

Министерство образования Нижегородской области

**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ**

Методическое пособие по выполнению
курсовой работы

Составители :

В. В. Гоева, Р. Р. Жамалов, С. С. Казаков, Е.В. Королев

**Княгинино
НГИЭУ
2016**

УДК 621
ББК 39
Т33

Рецензенты:
д.т.н., Ю. И. Матвеев
к.т.н., доцент В. А. Коченов

Т 33 **Теоретический расчет динамических показателей автомобилей:** методическое пособие по выполнению курсовой работе / Составители : Гоева В. В., Жамалов Р. Р., Казаков С. С., Королев Е. В. – Княгинино : Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 2016. – 64 с.

Методическое пособие предназначено для выполнения расчёта и построения графиков, характеризующих тяговую динамику автомобиля, студентам очного и заочного обучения инженерного института по направлениям подготовки 43.03.01 «Сервис» и 35.03.06 «Агроинженерия».

В ней изложена методика расчёта и построения графиков по данным технической характеристики автомобилей. Приведены необходимые справочные материалы.

УДК 621
ББК 39

© Нижегородский государственный
инженерно-экономический университет, 2016

Содержание

Введение	6
1. Требования к выполнению и оформлению курсовой работы	8
2. Силы, действующие на автомобиль в общем случае его движения	9
3. Построение внешней скоростной характеристики двигателя	9
4. Построение тяговой характеристики автомобиля	11
5. Построение динамической характеристики автомобиля	13
6. Определение времени и пути разгона автомобиля	20
Приложение 1	24
Приложение 2	32
Приложение 3	33
Приложение 4	
Основные принятые обозначения	

Введение

Одним из важнейших разделов теории автомобилей является расчёт и построение графиков, характеризующих тяговую динамику автомобилей.

Студентам инженерного института очного обучения на практике приходится иметь дело с расчетом и построением необходимых графиков для реально существующих моделей автомобилей, пользуясь данными их характеристик.

Настоящая методическая разработка поможет студентам в выполнении этой работы.

В ней последовательно описывается методика расчета необходимых параметров и построения соответствующих графиков, характеризующих динамику автомобиля. Приводятся необходимые справочные материалы, в которых имеются основные данные, необходимые для выполнения расчёта.

В приложении указаны технические данные автомобилей, выпускавшихся в СССР и выпускающих на территории Российской Федерации в настоящее время.

Это дает возможность ознакомление студентов с ретроспективой развития отечественного автомобилестроения.

1. Требования к выполнению и оформлению курсовой работы

Тема курсовой работы «Теоретический расчет динамических показателей автомобиля» Курсовая работа состоит пояснительной записки и графиков. Пояснительная записка начинается с титульного листа (прил. 1), за которым следует задание на курсовую работу. Каждый студент выполняет свой вариант, номера которых определяются по двум последним цифрам зачетной книжки (приложение 2).

Текст оформляется в печатном виде на листах формата А4. Поля: слева 30 мм, справа, сверху и снизу 10 мм. Шрифт «Times New Roman» 14, интервал 1,5, отступ 15 мм. Графики рекомендуется строить в соответствии с ГОСТ на миллиметровой бумаге формата не менее А4 карандашом или используя специальные графические программные обеспечения.

2. Силы, действующие на автомобиль в общем случае его движения

Рассмотрим силы, действующие при движении одиночного автомобиля с разгоном на подъёме, характеризуемым углом α (рис.1).

Движущийся автомобиль преодолевает следующие силы сопротивления его движению:

P_f – силу сопротивления качению передних P_{f1} и задних P_{f2} колёс, Н;

P_w – силу сопротивления воздушной среды или аэродинамическое сопротивление, Н;

P_i – силу сопротивления подъёму, Н;

P_j – силу инерции, Н.

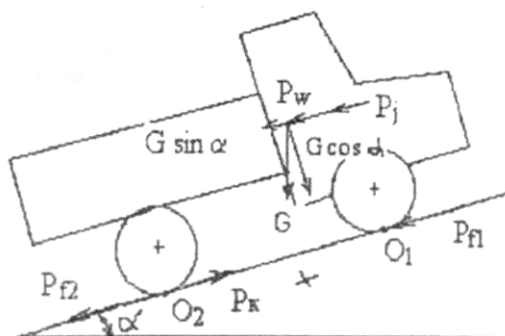


Рисунок 1 – Силы, действующие на автомобиль в общем случае его движения

Все эти силы сопротивления движению автомобиля преодолеваются за счёт тяговой силы P_k (Н), возникающей между ведущими колёсами автомобиля и дорогой в результате действия ведущего момента M_k (Н·м).

$$P_k = P_f + P_w + P_h + P_j, \text{ (Н)} \quad (1)$$

Если учесть возможные случаи движения на спуске, а также с замедлением, то:

$$P_k = P_f + P_w \pm P_h \pm P_j, \text{ (Н)} \quad (2)$$

Это равенство называют уравнением тягового баланса автомобиля.

Тяговое усилие на ведущих колёсах определяется отношением ведущего момента M_k (Н·м) к радиусу r_k (м) качения ведущих колёс:

$$P_k = \frac{M_k}{r_k}, \text{ (Н)} \quad (3)$$

Ведущий момент, как известно, зависит от момента двигателя M_e (Н·м), передаточного числа трансмиссии i_{TP} и коэффициента полезного действия трансмиссии η_{TP} , учитывающего потери в трансмиссии на трение, в зацеплении зубчатых колёс, на взбалтывание масла и т. д.

$$M_k = M_e \cdot i_{TP} \cdot \eta_{TP}, \text{ (Н·м)} \quad (4)$$

$$P_k = \frac{M_e \cdot i_{TP} \cdot \eta_{TP}}{r_k}, \text{ (Н)} \quad (5)$$

Следовательно, зная значение момента на валу двигателя при различных частотах вращения коленчатого вала, можно определить тяговое усилие на ведущих колёсах при данной частоте вращения на соответствующей передаче, включённой в коробке передач и в раздаточной коробке.

Момент на валу двигателя нетрудно определить, если известна мощность двигателя N_e (кВт) и соответствующая ей частота вращения коленчатого вала n_e (мин⁻¹):

$$M_e = 9550 \frac{N_e}{n_e}, \text{ (Н·м)} \quad (6)$$

Следовательно, для определения момента необходимо знать мощность двигателя и соответствующую частоту вращения коленчатого вала, т. е. внешнюю характеристику двигателя.

3. Построение внешней скоростной характеристики двигателя

Данные внешней характеристики двигателя могут быть получены путём испытания двигателя на тормозном стенде. Если результаты испытаний отсутствуют, то данные внешней характеристики можно, с достаточной для теоретического расчёта точностью, получить по эмпирической формуле, предложенной С. Р. Лейдерманом:

$$N_e = N_n \left[c_1 \frac{n_e}{n_n} + c_2 \left(\frac{n_e}{n_n} \right)^2 - \left(\frac{n_e}{n_n} \right)^3 \right], \text{ (кВт)} \quad (7)$$

где N_e – текущее значение мощности, кВт;

N_n – номинальная мощность, кВт;

n_e – текущее значение частоты вращения коленчатого вала, мин⁻¹;

n_n – частоты вращения коленчатого вала при номинальной мощности, мин⁻¹;

c_1 и c_2 – постоянные коэффициенты, зависящие от типа двигателя (табл.1).

Таблица 1 – Значение постоянных коэффициентов c_1 и c_2

Тип двигателя	c_1	c_2
Карбюраторный	1	1
Дизель с непосредственным впрыском	0,5	1,5
Дизель с предкамерой	0,6	1,4
Дизель с вихревой камерой	0,7	1,3

Задаваясь различными значениями частоты вращения коленчатого вала двигателя n_e и подставляя заданные значения N_n , n_n , c_1 , c_2 по формуле 7, определяется соответствующее текущее значение мощности N_e . Значения величин c_1 и c_2 при этом берутся из таблицы 1.

Минимальное значение частоты вращения можно взять около 800 мин⁻¹, а максимальное на 10...15 % больше частоты вращения соответствующей номинальной мощности, т.е.

$$n_{\text{max}} = (1,1 \dots 1,15)n_n, \text{ (мин}^{-1}\text{)} \quad (8)$$

При той же частоте вращения определяется крутящий момент двигателя по формуле 6.

Результаты расчетов сводится в таблицу 2. По полученным данным строится график мощности и момента в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя (рис. 2).

Таблица 2 – Зависимость мощности и крутящего момента от частоты вращения двигателя

1	2	3	4	5	6	7
n_e						
N_e						
M_e						

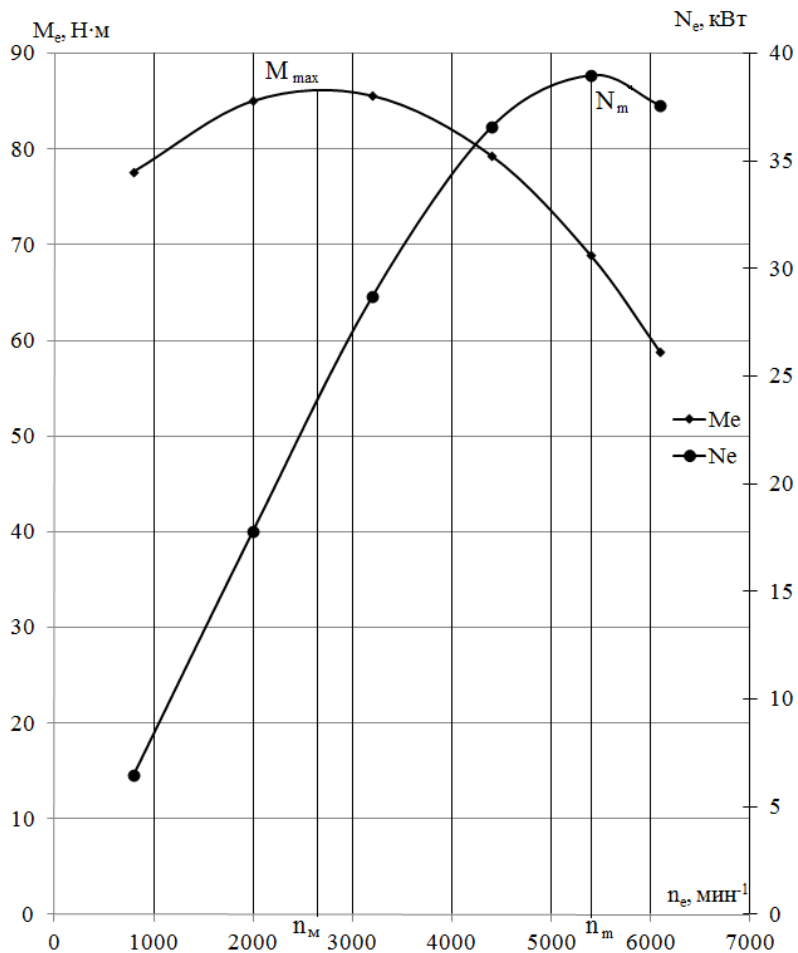


Рисунок 2 – График мощности и момента в зависимости от частоты вращения коленчатого вала

4. Построение тяговой характеристики автомобиля

Из технической характеристики автомобиля (см. приложение) подбирают следующие данные.

1. Передаточные числа трансмиссии.
2. Размер колёс.
3. Масса автомобиля.

