :

$$\sum F_Z = 0 \Leftrightarrow R_{Z_1} + R_{Z_2} - G_a \cos \alpha = 0; \quad (3.6)$$

в) рівняння рівноваги моментів сил відносно осі  $O_1$ , що минає через контактні площадки передніх коліс:

$$\sum M_{O_1} = 0 \Leftrightarrow R_{Z_2} L - G_a a \cos \alpha + (P_j - G_a \sin \alpha) h_g = 0; \quad (3.7)$$

г) рівняння рівноваги моментів сил відносно осі  $O_2$ , що минає через контактні площадки задніх коліс:

$$\sum M_{O_2} = 0 \Leftrightarrow G_a a \cos \alpha - R_{Z_1} L + (P_j - G_a \sin \alpha) h_g = 0. \quad (3.8)$$

Якщо автомобіль рухається в тяговому режимі, або в режимі екстреного гальмування на горизонтальній поверхні, то ( $\alpha = 0$ ), а сила  $G_a \sin \alpha$ , що наведена на загальних схемах, не діятиме. Тому наведені вище схеми й рівняння рівноваги треба змінювати згідно з умовами завдання і, відповідно до цього, наводити в контрольній роботі. Доцільність врахування тих чи інших сил треба пояснювати в пояснювальній записці, сформулювавши припущення.

Якщо автомобіль рухається в сталому режимі, то інерційні сили  $P_i$  і  $P_j$  не діють і наведені вище залежності також підлягають корегуванню.

Ефективність гальмівної системи можна оцінити за допомогою питомої гальмівної сили  $\gamma_r$

$$\gamma_r = \frac{\sum_i P_{ri}}{m_a g}, \quad (3.9)$$

де  $P_{ri}$  — сумарна гальмівна сила на колесах  $i$ -ї осі.

### 3.3 Рух у повороті та на віражі

На рисунку 3.3 показана схема сил, які діють уперек автомобіля, що рухається по траєкторії радіусом  $R$  на віражі з поперечним кутом  $\beta$  нахилу опорної поверхні.

