

**Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А.,
Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В.**

ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ



**Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А.,
Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В.**

ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ

Под редакцией докт. техн. наук,
профессора Подригало М.А.

Харьков – 2008

УДК 629.017
ББК 39.33 – 01

Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А.,
Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В. Динамика автомобиля. –
Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 426 с.

Выполнен анализ некоторых эксплуатационных свойств автомобилей.

Издание рассчитано на конструкторов автомобильных заводов, научных сотрудников, аспирантов, магистров и студентов технических университетов.

Ил. 117. Табл. 11. Библиогр. назв. 321.

Виконано аналіз деяких експлуатаційних властивостей автомобілів.

Видання розраховано на конструкторів автомобільних заводів, наукових співробітників, аспірантів, магістрів та студентів технічних університетів.

Ил. 117. Табл. 11. Бібліогр. назв. 321.

Рецензенты: **Александров Е.Е.**, д-р техн. наук, профессор,
Национальный технический университет (ХПИ).

Лебедев А.Т., д-р техн. наук, профессор,
Харьковский национальный технический
университет сельского хозяйства.

ISBN

© Подригало М. А., Волков В. П.,
Бобошко А. А., Павленко В. А.,
Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	8
РАЗДЕЛ 1. МАНЕВРЕННОСТЬ КАК СОВОКУПНОСТЬ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ	10
1.1. Анализ свойств маневренности колесных машин и критерии их оценки	10
1.2. Известные и перспективные способы выполнения маневра колесными машинами	20
1.3. Проблемы обеспечения маневренности колесных машин и поездов на их базе	30
1.4. Управляемость и устойчивость автомобиля.	34
1.4.1. Анализ известных положений	34
1.4.2. Определение понятия управляемости автомобиля	37
1.4.3. Определение понятия устойчивости автомобиля	40
РАЗДЕЛ 2. КАЧЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА И УПРАВЛЕНИЕ ЕГО ДИНАМИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ	43
2.1. Качение автомобильного колеса и определение понятия тяговой силы	43
2.1.1. Анализ известных положений	43
2.1.2. Определение точки приложения тяговой силы	46
2.2. Оценка влияния угловой скорости деформируемого колеса на показатели его радикальной жесткости	50
2.3. Вынужденные колебания вращающегося автомобильного колеса	54
2.4. Методика расчета коэффициентов радиальной жесткости и демфирование катящегося автомобильного колеса по результатам испытаний на стенде	62
2.5. Определение вертикальной динамической реакции вращающегося автомобильного колеса	68
2.6. Рациональное управление процессом качения автомобильного колеса	73

2.6.1. Движение одиночного колеса в тормозном режиме	74
2.6.2. Движение одиночного колеса в тяговом режиме	79
2.7. Соотношение угловых скоростей колес полноприводного автомобиля при жесткой кинематической связи между ними	85

РАЗДЕЛ 3. ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ 90

3.1. Динамические свойства как характеристика управляемости процесса движения автомобилей	90
3.2. Мощность и КПД при разгоне автомобиля	91
3.2.1. Определение мощности двигателя, необходимой для разгона автомобиля	92
3.2.2. Определение мгновенного КПД автомобиля при разгоне	98
3.2.3. Определение циклового КПД автомобиля при разгоне	102
3.3. Квалиметрическая оценка динамики разгона автомобиля	104
3.3.1. Определение разгонных характеристик автомобильного двигателя	104
3.3.2. Частные критерии для оценки динамических свойств автомобилей	115
3.4. Коэффициент динамичности автомобиля	119
3.4.1. Определения коэффициента динамичности	119
3.4.2. Оценка динамических свойств различных моделей легковых автомобилей по коэффициенту динамичности	124
3.5. Мощность и КПД при равномерном движении автомобиля	127
3.6. Мощность и КПД при разгоне автомобиля на уклоне	139

РАЗДЕЛ 4. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРОТИВ ЗАНОСА 142

4.1. Определение устойчивости автомобиля при движении накатом	142
4.1.1. Определение боковых и вертикальных реакций дороги на	