По формуле 5, используя данные полученные при расчете внешней скоростной характеристики двигателя, определяются тяговые усилия на ведущих колёсах при соответствующей частоте вращения коленчатого вала двигателя по передачам. Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов для построения тяговой характеристики автомобиля

1	2	3	4	5	6	7
P_{k1}						
P_{k2}						
P_{k3}						
P_{k4}						
P_{k5}						
V_1						
V_2						
V_3						
V_4						
V_5						
P_{w1}						
P_{w2}						
P_{w3}						
P_{w4}						
P_{w5}						
P_f						
$P_f + P_w$						
P_f						
P_{h1}						
P_{h2}						
P_{h3}						
$P_{\varphi 1}$						
$P_{\varphi 2}$						
$P_{\varphi 3}$						

Передаточное число трансмиссии, входящее в уравнение 5, учитывает передаточные числа всех механизмов от двигателя до ведущих колёс, у которых передаточное число не равно единице. В простейшем случае:

$$i_{TP} = i_{к.п} \cdot i_0 \quad (9)$$

где $i_{к.п.}$ – передаточное число включённой передачи в коробке передач;

i_0 – передаточное число главной передачи.

У автомобиля, имеющего раздаточную коробку

$$i_{TP} = i_{кор} \cdot i_0 \cdot i_{р.к}; \quad (10)$$

где $i_{р.к}$ – передаточное число включённой передачи раздаточной коробки.

Общий коэффициент полезного действия трансмиссии определяется произведением коэффициентов полезного действия отдельных ее узлов.

Приближённо средние значения КПД трансмиссии могут быть приняты следующие.

Грузовой автомобиль с двойной главной передачей – 0,85.

Грузовой автомобиль с одинарной главной передачей – 0,89.

Легковой автомобиль – 0,94...0,97.

Для подсчёта тягового усилия по формуле 5 необходимо брать радиус колёс r_k с учётом деформации пневматической шины в зависимости от давления воздуха в ней.

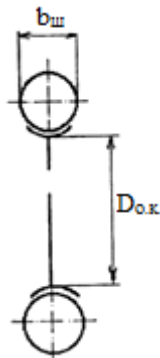


Рисунок 3 –
Параметры
шины

$$r_k = \kappa_{ш} \cdot r_0, \quad (11)$$

где $\kappa_{ш}$ – коэффициент деформации пневматической шины;

r_0 – конструктивный радиус колеса, м.

С достаточной для теоретического расчёта точностью коэффициент деформации пневматической шины принимают $\kappa_{ш} = 0,94...0,95$.

Конструктивный радиус колеса определяется исходя из его размера по следующей методике. Для автомобильных шин их размер, как это видно из рисунка 3 обычно задается в виде следующего выражения:

$$b_{ш} - D_{о.к.},$$

где $b_{ш}$ – ширина профиля шины в дюймах или в миллиметрах;

$D_{o.к}$ – диаметр обода в дюймах или в миллиметрах.

Конструктивный радиус колеса для диагональных шин обычно рассчитывают по следующему выражению:

$$r_0 = 0,5D_{o.к} + b_{ш} \quad (12)$$

Конструктивный радиус колеса для радиальных шин рассчитывают по формуле:

$$r_0 = 0,5D_{o.к} + \frac{\kappa_{вш}}{100} b_{ш}, \quad (13)$$

где $\kappa_{вш}$ – коэффициент отношений высоты к ширины профиля шины.

Так как тяговая характеристика – это график, показывающий изменение касательной силы тяги на передачах в функции скорости автомобиля, необходимо перейти от частоты вращения коленчатого вала к скорости движения автомобиля.

Выраженная через частоту вращения коленчатого вала двигателя формула скорости будет иметь вид:

$$v = \frac{2\pi r_k n_k}{60} = 0,105 \frac{r_k n_e}{i_{TP}}, \frac{м}{с}, \quad (14)$$

Полученные по формуле (5) значения касательной силы тяги для различных передач в зависимости от величины момента на данной частоте вращения вала двигателя, после подсчёта соответствующих значений скоростей, дают возможность построить график тягового усилия на различных передачах в функции скорости (рис. 4)

Соппротивление дороги в случае движения по ровному горизонтальному участку выражается зависимостью:

$$P_f = f_k G_a = f_k g m_0, \text{ (Н)} \quad (15)$$

где f_k – коэффициент сопротивления качению;

G_a – вес автомобиля, Н.

Здесь, как во всех дальнейших расчётах, сила тяжести в ньютонах определяется произведением массы автомобиля на ускорение свободного падения.

$$G_a = g m_0, \text{ (Н)} \quad (16)$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

m_0 – масса автомобиля, кг.

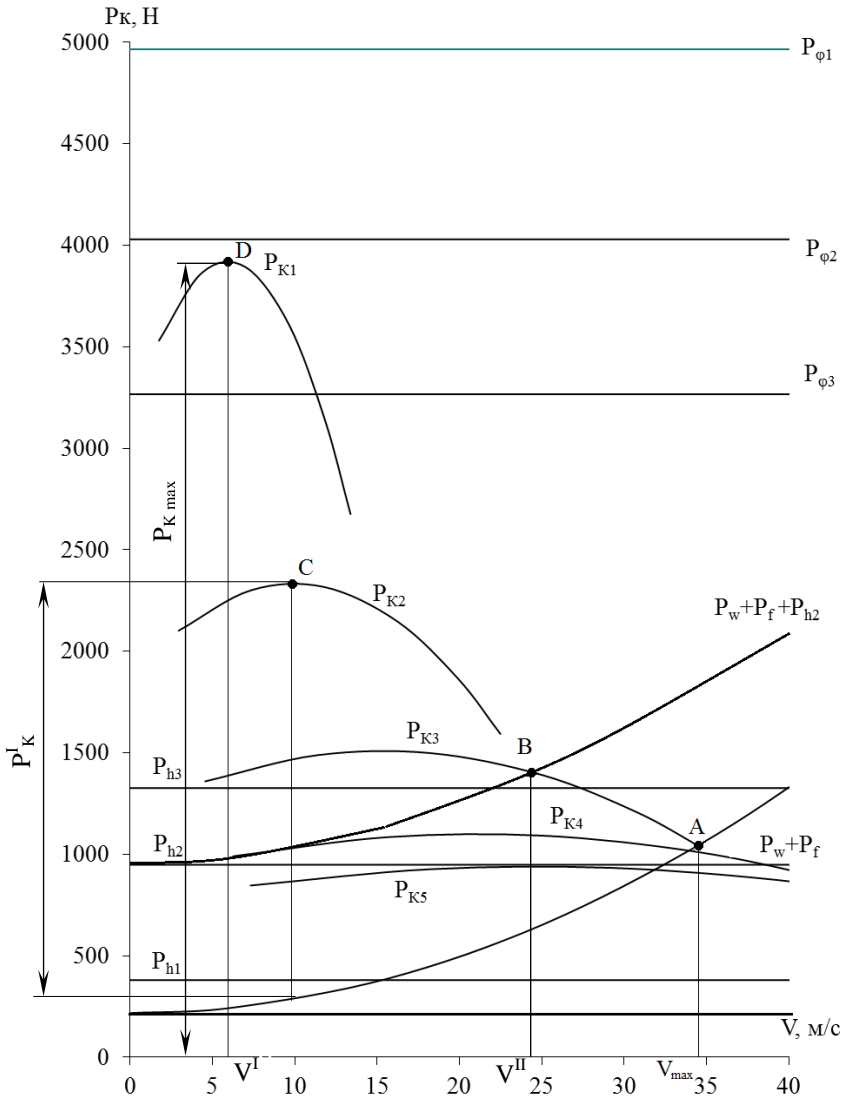


Рисунок 4 – Тяговая характеристика автомобиля

На полученные графики тяговой характеристики автомобиля следует наложить графики сопротивления движению и графики сил

сцепления колес автомобиля с дорогой, как это показано на рисунке. 4, значения, которых определяется следующим образом.

Коэффициент сопротивления качению выбирается в зависимости от типа дороги и давления в шинах (табл. 4).

Таблица 4 – Коэффициент сопротивления качению

Вид почвы или дороги	Коэффициент сопротивления качению
Асфальтированное шоссе	0,015...0,020
Гравийно-щебёночная дорога	0,020...0,030
Бульжная мостовая	0,025...0,035
Сухая грунтовая дорога	0,030...0,050
Грунтовая дорога после дождя	0,050...0,150
Песок	0,170...1,300
Снежная укатанная дорога	0,030...0,040

Принимая для упрощения, что сила сопротивления качению не зависит от скорости движения автомобиля, полученное её значение на графике тяговой характеристики можно изобразить в виде прямой, параллельной оси абсцисс. Расчеты введется для 3 видов дорог: асфальтированное шоссе, сухая грунтовая дорога и снежная укатанная дорога.

Сила сопротивления воздуха движению автомобиля определяется по следующей формуле:

$$P_w = kFv_a^2, \text{ (Н)} \quad (17)$$

где k – коэффициент обтекаемости, $\text{Н с}^2/\text{м}^2$;

F – лобовая площадь, или площадь Миделя (площадь наибольшего поперечного сечения автомобиля, м^2);

v_a – скорость движения автомобиля, м/с .

Значения коэффициентов обтекаемости для различных автомобилей даны в приложениях.

Величину лобовой площади автомобиля можно приближённо подсчитывать по следующим формулам:

для легкового автомобиля $F = 0,775HB, \text{м}^2$ для автомобилей до 1960 года выпуска и $F = 0,825HB, \text{м}^2$, для автомобилей после 1960 года выпуска

для грузового автомобиля $F = 0,85HB, \text{м}^2$,

для автобуса $F = 0,95HB, \text{м}^2$,

где: H – высота автомобиля, м ;

B – ширина автомобиля м .

Кривая изменения силы сопротивления воздуха в зависимости от скорости движения автомобиля строится от прямой, характеризующей силу сопротивления качению, таким образом, эта кривая показывает суммарную величину сил сопротивления качению и воздуха.

Величину силы сопротивления движению автомобиля на подъеме определяют по следующему уравнению:

$$P_h = G_a \cdot \sin \alpha = m_o \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (\text{H}) \quad (18)$$

где α – угол подъема.

Полученные значения сил сопротивления подъёму откладывают в масштабе силы P_k вверх от кривой, характеризующей сумму сил сопротивления движению качения и воздуха. Обычно силу сопротивления подъёму определяют для трех углов, например, $\alpha_1 = 2^\circ$, $\alpha_2 = 5^\circ$, $\alpha_3 = 7^\circ$. Вновь полученные кривые будут соответствовать сумме трёх сил сопротивления: качения, воздуха и преодоления подъема:

На полученных (рис 4) графиках можно отметить несколько характерных точек:

– поскольку в точке А сила сопротивления движению по горизонтальной дороге уравнивается с величиной тягового усилия на высшей передаче, то эта точка характеризует максимальную скорость, которую автомобиль может развить при движении по ровному горизонтальному участку в данных условиях на данной передаче,

– точка В характеризует величину скорости V'' , которую автомобиль может развить на дороге, характеризуемой уклоном α и коэффициентом сопротивления качению f .

– точки С и D характеризуют максимальное усилие, развиваемое автомобилем соответственно на первой и второй передачах.

