Санкт - Петербургская Государственная Академия

Сервиса и экономики

«Тяговой расчет автомобиля»

Калуга 2007

**1. Исходные данные**

Автомобиль - ВАЗ-2108

Колесная формула - 4х2

Грузоподъемность автомобиля - 450кг

Тип двигателя - Карбюраторный

Коробка передач - Механическая 5 ступенчатая

Максимальная скорость - 140 км/час

Коэффициент суммарного сопротивления дороги - f0=0.0085

Полная масса автомобиля - 1425кг

Масса, приходящаяся на ведущие колеса - 800кг

Мощность двигателя - 135 л.с. (100 кВт) при 6000 об/мин

Удельный расход топлива - 7 л на 100 км

Шины - 175/65 R 14

Радиус качения Rк=0.288 м

КПД трансмиссии - &=0.953

Коэффициент лобового сопротивления Kw=0.3

Лобовая площадь Fa=2 м2

**2. Тягово-динамический расчет автомобиля**

К внешним скоростным характеристикам двигателя внутреннего сгорания относят зависимости вида:

где Ne-эффективная мощность двигателя, кВт

Me-эффективный крутящий момент на коленчатом валу двигателя, Н\*м

ge-удельный эффективный расход топлива, г/кВт\*ч

ne-частота вращения коленчатого вала ДВС,мин-1

*Определение рабочего диапазона двигателя по частоте вращения коленчатого вала*

В рабочем диапазоне частота вращения коленчатого вала ДВС изменяется от nemin до nemax при этом:

Для карбюраторных двигателей- nemin=600-1200 мин-1

nemax=(1.25-1.3)neN мин-1

По указанным рекомендациям устанавливаем nemin=800 мин-1 и

nemax=1.3\*6000=7800 мин-1

*Определение текущего значения мощности в рабочем диапазоне оборотов*

Мощность двигателя определяется по формуле Лейдермана:

Nei=Nemax(a\*(nei/neN)+b\*(nei/neN)2-c\*(nei/neN)3),

где nei-текущее значение частоты вращения коленчатого вала,мин-1.

nei изменяется в диапазоне отnemin до nemax

neN - частота вращения коленчатого вала при максимально эффективной мощности двигателя,мин-1

i=1,2,3…-номера расчетных точек.

a, b, c –коэффициенты (константы Лейдермана),зависящие от конструкции ДВС. Для карбюраторных двигателей a=b=c=1

Nei –текущее значение эффективной мощности, кВт

Nemax-максимальная эффективная мощность двигателя, кВ

N800=100\*(1\*(800/7800)+1\*(800/7800)2-1\*( 800/7800)3)=11,2 кВт

N7800=100\*(1\*(7800/7800)+1\*(7800/7800)2-1\*( 7800/7800)3)=100 кВт

Остальные данные заносятся в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ni | 11.2 | 23.86 | 37.39 | 50.96 | 64 | 76.1 | 86.34 | 90.68 | 94.13 | 98.86 | 100 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

*Определение минимального удельного расхода топлива*

gemin - минимальный удельный расход топлива, г/кВт\*ч

gemin=[1.22-1.22\*( ni/nNe max)+( ni/ nNe max)2]

gemin=287 г/кВт\*ч

*Определение эффективного крутящего момента.*

Эффективный крутящий момент на коленчатом валу двигателя рассчитывается по формуле:

Mei=9550\*Nei/nei, Н\*м

где Nei –текущее значение эффективной мощности,кВт

nei-текущее значение частоты вращения коленчатого вала,мин-1.

M800=9550\*11.2/800=133,7 Н\*м

M7800=9550\*100/7800=122,44 Н\*м

Остальные данные заносятся в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| М | 133,7 | 142,3 | 150,65 | 152,1 | 153 | 151 | 147 | 144 | 140 | 131 | 122,4 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

*Определение текущих значений эффективного удельного расхода топлива.*

Удельный эффективный расход топлива рассчитывается по выражению:

gei=Kg\*gemin(A-B(nei/neN)+C(nei/neN)2), г/кВт\*ч

где Kg-коэффициент,учитывающий равномерность горения заряда топлива: для карбюраторных Kg=0.99…1

gemin-минимальный удельный расход топлива,г/кВт\*ч

nei текущее значение частоты вращения коленчатого вала,мин-1.