колесах передней и задней осей автомобиля	142
4.1.2. Определение изменения коэффициента устойчивости автомобиля в зависимости от скорости его движения	144
4.1.3. Определение изменения коэффициента устойчивости на предельной скорости движения автомобиля	145
4.2. Оценка распределения крутящих моментов между осями полноприводных автомобилей	146
4.2.1. Фазы изменения тяговых сил	147
4.2.2. Кинематическая связь между передними и задними ведущими колесами	148
4.2.3. Идеальное распределение касательных реакций между передними и задними ведущими колесами	149
4.2.4. Идеальное распределение крутящих моментов между передними и задними ведущими колесами	153
4.2.5. Коэффициент использования сцепного веса автомобиля при постоянном распределении крутящих моментов между осями	160
4.3. Идеальный и действительный коэффициенты распределения крутящих моментов между осями полноприводных автомобилей	168
4.4. Оценка устойчивости автомобиля при движении в тяговом режиме	182
4.4.1. Оценка устойчивости автомобиля при реализации номинальной мощности двигателя	182
4.4.2. Оценка устойчивости автомобиля при снижении мощности двигателя в процессе эксплуатации	194
4.5. Влияние аэродинамических характеристик на устойчивость автомобиля против заноса	195
4.6. Динамическая стабилизация курсового угла автомобиля при заносе путем поворота управляемых колес	202

РАЗДЕЛ 5. УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ ПРОТИВ ЗАНОСА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ 221

5.1. Устойчивость автомобиля при бортовой неравномерности коэффициентов сцепления колес с дорогой	221
---------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

5.1.1. Динамика ведущего моста автомобиля	222
5.1.2. Заднеприводный автомобиль	227
5.1.3. Переднеприводный автомобиль	232
5.1.4. Полноприводный автомобиль	235
5.2. Устойчивость автомобиля при асимметричном расположении центра масс	239
5.2.1. Заднеприводный автомобиль	242
5.2.2. Переднеприводный автомобиль	245
5.2.3. Полноприводный автомобиль	248
5.3. Устойчивость автомобиля при разности динамических радиусов ведущих колес различных бортов	251
5.3.1. Определение разности угловых скоростей ведущих колес автомобиля	254
5.3.2. Определение поворачивающего момента при отсутствии трения в дифференциале	259
5.3.3. Определение поворачивающего момента при дифференциале повышенного трения	262
5.3.4. Оценка устойчивости движения автомобиля	268
5.4. Влияние угловых и линейных смещений ведущих мостов на устойчивость автомобиля против заноса	271
5.4.1. Оценка допустимых боковых линейных смещений ведущих мостов	271
5.4.2. Оценка допустимых угловых смещений ведущих мостов	289

РАЗДЕЛ 6. УПРАВЛЯЕМОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ С ПЕРЕДНИМИ УПРАВЛЯЕМЫМИ КОЛЕСАМИ

6.1. Определение взаимосвязи между компонентами реакций дороги на колеса двухосного автомобиля	294
6.1.1. Без учета перераспределения вертикальных реакций между бортами автомобиля	294
6.1.2. С учетом перераспределения вертикальных реакций между бортами автомобиля	300
6.1.3. Определение касательных реакций на ведущих колесах заднеприводных и переднеприводных автомобилей	305