Величина ординаты между кривой касательной силы тяги и кривой суммарного сопротивления - характеризует запас тягового усилия на данной передаче (например, ордината P_k^I между точками С и F). Если принять, что этот запас пойдет на преодоление подъёма, то можно определить максимальный угол подъёма, преодолеваемого автомобилем на данной передаче по данной дороге по следующему уравнению:

$$\sin \alpha = \frac{P_k - P_f - P_w}{m_o \cdot g} \quad (19)$$

$$\alpha = \arcsin \frac{P_k - P_f - P_w}{m_o \cdot g} \quad (20)$$

На графике тяговой характеристики можно также определить возможности движения автомобиля, в зависимости от условий сцепления его ведущих колёс с дорогой. Для этого необходимо на графики рисунка 4 наложить линии зависимости сил сцепления колес автомобиля от характера дорожного покрытия (прямые $P_{\varphi 1}, P_{\varphi 2}, P_{\varphi 3}$).

Сила сцепления колёс с дорогой равна:

$$P_{\varphi} = \varphi \cdot G_{сч}, \text{ (Н)} \quad (21)$$

где φ – коэффициент сцепления (табл. 5);

$G_{сч}$ – сцепной вес автомобиля, т. е. сила тяжести, приходящаяся на ведущие колёса.

Таблица 5 – Значение коэффициентов сцепления

Дорожное покрытие и его состояние	Коэффициенты сцепления
Асфальт сухой	0,60...0,75
Асфальт мокрый	0,36...0,50
Песчаная дорога сухая	0,65...0,75
Песчаная дорога мокрая	0,60...0,65
Щебёночное покрытие сухое	0,60...0,70
Щебёночное покрытие мокрое	0,40...0,50
Грунтовая дорога сухая	0,50...0,60
Грунтовая дорога мокрая	0,35...0,50
Булыжник и брусчатка сухие	0,40...0,50
Снежная укатанная дорога	0,30...0,35
Обледенелая дорога	0,20...0,30

$$G_{сч} = g \cdot m_1, \text{ (Н)} \quad (22)$$

где m_1 – масса автомобиля, приходящаяся на ведущие колёса, кг.

В учебных целях, для автомобилей с колесной формулой 4К2, m_1 рассчитывается по следующей формуле:

$$m_1 = \lambda_m \cdot m_0, \text{ (кг)} \quad (23)$$

где λ_m – коэффициент учитывающий долю массы приходящие на ведущую ось, $\lambda_m = 0,6$.

На рисунке 4 значение силы сцепления колес с дорогой отложены в масштабе тяговых усилий P_k для трех случаев движения:

$P_{\varphi 1}$ – снежная укатанная дорога;

$P_{\varphi 2}$ – грунтовая дорога сухая;

$P_{\varphi 3}$ – асфальт сухой.

Из графиков на рис. 4 наглядно видно, что если касательная сила тяги на колесах больше силы их сцепления с дорогой, то есть $P_K > P_\varphi$ то колеса будут буксовать, следовательно, из данных графиков можно сделать вывод о возможности движения автомобиля на всех передачах для различных дорог, а в нашем случае для дорог, характеризующихся коэффициентами сцепления колёс $P_{\varphi 1}, P_{\varphi 2}, P_{\varphi 3}$.

5. Построение динамической характеристики автомобиля

Динамической характеристикой автомобиля называют график зависимости значений динамического фактора на различных передачах от скорости движения автомобиля (рис. 5).

Динамический фактор (D) – это отношение избыточной силы тяги к силе тяжести автомобиля. Его величина определяется по следующей формуле:

$$D = \frac{P_K - P_w}{G_a} \quad (24)$$

где D – динамический фактор автомобиля.

G_a – сила тяжести автомобиля с полной нагрузкой, Н.

Подставляя в формулу значения P_K и P_w определяют динамический фактор на всех передачах, а затем строится график величины динамического фактора для груженого автомобиля в зависимости от скорости на всех передачах.

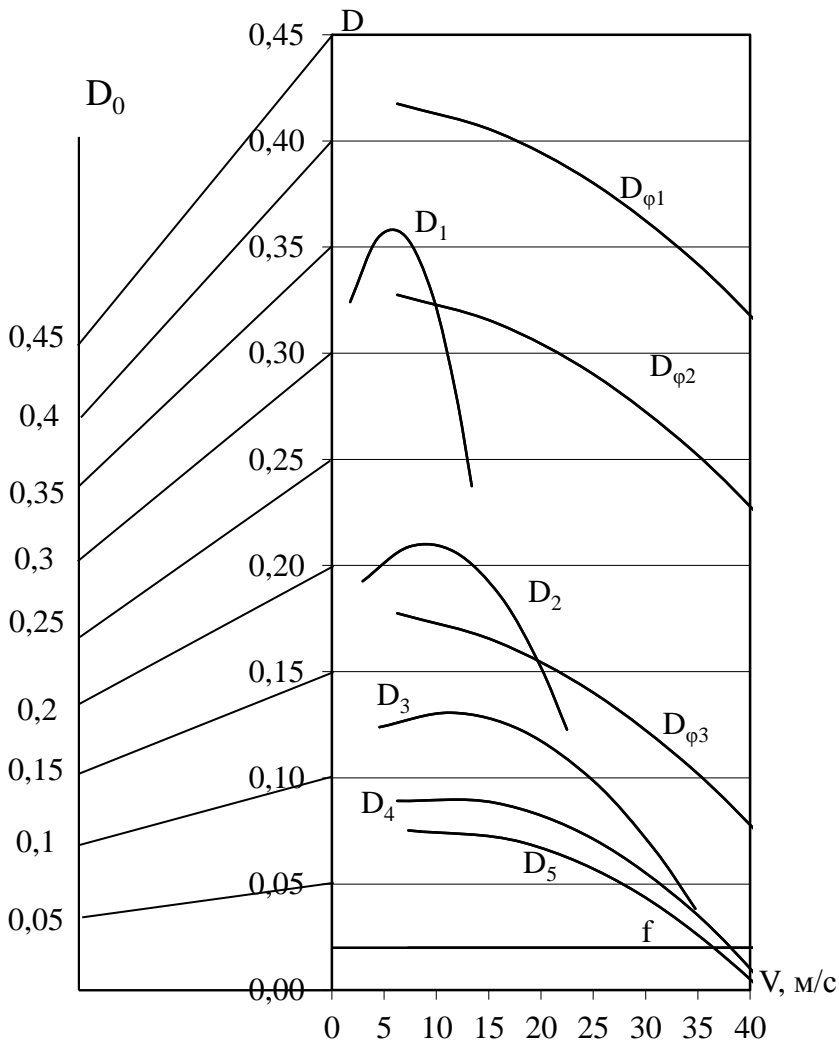


Рисунок 5 – Универсальная динамическая характеристика автомобиля

График динамической характеристики можно построить в виде номограммы, позволяющей иметь значения динамического фактора при любой степени загруженности автомобиля. Этот график носит название универсальной динамической характеристики автомобиля.

При построении универсальной динамической характеристики автомобиля (рис. 5) по основной шкале откладываются значения динамического фактора D для полностью груженого автомобиля в зависимости от скорости его движения на всех передачах. На дополнительной шкале откладываются значения динамического фактора D_0 для порожнего автомобиля. Отношение масштаба на основной и дополнительной шкалах будет определяться соотношением сил тяжести или масс груженого и порожнего автомобиля.

В дальнейшем соединяют одинаковые значения динамических факторов на обеих шкалах прямыми линиями, а расстояние между шкалами (отрезок 0_10 , размеры которого взяты произвольно), разбивают на равные отрезки, допустим, на 10 делений. В этом случае каждое деление будет соответствовать изменению загрузки автомобиля на 10%. В результате если построить ординату из любой полученной точки на отрезке 0_10 , то получим шкалу динамического фактора для автомобиля, загрузка которого будет соответствовать значению загрузки в данной точке. Например, если построить ординату на половине отрезка 0_10 (рис. 5), то получим шкалу динамического фактора D^I для автомобиля, загруженного наполовину.

По универсальной динамической характеристике, исходя из уравнения тягового баланса, можно определить возможный угол преодоления подъёма на всех передачах. Так в случае равномерного движения автомобиля на подъёме уравнения тягового баланса выразится:

$$P_k = P_f + P_w + P_h, \quad (\text{Н}) \quad (25)$$

Силу сопротивления воздуха перенесём в левую часть и отнесём все значения к силе тяжести:

$$\frac{P_\varphi - P_w}{G} = f_k \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \quad (26)$$

Величину $\cos \alpha$ при малых углах принимается равным 1. Тогда

$$\begin{aligned} D &= f_k + \sin \alpha; \\ \sin \alpha &= D - f_k \end{aligned} \quad (27)$$

Синус максимального угла подъёма, преодолеваемого автомобилем, можно определить и по графику. Для этого следует отложить по ординате в том же масштабе, что и величина динамического фактора, размер коэффициента сопротивления качению f_k и провести прямую, параллельную оси абсцисс. Расстояние от прямой до значений максимального динамического фактора даёт значение $D - f_k$ для данной передачи, т. е. синус угла подъёма. На графике для второй передачи это значение будет $D_{II} - f_k$; для первой $D_I - f_k$ и т. д.

Если необходимо решить ту же задачу для порожнего автомобиля, то значение f_k откладывается по шкале D_0 и проводится прямая, параллельная оси абсцисс. В этом случае значение синуса угла подъёма будет определяться выражением $D_0 - f_0$

По универсальной динамической характеристике можно определить максимальную скорость движения полностью гружённого и порожнего автомобиля на дороге, характеризуемой коэффициентом сопротивления качению f_k .

Для движения с установившейся скоростью на горизонтальном участке уравнение тягового баланса будет иметь вид:

$$P_k = P_f + P_w, \quad (28)$$

или

$$P_k - P_w = f_k \cdot G \quad (29)$$

$$\frac{P_k - P_w}{G} = f_k, \quad \text{т.е. } D = f_k. \quad (30)$$

Значение коэффициента сопротивления качению f_k откладывается по той же шкале, в том же масштабе, что и значения динамического фактора для порожнего и полностью груженого автомобиля. Сделав допущение, что значение коэффициента сопротивления качению не зависит от скорости, проводят линию, параллельно оси абсцисс, до пересечения с кривой значений динамического фактора на прямой передаче. Данная точка пересечения и покажет максимальную скорость движения автомобиля на дороге характеризуемой коэффициентом сопротивления качению f_k . Так, например, точки А и В дают значения максимальных скоростей движения автомобиля на данной дороге соответственно для гружённого и порожнего автомобиля.

Максимальное значение динамического фактора ограничивается сцеплением ведущих колёс автомобиля с дорогой. Значения динамического фактора, которые могут быть реализованы по сцеплению, подсчитываются по формуле:

$$D_\varphi = \frac{P_\varphi - P_\omega}{G} \quad (31)$$

$$P_\varphi = \lambda_m \cdot \varphi \cdot g \cdot m \quad (32)$$

где λ_m – коэффициент, учитывающий долю массы автомобиля, приходящейся на ведущую ось.

Откладывая D_φ при различных φ в функции скорости, получим кривые, которые определяют возможность использования по сцеплению имеющихся величин динамического фактора. Все значения динамического фактора, превышающие данную величину по сцепле-

нию, не могут быть реализованы в данных дорожных условиях, т. к. развиваемые усилия на ведущих колёсах будут больше, чем сила сцепления с грунтом, что вызовет буксование ведущих колёс.