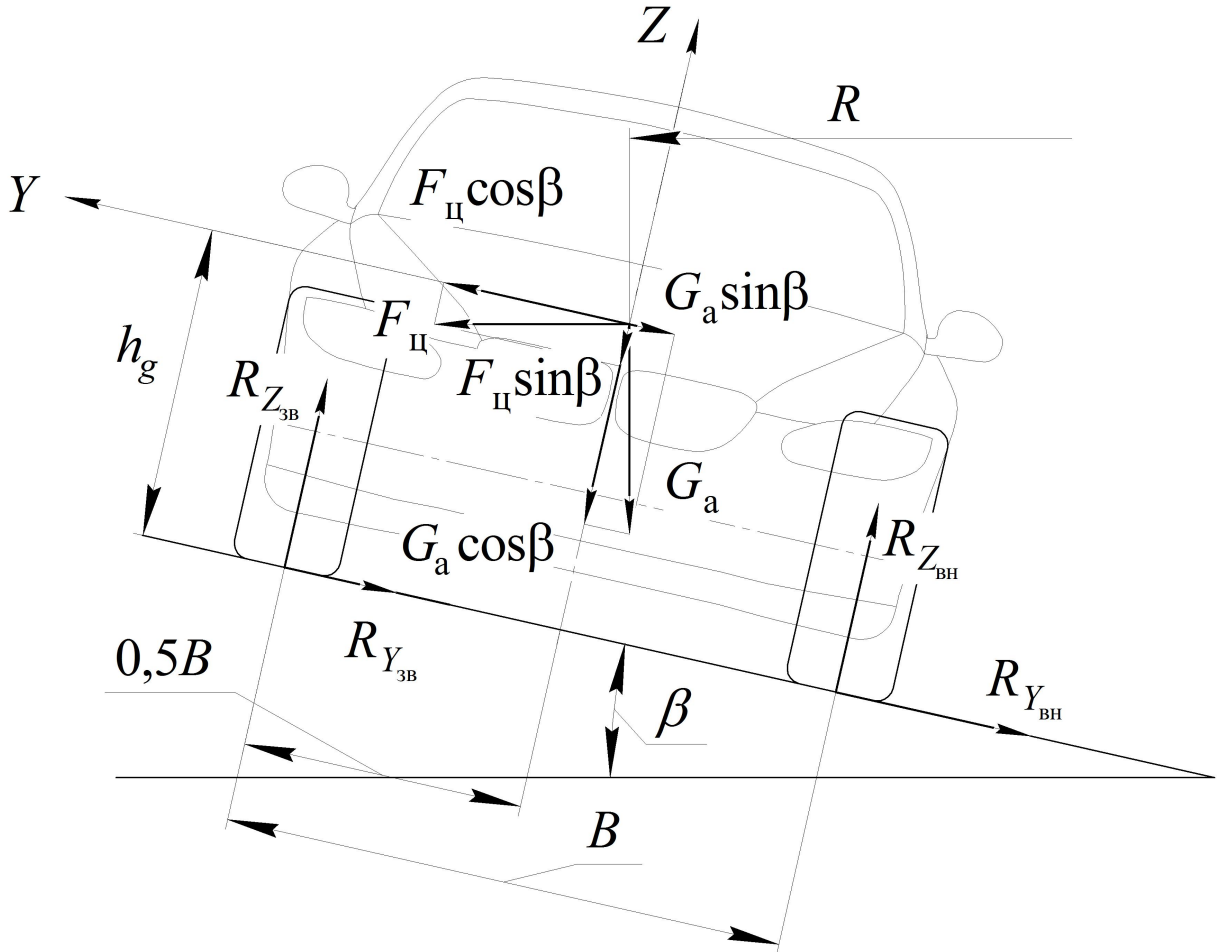


Рисунок 3.3 — Схема сил, що діють на автомобіль при руху на віражі

При русі автомобіля по траєкторії з радіусом  $R$  на віражі рівняння рівноваги мають наступний вигляд:

а) рівняння рівноваги сил, які діють уздовж осі  $Y$ :

$$\sum F_Y = 0; \Leftrightarrow F_{\text{ц}} \cos \beta - G_a \sin \beta - R_{Y_{\text{зв}}} - R_{Y_{\text{вн}}}, \quad (3.10)$$

де  $F_{\text{ц}}$  — центротяжна сила інерції, Н;

$\beta$  — поперечний кут нахилу опорної поверхні;

$R_{Y_{\text{зв}}}$  і  $R_{Y_{\text{вн}}}$  — реакція опорної поверхні вздовж осі  $Y$  на колеса, відповідно, зовнішнього й внутрішнього борту, Н;

б) рівняння рівноваги сил, які діють уздовж нормальної осі  $Z$ :

$$\sum F_Z = 0; \Leftrightarrow R_{Z_{\text{зв}}} + R_{Z_{\text{вн}}} - F_{\text{ц}} \sin \beta - G_a \cos \beta; \quad (3.11)$$

в) рівняння рівноваги моментів сил відносно осі, що минає через контактні площадки коліс зовнішнього борту

$$\begin{aligned} \sum M_{O_{зв}} &= 0; \\ \Downarrow \\ R_{Z_{вн}} B - h_g (F_{ц} \cos \beta + G_a \sin \beta) - \frac{B}{2} (F_{ц} \sin \beta - G_a \cos \beta), \end{aligned} \quad (3.12)$$

де  $B$  — колія автомобіля, м.

У разі руху автомобіля по горизонтальній поверхні, або по поверхні з від'ємним кутом уклону наведені вище рівняння рівноваги теж мають бути скорегованими.

На рисунку 3.4 показана схема повороту автомобіля з жорсткими в бічному напрямі шинами.

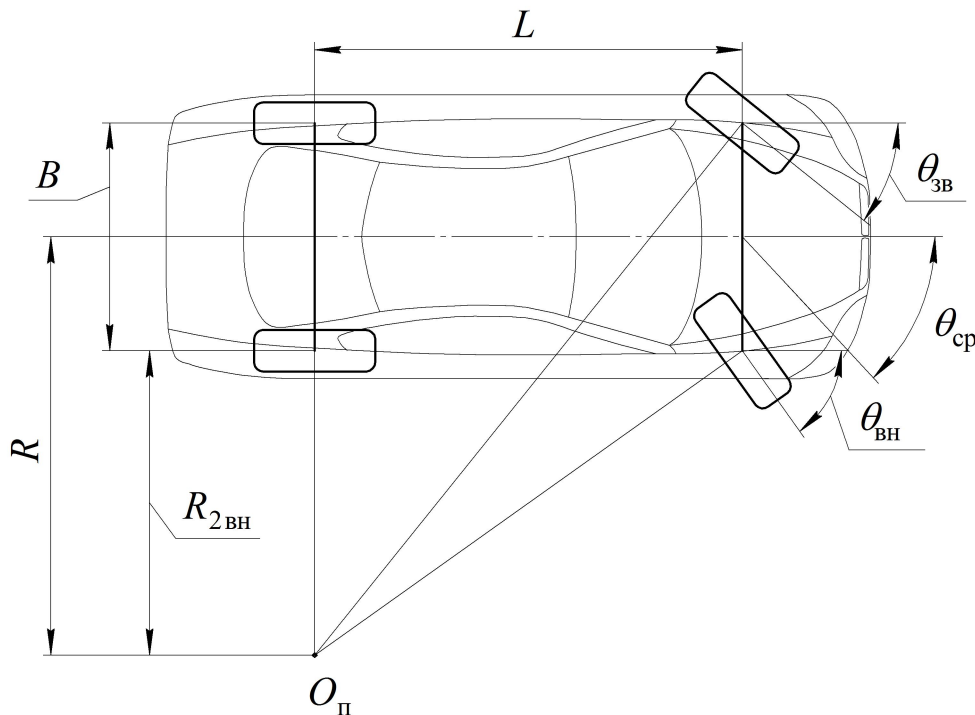


Рисунок 3.4 — Схема повороту автомобіля на жорстких шинах

Залежності кутів повороту керованих коліс від деяких геометричних параметрів повороту та транспортного засобу наступні:

$$\operatorname{tg} \theta_{\text{вн}} = \frac{L}{R_{2_{\text{вн}}}}; \quad \operatorname{tg} \theta_{\text{зв}} = \frac{L}{R_{2_{\text{вн}}} + B}; \quad \operatorname{tg} \theta_{\text{ср}} = \frac{L}{R_{2_{\text{вн}}} + \frac{B}{2}} = \frac{L}{R}, \quad (3.13)$$

де  $\theta_{\text{вн}}$ ,  $\theta_{\text{зв}}$ ,  $\theta_{\text{ср}}$  — кути повороту, відповідно, внутрішніх, зовнішніх коліс і середній кут повороту керованих коліс;

$R_{2_{\text{вн}}}$  — радіус повороту внутрішнього колеса задньої осі, м;

$R$  — середній радіус повороту (відстань від поздовжньої осі автомобіля до центра повороту), м.

На рисунку 3.5 показана схема повороту автомобіля з пружкими в бічному напрямі шинами.

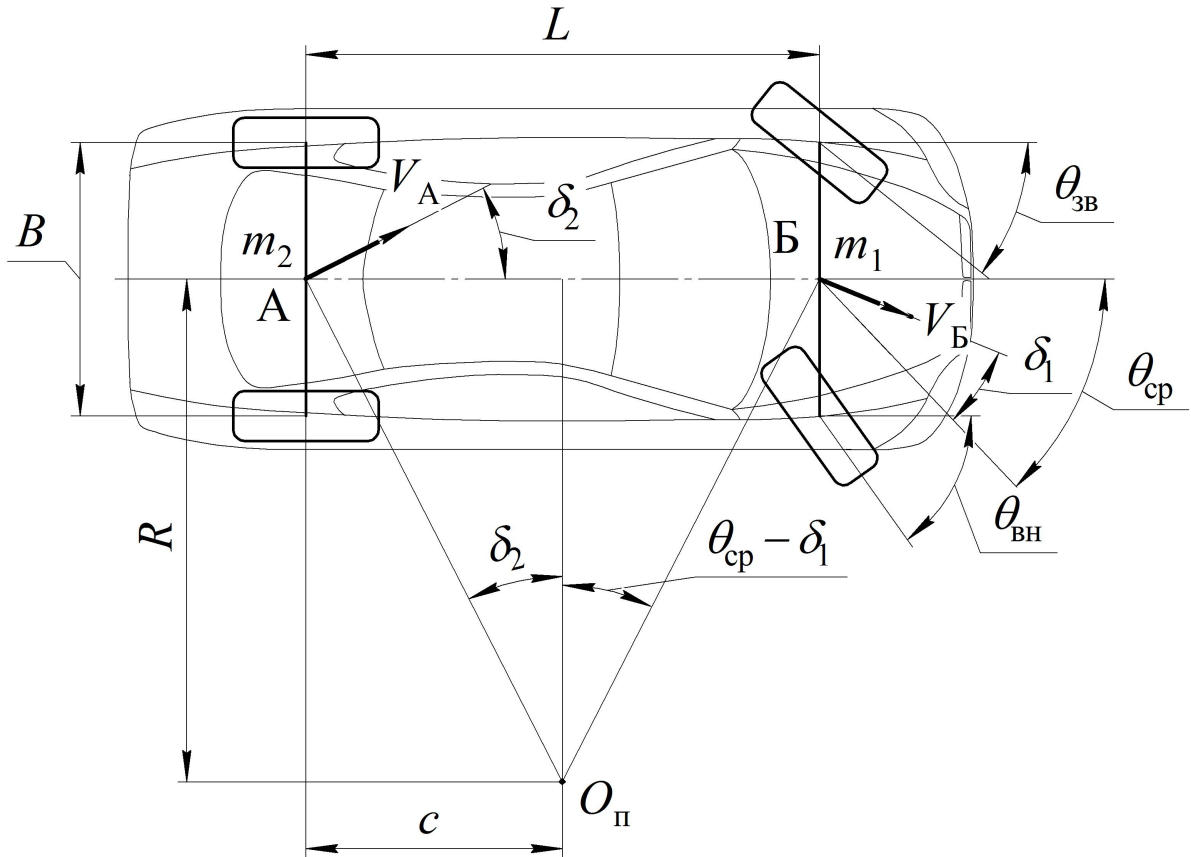


Рисунок 3.5 — Схема повороту автомобіля на пружних шинах

Залежності координат миттєвого центра повороту  $c$  і  $R$  від кутів повороту керованих коліс  $\theta_{\text{вн}}$  і  $\theta_{\text{зв}}$  і кутів  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  бічного відведення, відповідно, передньої та задньої осей автомобіля наступні:

$$c \approx \frac{L\delta_2}{\theta_{\text{cp}} - \delta_1 + \delta_2}; \quad R \approx \frac{L}{\theta_{\text{cp}} - \delta_1 + \delta_2}; \quad \theta_{\text{cp}} \approx \frac{\theta_{\text{вн}} + \theta_{\text{зв}}}{2}, \quad (3.14)$$

де  $\theta_{\text{cp}}$ ,  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  — кути не великі за значенням і отримані у радіанах.

Залежності бічних сил  $P_{\text{пр1}}$ ,  $P_{\text{пр2}}$  пружності шин від кутів  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  бічного відведення та коефіцієнтів  $K_{\delta_1}$ ,  $K_{\delta_2}$  опору бічному відведенню наступні:

$$P_{\text{пр1}} = \delta_1 K_{\delta_1}; \quad P_{\text{пр2}} = \delta_2 K_{\delta_2}. \quad (3.15)$$

У таблиці 3.1 наведений перелік рівнянь рівноваги та номери загальних схем, використання яких доцільно при вирішенні того чи іншого завдання.

Таблиця 3.1 – Перелік рівнянь рівноваги та номери загальних схем

Номери завдань	Рівняння рівноваги	Номери схем	Номери завдань	Рівняння рівноваги	Номери 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
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

## Продовження таблиці 3.1

Номери завдань	Рівняння рівноваги	Номери схем	Номери завдань	Рівняння рівноваги	Номери схем
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	$\sum M_{O_{3B}} = 0,$ $\sum F_Y = 0,$ $\sum F_Z = 0$	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

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення: ДСТУ 3651.0-97. — [Чинний від 1999-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 1998. — 9 с. — (Національні стандарти України).
2. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назви та позначення: ДСТУ 3651.1-97. — [Чинний від 1999-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 1998. — 76 с. — (Національні стандарти України).
3. Литвинов А. С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
4. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория / А. И. Гришкевич. — Минск: Высшая школа, 1986. — 208 с.
5. Вахламов В. К. Автомобили: Эксплуатационные свойства : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. К. Вахламов. — [2-е изд.]. — М.: Академия, 2006. — 240 с.
6. Иларионов В. А. Эксплуатационные свойства автомобиля / В. А. Иларионов. — М.: Машиностроение, 1966. — 280 с.
7. Цокур В. Г. 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.
8. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посібник / В. П. Сахно, Г. Б. Безбородова, М. М. Маяк, С. М. Шарай. — К.: КВІЦ, 2004. — 174 с.
9. Heisler Heinz. Advanced Vehicle Technology / Heinz Heisler. — [Second Edition]. — Elsevier, 2002. — 654 p.
10. Dynamical Analysis of Vehicle Systems / edited by Werner Schiehlen. — New York: Springer Wien, 2007. — 304 p.
11. Подригало М. А. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. А. Карпенко и др. ; под ред. М. А. Подригало. — Харьков: ХНАДУ, 2003. — 614 с.
12. Подригало М. А. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Кирчатый и др. ; под ред. М. А. Подригало. — Харьков: ХНАДУ, 2003. — 403 с.
13. Ященко Д. М. Автомобілі. Всеколісне керування / Д. М. Ященко, В. П. Сахно, О. В. Григоращенко, А. В. Вакуліч, О. М. Тімков. — К.: НТУ, 2013. — 180 с.

ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

**Цокур** Володимир Григорович  
**Хімченко** Аркадій Васильович

**ЗАДАЧІ  
З ГАЛЬМІВНОЇ ДИНАМІКИ, КЕРОВАНОСТІ  
ТА СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ Й  
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЇХ ВИРШЕННЯ  
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ ПІДГОТОВКИ  
6.070106 «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ»)**

Підписано до випуску 18.11.2014 р. Гарнітура Computer Modern.  
Умов. друк. арк. 2,88. Зам. №181

---

Державний вищий навчальний заклад  
«Донецький національний технічний університет»  
Автомобільно-дорожній інститут  
84646, м. Горлівка, вул. Кірова, 51  
E-mail: redizo@adidonntu.org.ua

Редакційно-видавничий відділ

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК №2982 від 21.09.2007 р.