изменяется в диапазоне от nemin до nemax

A,B,C-коэффициенты,характеризующие конструктивные особенности двигателя: A=1.3 B=0.85 C=0.6

g800=1\*287\*(1,3-0,85\*(800/7800)+0,6\*(800/7800)2)=349,88 г/кВт\*ч

g7800=1\*287\*(1,3-0,85\*(7800/7800)+0,6\*(7800/7800)2)=301,35 г/кВт\*ч

Остальные данные заносим в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| g | 349 | 330 | 314 | 301 | 293 | 288 | 286 | 287 | 288 | 294 | 301 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

Полученные данные заносятся в таблицу



По данным расчетов строятся графики зависимостей Ne, Me, ge.

*Определение передаточных чисел КПП*

По справочным данным: 1 – 3,64 3 – 1,36 2 – 1,95 4 – 0,94 5 – 0,78

Увеличение числа передач улучшает тяговые свойства автомобиля, динамический фактор на передачах и способствует развитию больших ускорений при одинаковых сопротивлениях, сокращает время разгона. Главное передаточное число 3,7.

**3. Определение динамических показателей автомобиля**

К ним относят касательную силу тяги на ведущих колесах, динамический фактор, скорость движения, ускорения, время и путь разгона. Последние три параметра характеризуют быстроту разгона автомобиля и определяют его приёмистость. Параметры динамичности автомобиля определяются по универсальной динамической характеристики и заданному дорожному сопротивлению для горизонтального участка дороги с твердым покрытием.

*Тяговая характеристика автомобиля*

Сила тяги определяется из зависимости:

Pkn= Uтpn\*Mei\*nтр/rk, Н

где: Pk – сила тяги на ведущих колесах

Uтрn - передаточное отношение трансмиссии на n-ом номере передач

Uтрn=U0n\*Un\*Upkn Где:

U0n- передаточное отношение главной передачи

Un- передаточное отношение в коробке передач на n-ой передаче

Uтр1=3,7\*3,64=13,468

Uтр2=3,7\*1,95=7,252

Uтр3=3,7\*1,36=5,032

Uтр4=3,7\*0,94=3,478

Uтр5=3,7\*0,78=2,886

Mei - текущее значение крутящего момента двигателя

nтр - КПД трансмиссии на всех передачах – постоянно

rk - Радиусы качения всех колес одинаковые и не изменяются во всем диапазоне скоростей движения автомобиля

Сила тяги на 1-ой передаче:

Pk800=13,468\*133,7\*0,95/0,288=5939,715Н

Pk7800=13.468\*122.44\*0.95/0.288=5439.482H

Остальные значения заносятся в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pk | 5939 | 6321 | 6692 | 6756 | 6798 | 6726 | 6541 | 6404 | 6240 | 5825 | 5439 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

Сила тяги на 2ой передаче:

Pk800=7.252\*133,7\*0,95/0,288=3198.308Н

Pk7800=7.252\*122.44\*0.95/0.288=2928.952H

Остальные данные заносят в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pk | 3198 | 3404 | 3603 | 3637 | 3660 | 3621 | 3522 | 3448 | 3360 | 3136 | 2928 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

Сила тяги на 3ий передачи:

Pk800=5.032\*133,7\*0,95/0,288=2219,234Н

Pk7800=5.032\*122.44\*0.95/0.288=2032.334H

# Остальные данные заносят в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pk | 2219 | 2361 | 2500 | 2524 | 2540 | 2513 | 2443 | 2393 | 2331 | 2176 | 2032 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

Сила тяги на 4ой передачи:

Pk800=3,478\*133,7\*0,95/0,288=1533.883H

Pk7800=3,478\*122.44\*0.95/0.288=1404,701H

Остальные данные заносятся в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pk | 5939 | 6321 | 6692 | 6756 | 1755 | 1737 | 1689 | 1654 | 1611 | 1504 | 1404 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

Сила тяги на 5ой передачи:

Pk800=2.886\*133,7\*0,95/0,288=1278.796H

Pk7800=2.886\*122.44\*0.95/0.288=1165.603H

Остальные данные заносятся в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pk | 1278 | 1354 | 1434 | 1447 | 1456 | 1441 | 1401 | 1372 | 1337 | 1248 | 1165 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