6. Определение времени и пути разгона автомобиля

Из уравнения тягового баланса для случая разгона автомобиля по горизонтальной дороге имеем:

$$\begin{aligned} P_k &= P_f + P_w + P_j \\ P_k - P_w &= P_f + P_j \end{aligned} \quad (33)$$

где P_j - сила сопротивления разгону, Н.

$$P_j = \frac{G}{g} \delta_{ep} \frac{dv}{dt}; P_j = \frac{G}{g} \delta_{ep} \cdot j, \quad (34)$$

где δ_{ep} – коэффициент учёта вращающихся масс автомобиля;
 j – ускорение автомобиля.

Подставляя в уравнение тягового баланса значения P_f по формуле (15) и P_j по формуле (34), получим следующее уравнение:

$$\frac{P_k - P_w}{G} = f_{\kappa} + \frac{\delta_{ep}}{g} j; \quad j = \frac{D - f_{\kappa}}{\delta_{ep}} g \quad (35)$$

Согласно последней формуле, можно определить ускорение на всех передачах и построить график ускорений в зависимости от скорости движения автомобиля для дороги, характеризуемой данным коэффициентом сопротивления качения (рис. 6).

Коэффициент δ_{ep} зависит от величины моментов инерции вращающихся масс, передаточных чисел трансмиссии, массы автомобиля и т. д. С достаточной для расчёта точностью коэффициент δ_{ep} можно определить по одной из имперических формул, например:

$$\delta_{ep} = 1,04 + 0,04 i_{\kappa.л.}^2, \quad (36)$$

Ускорение при прямолинейном движении автомобиля представляет собой первую производную скорости по времени.

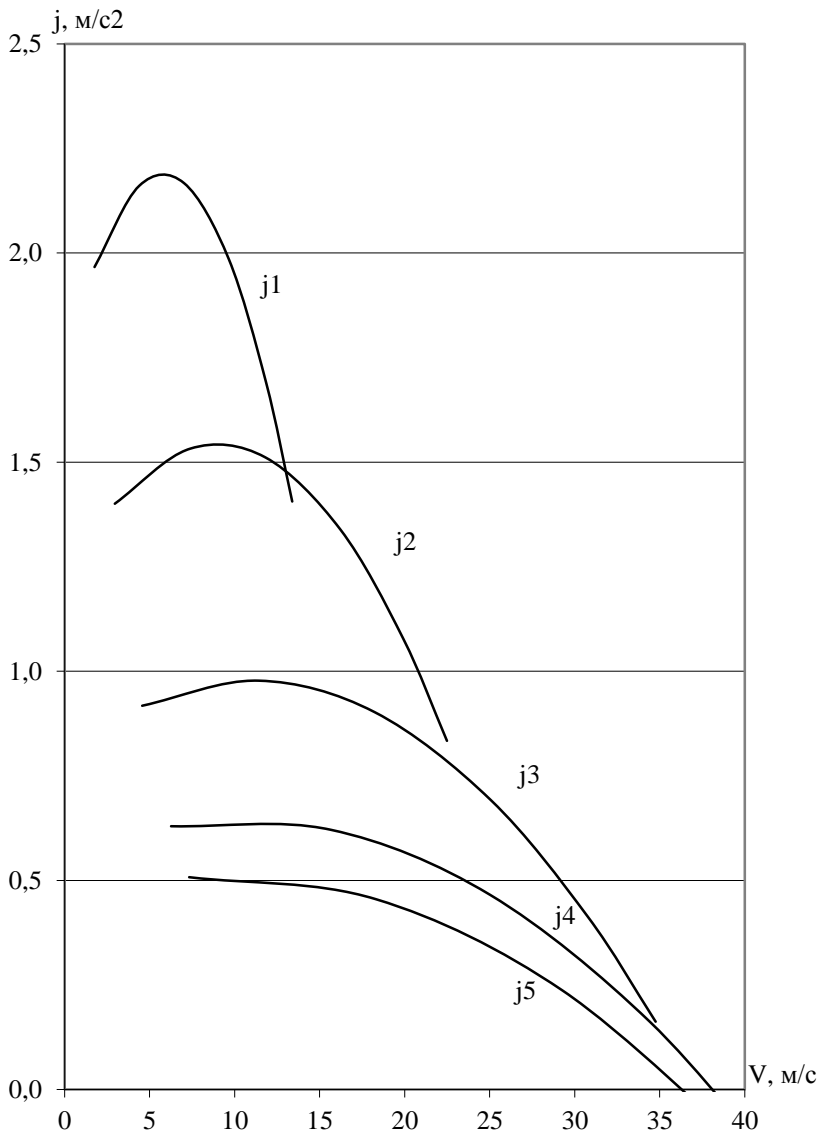


Рисунок 6 – График зависимости ускорений на передачах от скорости движения автомобиля

$$j = \frac{dv}{dt} \quad (37)$$

Следовательно,

$$dt = \frac{dv}{j} \quad (38)$$

Проинтегрировав уравнение 38 получим следующее уравнение для определения полного времени разгона автомобиля в интервале скоростей от V_1 , до V_n

$$T = \int_{v_1}^{v_n} \frac{1}{j} dv \quad (39)$$

Так как решение этого уравнения затрудняется ввиду отсутствия точной зависимости ускорения от скорости, то время разгона можно определить графоаналитическим методом. Для этого используя ранее полученные результаты расчета ускорений автомобиля, вычитывают величины обратных ускорений на всех передачах и строят график зависимости обратных ускорений по скорости (рис. 7).

Площадь на данном рисунке, ограниченная осью абсцисс, кривой обратных ускорений и двумя ординатами, представляет собой время разгона в данном интервале скоростей.

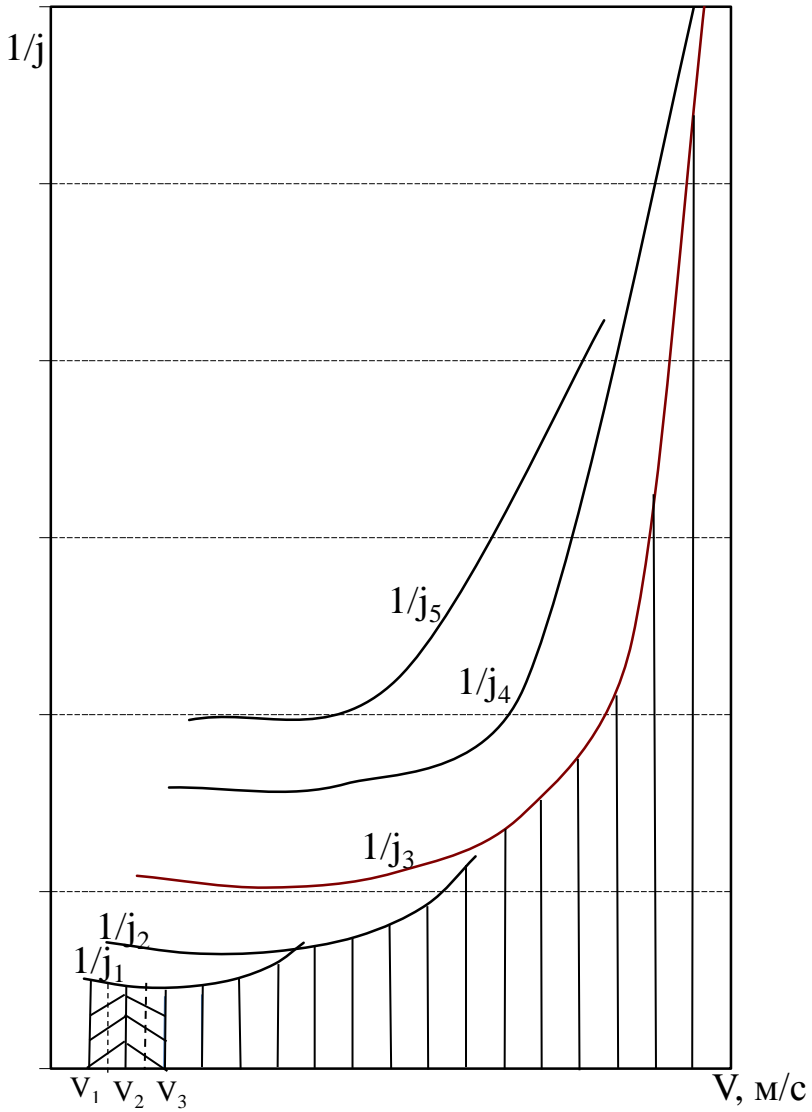


Рисунок 7 – График зависимости обратных ускорений автомобиля от скорости

Для определения времени разгона автомобиля всю площадь под кривой обратных ускорений разбивают на элементарные площадки. (Выполнение данной задачи на миллиметровой бумаге облегчит этот подсчёт). При этом каждая элементарная площадь представляет собой время разгона автомобиля от одной скорости до другой. Например, площадь F_1

$$F_1 = \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{j_1} dV' \quad (40)$$

где dV' - приращение скорости от V_1 до V_2 , представляет собой время разгона автомобиля от скорости V_1 до скорости V_2 . Далее подсчитывают геометрические размеры данных площадок и по ним определяют время разгона автомобиля.

Для перевода полученных величин площадок, выраженных в мм^2 в секунды, необходимо учесть масштабы, взятые для скорости и величин обратных ускорений при построении графика.

Пусть, к примеру, 1 мм на оси абсцисс равен скорости A м/с, а 1 мм на оси ординат B $\text{с}^2/\text{м}$, тогда площадь в 1 мм^2 будет равна $A \cdot B$ секунд. Таким образом, время разгона будет равно $t = F \cdot A \cdot B$.

При проведении расчетов наибольшую скорость необходимо определять равной $V = 0,95 \cdot V_{max}$, т. к. при максимальной скорости ускорение равно нулю, а величина, обратная ускорению, соответственно равна бесконечности.

Подсчитав площади всех полученных под кривой элементарных площадок, подсчитывают путем их суммирования общее время разгона до скорости $V_1 = 0,95 \cdot V_{max}$.

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n \quad (41)$$

По полученным результатам строится график времени разгона в функции скорости (рис. 8).