6.1.4. Определение условий потери автомобилем устойчивости и управляемости	306
6.2. Определение реакций дороги на колесах передней и задней осей автомобиля с учетом бокового увода шин	316
6.3. Режимы управления автомобилем при движении на повороте	322
6.4. Управляемость автомобиля при движении на повороте с отключенным двигателем	329
6.5. Оценка способности колесной машины ко входу в поворот	334
6.6. Сравнительный анализ управляемости двух- и трехосных грузовых автомобилей	342
6.7. Управляемость двух- и трехосных грузовых автомобилей при реализации предельных сил по сцеплению	354
6.8. Оценка дополнительных затрат мощности двигателя на поворот двух- и трехосных автомобилей с учетом бокового увода шин	359
6.9. Управляемость автомобиля с учетом бокового увода шин	363
6.9.1. Угловое ускорение автомобиля	363
6.9.2. Определение коэффициента управляемости автомобиля	365
6.9.3. Моделирование изменения угловой скорости и углового ускорения автомобиля на повороте	370
6.10. Экспериментальные исследования управляемости двух- и трехосных грузовых автомобилей	374
6.10.1. Программа – методика испытаний	374
6.10.2. Тарировка элементов измерительного комплекса	382
6.10.3. Оценка погрешностей экспериментальных исследований	383
6.10.4. Обработка результатов экспериментальных исследований	387
ЛИТЕРАТУРА	395

ВВЕДЕНИЕ

Технический уровень автомобилей определяется их динамическими свойствами. Высокий уровень динамических свойств автомобилей особенно важно обеспечивать в условиях напряженного городского потока.

В настоящей монографии проведен анализ свойств маневренности, динамики разгона и курсовой устойчивости автомобилей. Выполнена оценка устойчивости автомобиля против заноса при различных возмущающих факторах. Рассмотрена управляемость двух – и трехосных автомобилей при повороте.

В настоящей работе сделана попытка дать четкое определение понятий управляемости и устойчивости автомобиля с позиций теории автоматического управления. Даны структуры свойств управляемости и устойчивости автомобилей при маневрировании, а также предложены критерии оценки указанных свойств.

Качение автоматического колеса является наиболее важным процессом, рассматриваемым в теории автомобиля и являющимся ключевым при исследовании эксплуатационных свойств автомобилей. Понятие тяговой силы формируется в процессе рассмотрения параметров качения колеса и определяется в литературе как суммарная касательная реакция на ведущих колесах автомобиля. Вместе с тем, это противоречит положениям классической механики, поскольку реакция не может выполнять работу по перемещению автомобиля. В разделе 2 настоящей книги проанализированы существующие точки зрения на природу тяговой силы и дан вариант ее определения, не противоречащий положениям теоретической механики.

Предложенные коэффициенты динамичности, устойчивости и управляемости автомобилей позволили провести анализ динамических свойств и осуществлять их квалимитрическую оценку (количественную оценку качества).

Подригало М.А. написаны подразделы 1.4 и 2.1; Волковым В.П. – подраздел 6.10; Бобошко А.А. – подразделы 1.1, 1.2, 1.3, 4.6, раздел 6; Павленко В.А. – подраздел 6.10; Файстом В.Л. – раздел 3, подразделы 2.6, 2.7; Клецом Д.М. – раздел 4, кроме подраздела 4.6 и раздел 5. Редько В.В. – подразделы 2.2 – 2.5.

Авторы выражают благодарность канд. техн. наук Абрамову Д.В; инженеру Полунину В. Г., магистру Павленко В.Н. за помощь в проведении экспериментальных исследований.

Научное издание

Подригало Михаил Абович
Волков Владимир Петрович
Бобошко Александр Андреевич
Павленко Виктор Алексеевич
Файст Валерий Львович
Клец Дмитрий Михайлович
Редько Виктор Васильевич

Динамика автомобиля

Ответственный за выпуск Савченков Б.В.

Авторская редакция

Компьютерная верстка Клец Д.М.

Издательство ХНАДУ, 61200, г. Харьков-ГСП, ул. Петровского, 25

*Свидетельство государственного комитета информационной политики,
телевидения и радиовещания Украины о внесении субъекта издательского
дела в государственный реестр издателей, изготовителей и
распространителей издательской продукции,
серия ДК № 897 от 17.04.2002 г.*

Отпечатано в АОЗТ «Саммит – Харьков»

Св-во серия ДК №133 от 01.08.2000 г.

Подписано к печати 10.02.08. Формат 60×84/16. Бумага офсетная
Гарнитура Times New Roman Cug. Отпечатано на ризографе.

Усл.-печ. 00. Уч.-изд. л.00.