*Сила лобового (аэродинамического) сопротивления*

Pw=Kw\*Fa\*V2ani /13

где Kw - Коэффициент лобового сопротивления

Fa – Лобовая площадь автомобиля

Vani – скорость движения автомобиля на n-ой передаче в iой расчетной точке Vani=0.377\*rk\*nei/Uтрn Где:

nei-частота вращения вала двигателя в i-ой расчетной точке,мин-1

rk-радиус качения шины

Uтрn-передаточное отношение трансмиссии на n-ой номере передач

в каждом из агрегатов

На первой передаче:

Vani800=(0.377\*0.288\*800)/13.46=6.4

Vani7800=(0.377\*0.288\*7800)/13.46=63

На второй передаче:

Vani800=(0.377\*0.288\*800)/7.2=12

Vani7800=(0.377\*0.288\*7800)/7.2=116

На третьей передаче:

Vani800=(0.377\*0.288\*800)/5=17

Vani7800=(0.377\*0.288\*7800)/5=163

На четвертой передаче:

Vani800=(0.377\*0.288\*800)/3.4=25

Vani7800=(0.377\*0.288\*7800)/3.4=171

На пятой передаче:

Vani800=(0.377\*0.288\*800)/2.8=30

Vani7800=(0.377\*0.288\*7800)/2.8=293

На первой передаче:

Pw800=0.3\*2\*41.59/13=1.9

Pw7800=0.3\*2\*3954.12/13=182.49

На второй передаче:

Pw800=0.3\*2\*143.4=6.7

Pw7800=0.3\*2\*13.637=629.4

На третьей передаче:

Pw800=0.3\*2\*297.9=13.7

Pw7800=0.3\*2\*283.25=1307.5

На четвертой передаче:

Pw800=0.3\*2\*623.7=28.7

Pw7800=0.3\*2\*5929.2=2736.5

На пятой передаче:

Pw800=0.3\*2\*905.8=41.9

Pw7800=0.3\*2\*8611.9=3974.5

Остальные данные заносятся в таблицу

На первой передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |
| Pw | 1.9 | 7.6 | 17.2 | 30.7 | 48 | 70 | 94 | 107 | 122 | 155 | 182 |

На второй передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |
| Pw | 6.6 | 26 | 56 | 105 | 165 | 238 | 324 | 372 | 423 | 536 | 629 |

На третьей передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |
| Pw | 14 | 55 | 123 | 220 | 343 | 495 | 673 | 773 | 880 | 1113 | 1307 |

На четвертой передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |
| Pw | 28.7 | 115 | 259 | 460 | 719 | 1036 | 1410 | 1619 | 1842 | 2331 | 2736 |

На пятой передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 6800 | 7800 |
| Pw | 41 | 167 | 376 | 668 | 1045 | 1505 | 2048 | 2351 | 2675 | 3386 | 3976 |

Скорость движения автомобиля:

V=0.105\*((ni\*rk)/(i0\*ik))

где: ni - частота вращения коленчатого вала

rk – радиус качения

i0 – главное передаточное число

ik – передаточное число для каждой передачи

На первой передаче

V800=0,105\*((800\*0,288)/(3,7\*3,64))=1,8

V7800=17

На второй передаче

V800=3.5

V7800=33.5

На третей передаче

V800=4.8

V7800=47

На четвертой передаче

V800=7

V7800=67

На пятой передаче

V800=8

V7800=81

Остальные данные заносятся в таблицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |
| Va | 1,8 | 3,57 | 5,4 | 7,14 | 9 | 11 | 12,5 | 13,4 | 14 | 16 | 17 |

На второй передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |
| Va | 3.5 | 7 | 10 | 14 | 17 | 20 | 24 | 26 | 27.5 | 30 | 33.5 |

На третьей передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |
| Va | 4.8 | 9.6 | 14 | 19 | 24 | 29 | 33 | 36 | 39 | 43 | 47 |

На четвертой передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |
| Va | 7 | 13.7 | 20 | 27 | 34 | 41 | 48 | 51 | 55 | 62 | 67 |

На пятой передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |
| Va | 8 | 16 | 25 | 33 | 41 | 50 | 58 | 62 | 67 | 75 | 81 |

*Динамическая характеристика автомобиля*

Для сравнительной оценки тяговых качеств автомобиля, независимо от массы, используется динамический фактор

