**Содержание**

Введение...................................................................................................3

Исходные данные....................................................................................4

1. Внешняя скоростная характеристика автомобильного двигателя....5

2. Тяговый баланс автомобиля......................................................................6

3. Динамический баланс автомобиля...........................................................8

4. Характеристика ускорений и обратных ускорений автомобиля........9

5. Характеристика разгона автомобиля по времени..................................10

6. Характеристика разгона автомобиля по пути........................................11

7. Мощностной баланс автомобиля.......................................................12

8. Топливно-экономическая характеристика автомобиля....................14

Список литературы...............................................................................15

**Введение**

Целью выполняемой расчетно-графической работы является приобретений практических навыков проведения расчетов по определению тяговых, динамических и топливно-экономических качеств конкретной модели автомобиля.

При выполнении работы проводится расчетное определение тяговой характеристики автомобиля, построение тягового баланса, динамической характеристики, динамического баланса, времени разгона, пути, проходимого автомобилем в процессе разгона, мощностного баланса, топливно-экономической характеристики.

**Исходные данные**

Автомобиль грузовой 4\*2

Грузоподъемность 5000 кг

Масса автомобиля в снаряженном состоянии-4300 кг

Полная масса автомобиля - 9525 кг

Распределение массы по осям передняя/задняя-2575/6950

Бензиновый двигатель Б12 по варианту

Колея-1800 мм

Высота-2350 мм

Коэф-т обтекаемости-0,95, для автопоезда увеличиваем на 25 % - 1,18

Передаточные числа коробки передач:

1-7,44

2-4,1

3-2,29

4-1,47

5-1,00

Передаточное число главной передачи-6,32

Шины-260-20

Прицеп массой 8000 кг

Масса автопоезда 17525 кг

**1. Внешняя скоростная характеристика автомобильного двигателя**

Внешняя скоростная характеристика автомобильного двигателя представляет собой графически представленные зависимости мощности двигателя *Ne* в *кВт,* крутящего момента *Ме* в *н.м* и удельного расхода топлива *ge* в *г/кВт.час* в функции частоты вращения коленчатого вала двигателя *ne* в *об/мин* при полной подаче топлива в цилиндры двигателя.

Зависимость крутящего момента от технической частоты можно рассчитать по известной из механики формуле:



Здесь:

*Me* – крутящий момент в нм;

*Ne* – мощность в Вт;

 – круговая частота вращения вала двигателя в рад/сек.

Круговая частота вращения вала двигателя в рад/сек однозначно связана с линейной частотой *ne* в об/мин:



Отсюда значение крутящего момента *Ме* в нм по данным внешней характеристики, выраженной через зависимость мощности *Ne*в кВт от оборотов *ne* в об/мин, определится:



Таблица 1 – Результаты расчета скоростной характеристики ДВС

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *we,*, с-1 | 78,5 | 130,8 | 167,5 | 209,3 | 261,7 | 314,0 | 334,9 |
| *ne,*, об/мин | 750 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3000 | 3200 |
| *Ne*, кВт | 28 | 50 | 65,8 | 79,7 | 96,5 | 109 | 110 |
| *Me*, Нм | 356,7 | 382,2 | 392,9 | 380,7 | 368,8 | 347,1 | 328,4 |

По полученным значениям *Ne* и *Me* строим скоростную характеристику двигателя.

2. Тяговый баланс автомобиля

Тяговый баланс автомобиля представляет собой объединенные на одном графике тяговую характеристику автомобиля и силы сопротивления при равномерном движении.

Тяговая характеристика автомобиля – это зависимость условной силы тяги на колесах в функции скорости движения при работе автомобиля на всех передачах, кроме передачи заднего хода.

Условная сила тяги определяется по выражению:



Здесь:

 – условная сила тяги на колесах автомобиля (н);

*Ме* – крутящий момент двигателя (берется с внешней характеристики двигателя)

 – передаточное число коробки передач;

 – передаточное число главной передачи;

- кпд трансмиссии

 – радиус качения колеса в ведомом режиме

В первом приближении можно принять равными радиус качения в ведомом режиме и статический радиус колеса – 285 мм

Скорость автомобиля, соответствующая данному значению условной силы тяги, определяется по формуле:



Здесь:

*ne* – частота вращения вала двигателя в об/мин , соответствующая выбранному по внешней характеристике значению крутящего момента, принятому для вычисления условной силы тяги.

Из сил сопротивления на график тягового баланса наносится сила сопротивления качению и сила аэродинамического сопротивления (сила сопротивления воздуха).

Сила сопротивления качению рассчитывается по выражению:



Здесь:

*Ga* – полный вес автомобиля (н);

*fo* – коэффициент сопротивления движению при малой скорости (принимаем для сухого асфальта или асфальтобетона *fo* = 0,014 для легковых автомобилей) и *fo* = 0,03 для грунтовой дороги для всех автомобилей. Расчет ведем для асфальта или асфальтобетона и для грунтовой дороги;

*Av* – коэффициент влияния скорости . Принимаем *Av* равным ;

*Va* – скорость движения автомобиля (км/час);

Силу аэродинамического сопротивления рассчитываем по формуле:



Здесь:

*сx* – коэффициент аэродинамического сопротивления (берется из данных по автомобилю)

 – плотность воздуха (принимаем в расчетах =1,24);

*F* –площадь поперечной проекции автомобиля. В первом приближении рассчитываем значение *F* по выражении.

**

Где:

*В* – колея автомобиля;

*Н* – габаритная высота автомобиля.

На графике тягового баланса строим отдельно зависимости сил сопротивления качению и аэродинамического сопротивления и суммарную силу сопротивления движению.