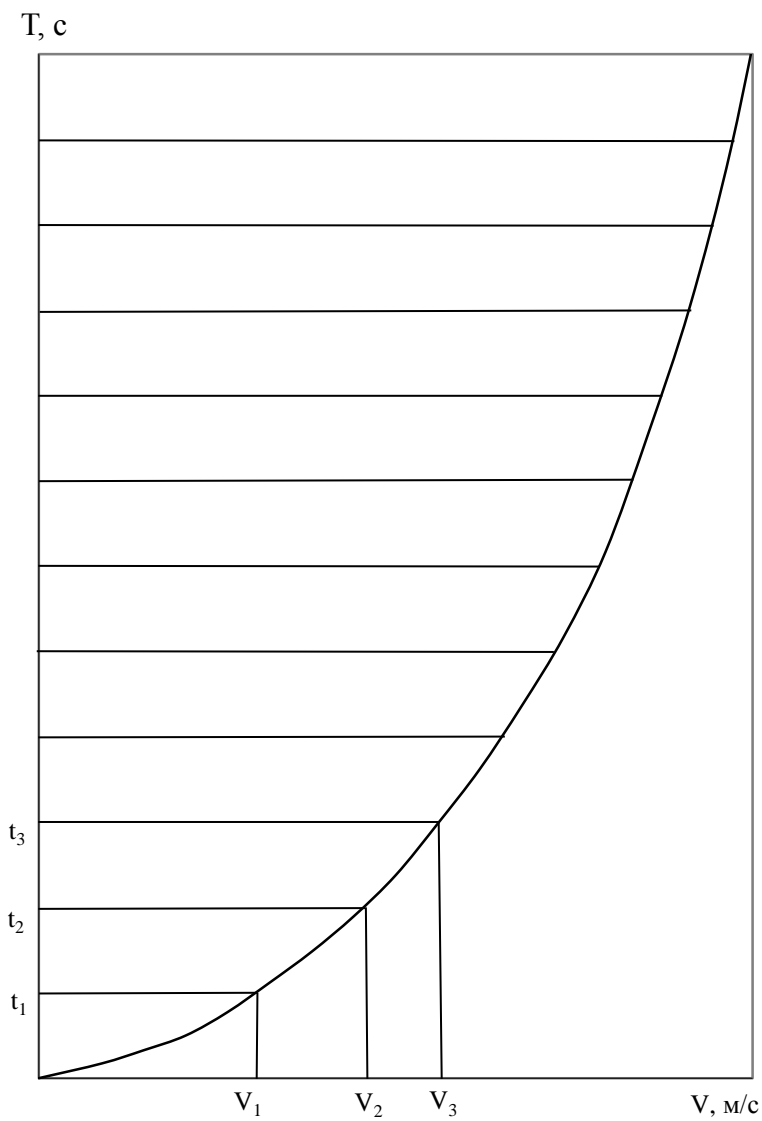


Рисунок 8 – График времени разгона автомобиля

На основании полученного графика времени разгона имеется возможность определить путь разгона автомобиля исходя из следующих общеизвестных уравнений.

Так как скорость есть производная пути по времени:

$$V = \frac{ds}{dt}, \quad (42)$$

То путь разгона в интервале времени от t_1 , до t_2 определяется из следующего уравнения:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} v dt \quad (43)$$

Нахождение пути разгона аналогично определению времени разгона. Разбивают площадь графика, заключённую между кривой времени разгона и осью ординат прямыми, параллельными оси абсцисс, на отдельные элементарные площади. Затем определяют геометрические размеры полученных элементарных площадок. Выраженная в определенном масштабе, каждая из этих площадей будет представлять путь разгона в соответствующем интервале времени.

Масштаб пути при этом определяется следующим образом:

1 мм на оси абсцисс соответствует скорости T м/с;

1 мм на оси ординат соответствует времени K с;

1 мм² = $T \cdot K$ метров.

Сумма элементарных площадок, переведённая в метры, даст полный путь разгона до скорости равной $0,95V_{\max}$.

$$S = s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n \quad (44)$$

Для построения графика пути разгона (рис. 9) на рисунке 8 подсчитывают последовательно все элементарные площадки и переводят в метры разгона. К примеру, площадка перед кривой за время t_1 до скорости V_1 соответствует площадке перед кривой за время от t_1 до t_2 в интервале скоростей от V_1 до V_2 соответствует пути разгона S_2 и т. д.

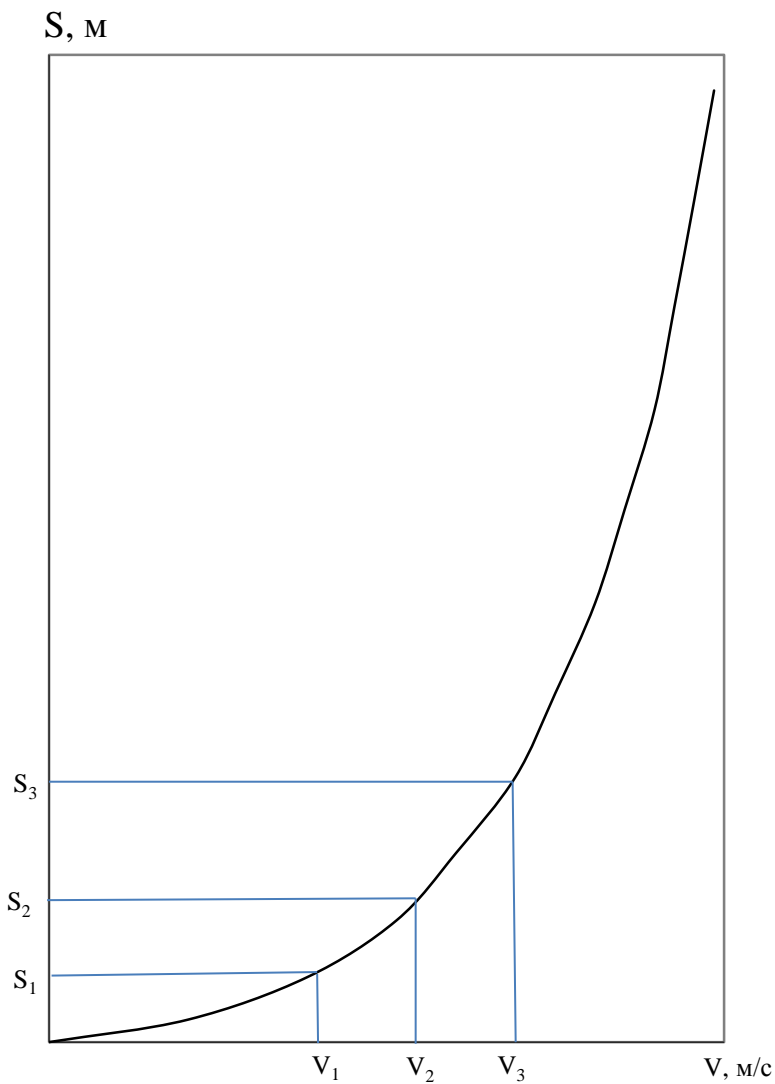


Рисунок 9 – График пути разгона автомобиля

Образец титульного листа

Министерство образования Нижегородской области
Государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего образования
Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет

(ГБОУ ВО НГИЭУ)

Институт инженерный

Кафедра: «Технические и биологические системы»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине: «Устройство тракторов и автомобилей»
Тема: Теоретический расчет динамических показателей автомобиля

Выполнил студент:
группы _____
Иванов И.И.
(Ф.И.О. студента)

Проверил:
к.т.н., профессор
Е.В. Королев
(Ф.И.О. преподавателя)

г. Княгинино
20__г.

Легковые автомобили с колесной формулой 4К2

1	Последние цифры зачетной книжки		1	2	3
2	Наименование	Индекс	ЗА3-965	ЗА3-966	ЗА3-967
3	Год начало выпуска		1955	1967	1971
4	Особенности				
5	Макс. мощн. кВт (л.с.)	N_n	16,9(23)	19,9 (27)	29,2 (40)
6	Частота при макс. мощности	n_n	4000	4000	4000
7	Масса груз. автом.	m_0	960	1150	1150
8	Масса порожнего автомобиля	m	650	740	740
9	Ширина автомобиля	B	1395	1535	1535
10	Высота автомобиля	H	1380	1370	1370
11	Коэффициент обтекаемости	k	0,42	0,3	0,293
12	Размер шин	$d-D$	5,20-13	6,13-13	5,20-15
13	Передаточное число коробки передач:	i			
14	первая передача	i_1	3,83	3,83	3,83
15	вторая передача	i_2	2,29	2,29	2,29
16	третья передача	i_3	1,39	1,39	1,39
17	четвертая передача	i_4	0,96	0,96	0,96
18	пятая передача	i_5	-	-	-
19	шестая передача	i_6	-	-	-
20	задний ход	$i_{з.х.}$	н.д.	н.д.	н.д.
21	Раздаточной коробки	$i_{р.к.}$	-	-	-
22	Главная передача	i_0	5,14	5,14	5,12

Продолжение приложения 2

1		4	5	6	7	8
2	Ин-декс	ЗА3-968А	ЗА3-1102	Ока	ВА3-1113	ВА3 2101
3		1970	1989	н.д.	н.д.	1970
4						
5	N_n	30,2(41)	39(52,5)	21,5(29)	26(35)	43,2(58,8)
6	n_n	4400	5300-5400	5600	5600	5600
7	m_0	1160	1110	975	985	1355
8	m	840	710	635	645	955
9	B	1570	1554	1420	1420	1611
10	H	1400	1320	1400	1400	1440
11	κ	0,293	0,274	0,258	0,258	0,273
12	$d-D$	6,15-13	155/70R13	135/80R12	135/80R12	6,15-13
13	i					
14	i_1	3,8	3,454	3,7	3,7	3,75
15	i_2	2,12	2,056	2,06	2,06	2,3
16	i_3	1,4	1,33	1,27	1,27	1,49
17	i_4	0,96	0,969	0,9	0,9	1
18	i_5	–	0,828	–	–	–
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	н.д.	н.д.	н.д.	3,67	3,87
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,25	3,588	4,54	4,1/4,3	4,3/4,1

Продолжение приложения 2

1		9	10	11	12	13
2	Ин-декс	BA3 21011	BA3 2102	BA3 21021	BA3 2103	BA3 2104
3		1972	1970	1971	1971	1984
4						
5	N_H	46,3(63,7)	43,2(58,8)	46,3(63,7)	56,6(77)	52,3(71)
6	n_H	5600	5600	5600	5600	5600
7	m_0	1355	1440	1440	1430	1475
8	m	955	1010	1010	1030	1020
9	B	1611	1611	1611	1611	1620
10	H	1440	1458	1458	1446	1445
11	κ	0,273	0,3	0,3	0,275	0,3
12	$d-D$	165-13	165-330	165-330	165-13	175/70 R13
13	i					
14	i_1	3,75	3,75	3,75	3,75	3,67
15	i_2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,1
16	i_3	1,49	1,49	1,49	1,46	1,36
17	i_4	1	1	1	1	1
18	i_5	–	–	–	–	0,82
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	3,87	3,87	3,87	3,87	3,53
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,3/4,1	4,3/4,1	4,44	4,3/4,1	4,1/3,9

Продолжение приложения 2

1		14	15	16	17	18
2	Ин-декс	BA3 2105	BA3 21054	BA3 2106	BA3 2107	BA3 2108
3		1977	1980	1976	1982	1984
4						
5	N_H	50,7(69)	53,5(73)	58,8(80)	56,6(77)	46,5(64)
6	n_H	5600	5300	5400	5600	5600
7	m_0	1395	1460	1445	1430	1325
8	m	995	1060	1045	1030	900
9	B	1620	1620	1611	1620	1750
10	H	1446	1446	1400	1446	1335
11	κ	0,262	0,262	0,3	0,262	0,237
12	$d-D$	165-13	175/70R13	165-13	165-13	165-13
13	i					
14	i_1	3,67	3,67	3,24	3,67	3,63
15	i_2	2,1	2,1	1,98	2,1	1,95
16	i_3	1,36	1,36	1,29	1,36	1,357
17	i_4	1	1	1	1	0,941
18	i_5	–	0,82	–	–	–
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{з.х.}$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
21	$i_{п.к.}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,3	3,9	4,1	4,1	4,3