Д = (Pk-Pw)/(ma\*g),

где Pk – тяговая сила на ведущих колесах

Pw – величина силы сопротивления встречного воздуха

ma – масса автомобиля

g – ускорение свободного падения(9,8)

На первой передаче

Д800=(Pk800-Pw800)/(1425\*9.8)=(5939-2)/14=424

Д7800=(5439-182)/14=375

На второй передаче

Д800=(3198-6,6)/14=228

Д7800=(2928-629)/14=164

На третьей передаче

Д800=(2219-14)/14=157

Д7800(2032-1307)/14=58

На четвертой передаче

Д800=(1533-29)/14=107

Д7800(1404-2736)/14=0

На пятой передаче

Д800=(1272-41)/14=88

Д7800(1165-3974)/14=0

Остальные данные заносят в таблицу

На первой передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д1 | 424 | 451 | 477 | 480 | 482 | 475 | 460 | 450 | 437 | 405 | 375 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

На второй передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д2 | 228 | 241 | 253 | 252 | 250 | 241 | 228 | 220 | 210 | 186 | 164 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

На третьей передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д3 | 157 | 165 | 170 | 165 | 157 | 114 | 126 | 116 | 104 | 76 | 58 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

На четвертой передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д4 | 107 | 108 | 105 | 92 | 74 | 50 | 20 | 2,5 | 0 | 0 | 0 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

На пятой передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Д5 | 88 | 85 | 76 | 56 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ni | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | 6400 | 7200 | 7800 |

*Мощностной баланс автомобиля*

N=Nb +Nтр+Nw+Nj+Nq

Nb=10-3\*Pb\*Va [кВт] – мощность затраченная на привод вспомогательного оборудования где:

Va – скорость автомобиля (м/с);

Рb – сила сопротивления вспомогательного оборудования;

Ne – мощность двигателя;

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наим. | Показатели | | Частота вращения коленчатого вала об/мин. | | | | | | | | | | | | | | |
| Обозн. | Разм. | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | | | 4000 | 4800 | 5600 | 6000 | | 6400 | 7200 | | 7800 |  |
| Мощн. ДВС | Ne | кВт | 11 | 23 | 37 | 50 | | | 64 | 76 | 86 | 90 | | 94 | 98 | | 100 |
| Мощн. потерь прив. | Nb | кВт | 0,04 | 0,14 | 0,32 | 0,63 | | | 1,12 | 1,83 | 2,8 | 4,08 | | 5,72 | 7,75 | | 10,2 |
|  | Ne-Nb | кВт | 11 | 23 | 37 | 40,8 | | | 63 | 75 | 84 | 86 | | 90 | 91 | | 89,8 |
| Перед. | Va | м/с |  | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Va1 | м/с | 2 | 5 | 7 | | 9 | 11 | | 12 | 13 | | 14 | 15 | 16 | 17 | |
| 2 | Va2 | м/с | 4 | 7 | 10 | | 14 | 17 | | 20 | 24 | | 26 | 27 | 30 | 33 | |
| 3 | Va3 | м/с | 5 | 9 | 14 | | 19 | 24 | | 29 | 33 | | 36 | 39 | 43 | 47 | |
| 4 | Va4 | м/с | 7 | 13 | 20 | | 27 | 34 | | 41 | 48 | | 51 | 55 | 62 | 67 | |
| 5 | Va5 | м/с | 8 | 16 | 25 | | 33 | 41 | | 50 | 58 | | 62 | 67 | 75 | 81 | |

**Список использованной литературы**

1. Чудаков Е.А. «Теория автомобиля» М: Машииз, 1990, - 344с.

2. «Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей» /под ред. Орлина А.И., Круглова М.Т. М: Машиностроение. - 1993 г. 372с.

3. Колчин А.И., Демидов В.П. «Расчет автомобильных и тракторных двигателей» М: Высшая школа, 1997г. - 400с.

4. Митрофанов В.И., Шабашева М.М. «Методы расчета эффективного удельного расхода топлива ДВС при проектировании автомобилей» Межвузовский сборник научных трудов. М: ВЗМИ, 1996г. - 145с.

5. Смирнов Г.А. «Теория автомобиля» М: ВШ, 1991. 344с.