Продолжение приложения 2

1		19	20	21	22	23
2	Ин-декс	ВАЗ 2109	ВАЗ 21099	ВАЗ 2110	ВАЗ 21102	ВАЗ 21103
3		1988	1990	1996	н.д.	н.д.
4						
5	N_H	49,8(67,7)	46,5(64)	53(72)	56(76)	68,8(93,5)
6	n_H	5600	5600	5600	5600	5600
7	m_0	1370	1400	1480	1480	1060
8	m	945	930	1010	1020	1515
9	B	1650	1650	1680	1680	1680
10	H	1402	1402	1420	1420	1420
11	κ	0,268	0,267	0,203	0,203	0,203
12	$d-D$	175/70R13	165-13	175/70R13	175/70R13	175/65R14
13	i					
14	i_1	3,636	3,63	3,63	3,63	3,63
15	i_2	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
16	i_3	1,357	1,357	1,357	1,357	1,357
17	i_4	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941
18	i_5	0,784	0,78	0,78	0,78	0,78
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3.x.}$	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53
21	$i_{p.k.}$	–	–	–	–	–
22	i_0	3,7	3,7	3,706/3,937	3,706/3,937	3,706/3,937

Продолжение приложения 2

1		24	25	26	27	28
2	Ин-декс	ВА3 2111	ВА3-2112	ВА3-2112	ВА3-2113	ВА3-2114
3		2004	2004	н.д.	2001	2000
4						
5	N_H	56(76)	46,5(63)	68,8(93,5)	57,5(78)	56,4(76,7)
6	n_H	5600	5600	5600	5400	5400
7	m_0	1535	1300	1495	1410	1395
8	m	1035	989	1040	985	970
9	B	1680	1650	1680	1650	1650
10	H	1420	1402	1435	1402	1402
11	κ	0,205	0,204	0,204	0,3	0,22
12	$d-D$	175/70R13	165/70R13	175/70R13	175/70R13	175/70R13
13	i					
14	i_1	3,63	3,633	3,63	3,636	3,636
15	i_2	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
16	i_3	1,357	1,357	1,357	1,357	1,357
17	i_4	0,941	0,941	0,941	0,941	0,941
18	i_5	0,78	0,784	0,78	0,784	0,784
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	3,53	3,53	3,53	3,5	3,5
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	3,937	3,937	3,937	3,7	3,706

Продолжение приложения 2

1		29	30	31	32	33
2	Ин-декс	BA3-2115	Лада -Priora	Лада-Priora	Лада-Priora	Лада -Kalina
3		2001	2007	2007	2009	2004
4			седан	хэтчбек	универсал	седан
5	N_H	46,5(63)	72(98)	72(98)	72(98)	59,5(81)
6	n_H	5600	5600	5600	5600	5200
7	m_0	1400	1588	1588	1588	1545
8	m	950	1088	1088	1088	1070
9	B	1650	1680	1680	1680	1676
10	H	1415	1420	1435	1480	1500
11	κ	0,257	0,207	0,221	0,221	0,212
12	d-D	175/70R13	185/65R14	185/65R14	185/65R14	175/70 R14
13	i					
14	i_1	3,636	3,636	3,636	3,636	3,64
15	i_2	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
16	i_3	1,357	1,357	1,357	1,357	1,36
17	i_4	0,941	0,941	0,941	0,941	0,94
18	i_5	0,784	0,784	0,784	0,784	0,78
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,13	3,7	3,7	3,7	3,7

Продолжение приложения 2

1		34	35	36	37	38
2	Ин-декс	Лада-Kalina	Лада-Kalina	Москвич 400	Москвич 402	Москвич 407
3		2005	2007	1947	1956	1958
4		хэтчбек	универсал			
5	N_H	59,5(81)	59,5(81)	17(23)	25,7(35)	33,1(45)
6	n_H	5200	5200	3600	4200	4500
7	m_0	1545	1545	1155	1280	1290
8	m	1070	1070	855	980	990
9	B	1676	1676	1400	1540	1540
10	H	1500	1500	1550	1560	1560
11	κ	0,223	0,239	0,293	0,3	0,268
12	$d-D$	175/70 R14	175/70 R14	5,00-16	5,00-15	5,6-15
13	i					
14	i_1	3.636	3.636	3,56	3,53	3,81
15	i_2	1,95	1,95	1,73	1,74	2,42
16	i_3	1.357	1.357	1	1	1,45
17	i_4	0,941	0,941	–	–	1
18	i_5	0,784	0,784	–	–	–
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	3,5	3,5	4,44	4,61	н.д.
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	3,7	3,7	5,14	5,14	4,71/4,62

Продолжение приложения 2

1		39	40	41	42	43
2	Ин-декс	Москвич 408	Москвич 412	Москвич 2140	Москвич 2126	Москвич 2126
3		1964	1967	1976	1993	н.д.
4					1,6	1,7
5	N_H	36,8(50)	55,2(75)	55,2(75)	56,3(76,4)	62,5(85)
6	n_H	4750	5800	5800	5400	5500
7	m_0	1330	1400	1445	1450	1450
8	m	990	1045	1045	980	980
9	B	1550	1550	1550	1660	1660
10	H	1480	1480	1480	1357	1357
11	κ	0,3	0,3	0,25	0,282	0,282
12	$d-D$	6,0-13	6,45-13	165-330	175/70 R13	175/70 R14
13	i					
14	i_1	3,81	3,49	3,49	3,667	3,19
15	i_2	2,42	2,04	2,04	3,1	1,864
16	i_3	1,45	1,33	1,33	1,361	1,329
17	i_4	1,0	1,0	1,0	1	1
18	i_5	–	–	–	0,819	0,806
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	4,71	н.д.	н.д.	4,526	4,253
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,22	4,22	4,22	3,6	3,6

Продолжение приложения 2

1		44	45	46	47	48
2	Ин-декс	Москвич 2136	Москвич 2138	Москвич 2141	Renault Logan 1,4	Renault Logan 1,6
3		н.д.	н.д.	1986	н.д.	н.д.
4				1,5		
5	N_H	36,8(50)	36,8(50)	55,2(75)	55,1(75)	66,2(90)
6	n_H	4750	4750	5800	5500	5250
7	m_0	1495	1445	1450	1535	1540
8	m	1095	1095	1100	975	980
9	B	1550	1550	1690	1742	1742
10	H	1480	1525	1400	1525	1525
11	κ	0,3	0,3	0,239	0,241	0,241
12	$d-D$	165-330	165-330	175/70 14	165/80R14	185/65R15
13	i					
14	i_1	3,81	3,81	3,308	3,727	3,727
15	i_2	2,42	2,42	2,05	2,043	2,043
16	i_3	1,45	1,45	1,367	1,393	1,393
17	i_4	1	1	0,946	1,029	1,029
18	i_5	–	–	0,732	0,795	0,795
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{з.х.}$	н.д.	н.д.	3,357	3,545	3,545
21	$i_{р.к.}$	–	–	–	–	–
22	i_0	3,9	3,9	4,22	4,214	4,214

Продолжение приложения 2

1		49	50	51	52	53
2	Ин-декс	Renault Symbol	Toyota Camri	TarA3 Vega	TarA3 Hyundai Accent	TarA3 Hyundai Accent
3		н.д.	н.д.	двиг. 1,6 л	н.д.	н.д.
4				седан	седан	
5	N_H	72(98)	204(277)	91,2(124)	66,2(90)	75(102)
6	n_H	6300	6200	5600	5500	5800
7	m_0	1500	1610	1680	1555	1555
8	m	980	1540	1300	1080	1080
9	B	1639	1820	1746	1670	1670
10	H	1440	1480	1436	1395	1395
11	κ	0,3	0,232	0,3	0,3	0,3
12	$d-D$	175-14	215/60 R16	175/70R14	175/70R13	175/70R13
13	i					
14	i_1	3,73	3,538	3,818	3,615	3,615
15	i_2	2,05	2,045	2,158	2,053	2,053
16	i_3	1,32	1,333	1,478	1,37	1,37
17	i_4	0,97	0,972	1,129	0,971	0,971
18	i_5	0,79	0,731	0,886	0,825	0,825
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	н.д.	3,583	3,333	н.д.	н.д.
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,21	3,944	3,55	3,65	3,65

Продолжение приложения 2

1		54	55	56	57	58
2	Ин-декс	TarA3 Tiggo	TarA3 Sonata	TarA3 Sonata	TarA3 Vortex Estina	TarA3 Vortex Estina
3		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
4			двиг.2,0 л	двиг. 2,7 л		
5	N_H	97(132)	100,7(137)	126,5(172)	80(109)	95(129)
6	n_H	5750	6200	6000	6000	5750
7	m_0	1755	2020	2020	1665	1701
8	m	1380	1498	1498	1365	1401
9	B	1765	1820	1820	1750	1750
10	H	1705	1422	1422	1483	1483
11	κ	0,3	0,207	0,207	0,226	0,226
12	$d-D$	215/65R16	205/65R15	205/65R15	195/55R15	195/55R15
13	i					
14	i_1	3,583	3,636	3,231	3,546	3,546
15	i_2	1,947	2,056	1,947	2,048	2,048
16	i_3	1,379	1,296	1,296	1,346	1,346
17	i_4	1,03	0,943	0,943	0,972	0,972
18	i_5	0,821	0,775	0,775	0,769	0,769
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3.x.}$	3,364	3,455	3,455	н.д.	н.д.
21	$i_{p.k.}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,4	4,06	4,06	3,938	3,94

Продолжение приложения 2

1		59	60	61	62	63
2	Ин-декс	ТarA3 Elantra	ТarA3 Hyundai Elantra	TarA3 Elantra	ТarA3 Elantra	Волга ГА3-21
3		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	1956
4			седан			
5	N_H	77(105)	94(128)	96,4(131)	105(143)	51,5(70)
6	n_H	5800	6100	6100	6000	4000
7	m_0	1780	1685	1780	1810	1885
8	m	1178	1172	1178	1316	1460
9	B	1720	1700	1720	1720	1800
10	H	1425	1393	1425	1425	1620
11	κ	0,226	0,226	0,226	0,226	0,256
12	d-D	185/65R15	195-14	185/65R15	195/60R15	6,70-15
13	i					
14	i_1	3,615	3,46	3,615	3,615	3,115
15	i_2	2,053	1,95	2,053	2,053	1,772
16	i_3	1,393	1,39	1,393	1,393	1
17	i_4	1,061	1,06	1,061	1,061	
18	i_5	0,837	0,88	0,837	0,837	–
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,056	3,65	3,84	3,65	4,62

Продолжение приложения 2

1		64	65	66	67	68
2	Ин-декс	Волга ГАЗ-21	Волга ГАЗ-24	Волга ГАЗ-2402	Волга ГАЗ-2410	Волга ГАЗ-2412
3		1962	1968	н.д.	1986	н.д.
4						
5	N_H	55,1(75)	72(98)	72(98)	73,5(100)	66,2(90)
6	n_H	4000	4500	4500	4200	2600
7	m_0	1885	1820	2040	1790	2016
8	m	1460	1440	1550	1400	1540
9	B	1800	1820	1820	1800	1800
10	H	1620	1440	1540	1476	1522
11	κ	0,256	0,3	0,3	0,3	0,29
12	$d-D$	6,7-15	7,35-14	7,35-14	205-14	205-14
13	i					
14	i_1	3,115	3,5	3,5	3,5	3,5
15	i_2	1,772	2,26	2,26	2,26	2,26
16	i_3	1	1,45	1,45	1,45	1,45
17	i_4		1	1	1	1
18	i_5	–	–	–	–	–
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,62	4,1	4,1	3,9*	3,9

Продолжение приложения 2

1		69	70	71	72	73
2	Ин-декс	Волга ГАЗ-3102	Волга ГАЗ-3110	Волга ГАЗ-31105	ГАЗ 12 ЗИМ	Чайка ГАЗ-13
3		1982	н.д.	2003	1950	1959
4						
5	N_H	77,2(105)	73,5(100)	96,3(131)	69,9(98)	143,4(195)
6	n_H	4750	4750	5200	4500	4400
7	m_0	1870	1820	1870	1940	2575
8	m	1570	1475	1475	1800	2100
9	B	1846	1846	1800	1998	2000
10	H	1476	1476	1455	1670	1620
11	κ	0,3	0,281	0,274	0,3	0,3
12	$d-D$	205-14	195/65R15	195-15	7,00-15	8,20-15
13	i					
14	i_1	3,5	3,618	3,618	3,115	2,84
15	i_2	2,26	2,188	2,188	1,772	1,68
16	i_3	1,45	1,304	1,304	1	1
17	i_4	1	1	1	–	–
18	i_5	–	0,794	0,794	–	–
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	н.д.	н.д.	н.д.	4,005	1,75
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	3,9	3,9	3,9	4,55	3,54

Продолжение приложения 2

1		74	75	76	77	78
2	Ин-декс	Чайка ГАЗ-14	ГАЗ-А	Победа ГАЗ М-20	Ford Focus(1)	Ford Focus(1)
3		1977	н.д.	1945	н.д.	н.д.
4					хэтчбек 5дв. двиг.1,6	хэтчбек 3дв. двиг.2.0
5	N_H	161,8(220)	29,4(40)	36,8(50)	74(96)	96(130)
6	n_H	4200	2200	3600	6000	5750
7	m_0	2605	1350	1835	1542	1611
8	m	2210	1080	1460	1077	1146
9	B	2020	1710	1695	1699	1699
10	H	1580	1788	1640	1430	1430
11	k	0,32	0,3	0,281	0,215	0,215
12	$d-D$	210-380	5,50-19	6,00-16	185/65 R14	195/55 R15
13	i					
14	i_1	2,64	3,122	3,115	3,58	3,58
15	i_2	1,65	1,875	1,772	1,93	1,93
16	i_3	1	1	1	1,28	1,28
17	i_4	–	–	–	0,95	0,95
18	i_5	–	–	–	0,76	0,76
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	н.д.	н.д.	н.д.	3,62	3,62
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	3,58	3,78	4,7	4,11	4,11

Продолжение приложения 2

1		79	80	81	82	83
2	Ин-декс	Ford Focus(2)	Ford Focus(2)	Ford Focus(3)	Ford Focus(3)	Ford Focus(3)
3		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
4		1,6 л	седан двиг 1,8 л			
5	N_H	74(101)	92(125)	92(125)	85(115)	85(115)
6	n_H	6000	6000	6000	6000	6000
7	m_0	1720	1775	1835	1825	1825
8	m	1255	1302	1324	1279	1257
9	B	1840	1840	1839	1839	1840
10	H	1497	1497	1537	1537	1497
11	k	0,232	0,232	0,3	0,3	0,3
12	$d-D$	195/65R15	205/55R16	195/65R15	195/65R15	195/65R15
13	i					
14	i_1	3,58	3,58	3,583	3,583	3,583
15	i_2	2,04	2,04	2,038	2,038	2,038
16	i_3	1,41	1,41	1,414	1,414	1,414
17	i_4	1,11	1,11	1,108	1,108	1,108
18	i_5	0,88	0,88	0,878	0,878	0,878
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	3,62	3,62	н.д.	н.д.	н.д.
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,06	4,06	4,059	4,059	4,059

Продолжение приложения 2

1		84	85	86	87	88
2	Ин- декс	Ford Focus(3)	Ford Focus(3)	Ford Mondeo	Ford Mondeo	Ford Mondeo
3		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
4						
5	N_H	92(125)	107(145)	92(125)	107(145)	81(110)
6	n_H	6000	6000	6300	6000	6200
7	m_0	1835	1895	2050	2090	2050
8	m	1307	1327	1435	1477	1435
9	B	1840	1840	1886	1886	1886
10	H	1497	1497	1500	1500	1500
11	κ	0,3	0,3	0,212	0,212	0,212
12	$d-D$	195/65R15	195/65R15	205/55R16	205/55R16	205/55R16
13	i					
14	i_1	3,583	3,667	3,583	3,667	3,583
15	i_2	2,038	2,136	2,038	2,136	2,038
16	i_3	1,414	1,448	1,414	1,483	1,414
17	i_4	1,108	1,028	1,108	1,114	1,108
18	i_5	0,878	0,805	0,878	0,854	0,878
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{з.х.}$	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
21	$i_{р.к.}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,059	4,067	4,059	4,067	4,059

Продолжение приложения 2

1		89	90	91	92	93
2	Ин-декс	Ford Mondeo	Ford Mondeo	Ford S-MAX	Ford S-MAX	Ford S-MAX
3		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
4				дв. AOWA	дв. HUWA	дв. FFWA
5	N_H	92(125)	107(145)	107/(145,5)	162(220)	74(100,6)
6	n_H	6300	6000	6000	5000	3850
7	m_0	2050	2200	2340	2420	2505
8	m	1455	1496	1605	1681	1736
9	B	1886	1886	1884	1884	1884
10	H	1548	1548	1610-1658	1610-1658	1610-1658
11	κ	0,212	0,212	0,3	0,3	0,3
12	$d-D$	205/55R16	205/55R16	225/55 R16	225/55 R16	225/55 R16
13	i					
14	i_1	3,583	3,667	3,8	3,385	3,8
15	i_2	2,038	2,136	2,136	1,905	2,048
16	i_3	1,414	1,483	1,483	1,267	1,258
17	i_4	1,108	1,114	1,114	0,949	0,865
18	i_5	0,878	0,854	0,902	0,775	0,674
19	i_6	–	–	–	0,652	–
20	$i_{3,x}$	н.д.	н.д.	3,727	3,231	3,227
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4059	4,067	4,067	3,231	3,227

Продолжение приложения 2

1		94	95	96	97	98
2	Ин-декс	Ford S-MAX	Ford S-MAX	Ford S-MAX	Ford S-MAX	Ford Galaxy
3		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
4		дв. QYWA (ММТ6W3)	дв. AZWA	дв. QXWA	дв. QXWB	дв. AOWA
5	N_H	92(125)	96(130,6)	103(140)	103(140)	107(145,5)
6	n_H	3700	4000	4000	4000	6000
7	m_0	2505	2505	2505	2505	2340
8	m	1744	1743	1743	1736	1605
9	B	1884	1884	1884	1884	1884
10	H	1610-1658	1610-1658	1610-1658	1610-1658	1691-1807
11	κ	0,3	0,3	0,3	0,3	0,342
12	$d-D$	225/55 R16	225/55 R16	225/55 R16	225/55 R16	225/55 R16
13	i					
14	i_1	3,583	3,583	3,583	3,583	3,8
15	i_2	1,952	1,952	1,952	1,952	2,136
16	i_3	1,241	1,241	1,241	1,241	1,483
17	i_4	0,943	0,943	0,943	0,943	1,114
18	i_5	0,868	0,868	0,868	0,868	0,902
19	i_6	0,789	0,789	0,789	0,789	–
20	$i_{3,x}$	5,099	5,099	5,099	5,099	3,727
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	4,063	4,063	4,063	4,063	4,067

Продолжение приложения 2

1		99	100	101	102	103
2	Ин-декс	Ford Galaxy	Ford Galaxy	Ford Galaxy	Ford Galaxy	Ford Galaxy
3		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
4		дв. HUWA	дв. FFWA	дв. QYWA (MMT6W3)	дв. AZWA	дв. QXWA
5	N_H	162(220)	74(100,6)	92(125)	96(130,6)	103(140)
6	n_H	5000	3850	3700	4000	4000
7	m_0	2420	2505	2505	2505	2505
8	m	1681	1736	1744	1743	1743
9	B	2007	1884	1884	1884	1884
10	H	1410	1610-1658	1610-1658	1610-1658	1610-1658
11	κ	0,342	0,342	0,342	0,342	0,342
12	$d-D$	225/55 R16	225/55 R16	225/55 R16	225/55 R16	225/55 R16
13	i					
14	i_1	3,385	3,8	3,583	3,583	3,583
15	i_2	1,905	2,048	1,952	1,952	1,952
16	i_3	1,267	1,258	1,241	1,241	1,241
17	i_4	0,949	0,865	0,943	0,943	0,943
18	i_5	0,775	0,674	0,868	0,868	0,868
19	i_6	0,652	–	0,789	0,789	0,789
20	$i_{3,x}$	3,231	3,227	5,099	5,099	5,099
21	$i_{p,k}$	–	–	–	–	–
22	i_0	3,231	3,227	4,063	4,063	4,063

Продолжение приложения 2

1		104	105	106
2	Ин-декс	Ford Galaxy	VW Jetta	Golf Variant
3	Н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
4		дв. QXWB	седан дв 1.4 TSI	универсал дв 1.4 TSI
5	N_n	103(140)	75(102)	90(122)
6	n_n	4000	5600	5000
7	m_0	2505	1 870	1940
8	m	1736	1 268	1310
9	B	1884	1781	1781
10	H	1610-1658	1459	1459
11	κ	0,342	0,25	0,256
12	d-D	225/55 R16	205/55 R16	205/50 R15
13	i			
14	i_1	3,583	3,46	3,62
15	i_2	1,952	1,96	1,96
16	i_3	1,241	1,28	1,28
17	i_4	0,943	0,98	0,97
18	i_5	0,868	0,81	0,78
19	i_6	0,789	–	0,65
20	$i_{3,x}$	5,099	3,18	3,18
21	$i_{p,k}$	–	–	–
22	i_0	4,063	4,53	4,06

Легковые автомобили с колесной формулой 4К4

1		107	108	109	110	111
2	Ин- декс	ЛУАЗ 969А	ВАЗ-2121	ВАЗ-2131	Шевроле НИВА ВАЗ 2123	УАЗ-469
3		н.д.	1980	1986	2000	1972
4						
5	N_n	29,4(40)	58,8(80)	60(82)	58,5(80)	55,2(75)
6	n_n	4400	5400	4800	5200	4000
7	m_0	1350	1550	1870	1800	2450
8	m	950	1150	1370	1350	1650
9	B	1640	1680	1680	2120	1785
10	H	1790	1640	1640	1652	2050
11	κ	0,38	0,331	0,3	0,26	0,38
12	$d-D$	150-330	150- 406	175/80R16	205/70R15	215-380
13	i					
14	i_1	3,8	3,242	3,67	3,67	4,12
15	i_2	2,118	1,989	2,1	2,1	2,64
16	i_3	1,409	1,289	1,36	1,36	1,58
17	i_4	0,964	1	1	1	1
18	i_5	–	–	0,82	0,82	–
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	н.д.	н.д.	3,53	3,53	н.д.
21	$i_{p,k}$	–	1,2/2,123	1.20/2,14	1,2/2,135	1/1,94
22	i_0	4,125	4,3	4,1	3,9	4,77

Продолжение приложения 3

1		112	113	114	115	116
2	Ин-декс	УАЗ-452	УАЗ-31519	УАЗ-315195 Хантер	УАЗ-3160	УАЗ-31601
3		н.д.	н.д.	2003	1999	н.д.
4						
5	N_H	55,2(75)	62(84)	94(128)	65,5(89)	72,1(98)
6	n_H	4000	4000	4400	4000	4000
7	m_0	2670	2500	2520	2530	2510
8	m	1720	1750	1770	1930	1910
9	B	1940	1785	1785	2020	2020
10	H	2090	2020	2010	2060	2060
11	κ	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3
12	$d-D$	840-15	215/90 R15	225/75 R16	225/75R16	225/75R16
13	i					
14	i_1	4,12	3,78	3,62	3,78	3,78
15	i_2	2,64	2,6	2,58	2,6	2,6
16	i_3	1,58	1,55	1,52	1,55	1,55
17	i_4	1	1	1	1	1
18	i_5	–	–	0,86	0,82	0,82
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	н.д.	н.д.	н.д.	4,12	4,12
21	$i_{p,k}$	1/1,94	1/1,94	1/1,94	1/1,94	1/1,94
22	i_0	5,125	4,62	4,11	4,375/4,11	4,375/4,11

Продолжение приложения 3

1		117	118	119	120	121
2	Ин-декс	УАЗ-31603	УАЗ-31604	УАЗ-31605	УАЗ PATRIOT	KIA Sportage
3		н.д.	н.д.	н.д.	2005	н.д.
4						
5	N_H	79,5(108)	78(106)	75(102)	94(128)	94(128)
6	n_H	4300	4200	4000	4400	5300
7	m_0	2570	2575	2550	2070	1995
8	m	1970	1975	1950	2670	1545
9	B	2020	2020	2020	2080	1784
10	H	2060	2060	2060	1900	1695
11	κ	0,3	0,3	0,3	0,189	0,3
12	$d-D$	225/75R16	225/75R16	225/75R16	245-16	205/70R15
13	i					
14	i_1	3,616	3,78	3,78	4,155	3,72
15	i_2	2,579	2,6	2,6	2,265	2,02
16	i_3	1,516	1,55	1,55	1,428	1,36
17	i_4	1	1	1	1	1
18	i_5	0,855	0,82	0,82	0,88	0,8
19	i_6	–	–	–	–	–
20	$i_{3,x}$	3,875	4,12	4,12	3,827	3,46
21	$i_{p,k}$	1/1,94	1/1,94	1/1,94	1,00/1,94	1,0/1,98
22	i_0	4,11	4,375/4,11	4,375/4,11	4,11	4,63

Продолжение приложения 3

1		122	123	124	125	126
2	Ин-декс	KIA Sorento	Niva FAM	Hyundai Santa Fe	Mitsubishi Qutlander	Tiggo
3		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
4						
5	N_H	143(195)	90(122)	139(189)	162(220)	97(132)
6	n_H	5500	5600	6000	6250	5750
7	m_0	2610	1800	2240	2300	1850
8	m	2027	1350	1650	1600	1475
9	B	1863	1770	1890	1800	1765
10	H	2027	1652	1725	1720	1705
11	κ	0,3	0,26	0,28	0,3	0,3
12	$d-D$	245-16	215-16	215-17	215-16	215/65R16
13	i					
14	i_1	3,54	3,709	2,84	4,2	3,583
15	i_2	1,91	2,02	1,5	2,41	1,947
16	i_3	1,18	1,369	1	1,58	1,379
17	i_4	0,81	1	0,73	1,16	1,03
18	i_5	0,74	0,854	–	0,86	0,821
19	i_6	0,63	–	–	0,69	–
20	$i_{3,x}$	3,91	4,473	н.д.	н.д.	3,364
21	$i_{p,k}$		1,46/2,228	–	–	–
22	i_0	4,75/4,071	3,90	4,52	3,57	4,4

Продолжение приложения 3

1		127	128	129	130	131
2	Ин- декс	TarA3 Road Partner	TarA3 Actyon	TarA3 Kyron	TarA3 Rexton	VW Tiguan
3		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	2007
4						
5	N_H	110(150)	110(150)	110(150)	162(220)	110(150)
6	n_H	6200	5500	5500	6100	5800
7	m_0	2520	2100	2530	2760	2170
8	m	1910	1870	1821	2110	1546
9	B	1864	1880	1880	1880	1809
10	H	1735	1735	1740	1755	1686
11	κ	0,3	0,3	0,3	0,238	0,232
12	$d-D$	235/70R15	215/65 R16	225/75 R16	235/70 R16	215/65 R16
13	i					
14	i_1	4,007	4,31	4,31	3,95	4,764
15	i_2	2,635	2,48	2,48	2,42	2,622
16	i_3	1,437	1,54	1,54	1,49	1,695
17	i_4	1	1	1	1	1,234
18	i_5	0,872	0,81	0,81	0,83	0,977
19	i_6	–	–	–	–	0,82
20	$i_{3,x}$	н.д.	3,92	3,92	3,92	4,947
21	$i_{p,k}$	–	1,0/2,48	1,0/2,48	1,0/2,48	–
22	i_0	4,55	4,55	4,55	3,31	3,94

Продолжение приложения 3

1		132	133	134	135	136
2	Ин-декс	BMW X3	BMW X3	ГАЗ-69	ГАЗ-69А	Skoda Yeti
3		н.д.	2003	1952	1956	н.д.
4		xDrive25i	xDrive20i			TD
5	N_H	160 (218)	110 (150)	40,5(55)	40,5(55)	80,8(110)
6	n_H	6500	6200	3600	3600	4200
7	m_0	2260	2200	2175	1960	1890-2080
8	m	1730	1655	1535	1525	1345-1535
9	B	1809	1853	1750	1850	1793
10	H	1686	1674	1920	2030	1691
11	κ	0,214	0,214	0,362	0,3	0,226
12	$d-D$	215/60 R17	215/60 R17	6,50-16	6,50-16	215/60 R16
13	i					
14	i_1	4,323	4,35	3,115	3,115	3,778
15	i_2	2,456	2,496	1,772	1,772	2,118
16	i_3	1,659	1,665	1	1	1,269
17	i_4	1,23	1,23	–	–	0,865
18	i_5	1	1	–	–	0,66
19	i_6	0,848	0,851	–	–	–
20	$i_{3,x}$	3,938	3,93	3,738	3,738	3,6
21	$i_{p,k}$	–	–	1,15/2,78	1,15/2,79	–
22	i_0	3,909	4,1	5,125	6,125	3,641

Стандартом СЭВ Ст СЭВ 1052-78 “Метрология. Единицы физических величин” введено положение, согласно которому подлежат обязательному применению единицы Международной системы единиц (СИ).

Основные единицами в системе СИ являются:

длины – метр (м);
 масса – килограмм (кг);
 времени – секунда (с);
 силы электрического тока – ампер (А);
 температура – градусы Кельвина (К);
 силы света – свеча (св).

Дополнительные единицы в системе СИ:

плоский угол – радиан (рад);
 телесный угол – стерadian (стер).

Основные единицы являются производными, и в их числе:

единица силы – ньютон (Н);
 единица работы и количества теплоты – джоуль (Дж);
 единица мощности – ватт (Вт);
 единица скорости – метр в секунду (м/с);
 единица ускорения - метр на секунду в квадрате (м/с²) и т.д.

Этим же стандартов предусматривается применение десятичных кратных и дольных от них, из которых наиболее часто встречаются приставки:

мега (М)
 кило (К)
 гекто (г)
 дека (да)
 деци (д)
 санти (с)
 милли (м)
 микро (мк)

Методическим письмом №1 о порядке введения единиц Международной системы (СИ) наряду с единицами СИ допускается применение ряда единиц измерения, предусмотренных соответствующими ГОСТами, и среди них следующие:

время – час, минута (ч, мин);
 угол поворота – радиан (рад);
 температура – градус Цельсия (°С).

Таким образом, делается возможным применение таких производных единиц, как единица скорости – километр в час (км/ч), угловой скорости - обороты в минуты (об/мин) и т. п.

Соотношение между некоторыми единицами МКС и международной систем (СИ): $1 \text{ кгс} = 9,80665 \text{ Н} = 9,81 \text{ Н}$; $1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,80665 \text{ Дж}$; $1 \text{ л.с.} = 735,499 \text{ Вт}$.

Основные принятые обозначения

- $b_{ш}$ – ширина профиля колеса или протектора шины
 c_1 и c_2 – постоянные коэффициенты, зависящие от типа двигателя
- D – динамический фактор автомобиля
 $D_{o,к}$ – диаметр обода колеса
 F – лобовая площадь (площадь Миделя)
 f_k – коэффициент сопротивления качению
 g – ускорение свободного падения
 G_φ – сцепной вес машины
 G_a – вес автомобиля
 $G_{сц}$ – сцепной вес автомобиля
 $i_1, i_2...i_n$, – передаточные числа коробки передач автомобиля по передачам
- i_o – передаточное число главной (основной) передачи автомобиля
- $i_{кп}$ – передаточное число коробки передач автомобиля
 $i_{р,к}$ – передаточное число раздаточной коробки
 $i_{тп}$ – передаточное число трансмиссии
 j – ускорение автомобиля.
 $k_{ш}$ – коэффициент демпфирования шины
 $k_{вш}$ – коэффициент отношений высоты к ширины профиля шины
- m_0 – масса машины (автомобиля)
 m_1 – масса автомобиля приходящая, на ведущие колеса
 n – частота вращения коленчатого вала
 N_e – эффективная мощность двигателя
 n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала
 N_n – номинальная мощность двигателя
 r_o – свободный (конструктивный) радиус колеса
 r_k – кинематический радиус (качения) колеса
 v_a – скорость автомобиля
 α – угол подъема
 $\delta_{вр}$ – коэффициент учета вращающихся масс
 $\eta_{тп}$ – КПД трансмиссии
 λ_m – коэффициент, учитывающий долю массы, приходящую на ведущую ось
- φ_k – коэффициент сцепления движителей с почвой
 B – ширина автомобиля
 κ – коэффициент обтекаемости

M_e – крутящий момент двигателя
 M_k – крутящий момент на ведущем колесе (ведущий момент)
 H – высота автомобиля
 P_f – сила сопротивления качению машины
 P_i – сила сопротивления подъему
 P_j – сила инерции
 P_w – сила сопротивления воздуха
 P_φ – сила сцепления движителей с опорной поверхностью
 P_k – касательная силы тяги на ведущем колесе машины (тяговая сила)

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Учебное издание

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Методическое пособие по выполнению
курсовой работы

Составители:

Гоева Вера Владимировна
Жамалов Рафик Рафаилович
Казakov Сергей Сергеевич
Королев Евгений Викторович

Старший редактор Н. А. Шуварина
Корректор Т. А. Быстрова

Подписано в печать _____.

Формат 60×90, 1/16. Бумага писчая. Гарнитура Times New Roman.

Усл. печ. л. _____. Уч.-изд. л. _____. Тираж ____ экз. Заказ ____.

Отпечатано в ИПЦ НГИЭУ с оригинал-макета
606340, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а