Результаты заносим в таблицу 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *nе*, об/мин | *Ме*, Нм | *Va*, км/ч | *РК*, Н | *Рf*, Н | *РW*, Н | *РК- РW*, Н | *D* | *f* | *δ* | *jn*, м/с2 | *1/jn*, с2/м |
| I передача | | | | | | | | | |
| 750 | 356,7 | 2,9 | 30070 | 1720 | 2 | 30068 | 0,175 | 0,01 | 3,25 | 0,50 | 2,00 |
| 1250 | 382,2 | 4,9 | 32219 | 1721 | 5 | 32214 | 0,187 | 0,01 | 0,53 | 1,87 |
| 1600 | 392,9 | 6,2 | 33121 | 1723 | 8 | 33113 | 0,193 | 0,01 | 0,55 | 1,82 |
| 2000 | 380,7 | 7,8 | 32093 | 1724 | 13 | 32080 | 0,187 | 0,01 | 0,53 | 1,87 |
| 2500 | 368,8 | 9,8 | 31090 | 1727 | 21 | 31069 | 0,181 | 0,01 | 0,52 | 1,92 |
| 3000 | 347,1 | 11,7 | 29261 | 1731 | 29 | 29232 | 0,170 | 0,01 | 0.48 | 2,08 |
| 3200 | 328,4 | 12,5 | 27684 | 1733 | 34 | 27650 | 0,161 | 0,01 | 0,46 | 2,17 |
| II передача | | | | | | | | | | | |
| 750 | 356,7 | 5,3 | 16587 | 1722 | 6 | 16581 | 0,096 | 0,01 | 1,71 | 0,49 | 2,04 |
| 1250 | 382,2 | 8,8 | 17772 | 1726 | 17 | 17755 | 0,103 | 0,01 | 0,53 | 1,87 |
| 1600 | 392,9 | 11,2 | 18270 | 1730 | 27 | 18243 | 0,106 | 0,01 | 0,55 | 1,82 |
| 2000 | 380,7 | 14,0 | 17703 | 1736 | 42 | 17661 | 0,103 | 0,01 | 0,53 | 1,87 |
| 2500 | 368,8 | 17,5 | 17149 | 1746 | 66 | 17083 | 0,099 | 0,01 | 0,51 | 1,96 |
| 3000 | 347,1 | 21,0 | 16140 | 1757 | 95 | 16045 | 0,093 | 0,01 | 0,48 | 2,08 |
| 3200 | 328,4 | 22,4 | 15271 | 1762 | 108 | 15163 | 0,088 | 0,01 | 0,45 | 2,22 |
| III передача | | | | | | | | | | | |
| 750 | 356,7 | 9,5 | 9274 | 1727 | 19 | 9255 | 0,054 | 0,01 | 1,25 | 0,35 | 2,86 |
| 1250 | 382,2 | 15,8 | 9937 | 1741 | 54 | 9883 | 0,057 | 0,01 | 0,37 | 2,70 |
| 1600 | 392,9 | 20,2 | 10215 | 1754 | 88 | 10127 | 0,059 | 0,01 | 0,38 | 2,63 |
| 2000 | 380,7 | 25,2 | 9898 | 1774 | 137 | 9761 | 0,057 | 0,01 | 0,37 | 2,70 |
| 2500 | 368,8 | 31,5 | 9589 | 1804 | 213 | 9376 | 0,055 | 0,01 | 0,35 | 2,86 |
| 3000 | 347,1 | 37,8 | 9025 | 1842 | 307 | 8718 | 0,051 | 0,011 | 0,31 | 3,23 |
| 3200 | 328,4 | 40,3 | 8538 | 1859 | 349 | 8189 | 0,048 | 0,011 | 0,29 | 3,45 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IV передача | | | | | | | | | | | | | |
| 750 | 356,7 | 14,8 | 5957 | 1738 | 47 | 5910 | 0,034 | 0,01 | 1,13 | 0,21 | | 4,76 | |
| 1250 | 382,2 | 24,6 | 6383 | 1771 | 130 | 6253 | 0,036 | 0,01 | 0,23 | | 4,35 | |
| 1600 | 392,9 | 31,5 | 6561 | 1804 | 213 | 6348 | 0,037 | 0,01 | 0,24 | | 4,17 | |
| 2000 | 380,7 | 39,4 | 6358 | 1853 | 334 | 6024 | 0,035 | 0,011 | 0,21 | | 4,76 | |
| 2500 | 368,8 | 49,2 | 6159 | 1927 | 520 | 5639 | 0,033 | 0,011 | 0,19 | | 5,26 | |
| 3000 | 347,1 | 59,1 | 5797 | 2019 | 751 | 5046 | 0,029 | 0,012 | 0,15 | | 6,67 | |
| 3200 | 328,4 | 63,0 | 5484 | 2060 | 853 | 4631 | 0,027 | 0,012 | 0,13 | | 7.69 | |
| V передача | | | | | | | | | | | | |
| 750 | 356,7 | 21,8 | 4031 | 1760 | 102 | 3929 | 0,023 | 0,01 | 1,08 | 0,12 | 8,33 | |
| 1250 | 382,2 | 36,3 | 4319 | 1832 | 283 | 4036 | 0,0235 | 0,011 | 0,11 | 9,09 | |
| 1600 | 392,9 | 46,4 | 4440 | 1904 | 463 | 3977 | 0,023 | 0,011 | 0,10 | 10,00 | |
| 2000 | 380,7 | 58,0 | 4302 | 2008 | 723 | 3579 | 0,021 | 0,012 | 0,08 | 12,50 | |
| 2500 | 368,8 | 72,5 | 4167 | 2171 | 1130 | 3037 | 0,018 | 0,013 | 0,045 | 22,22 | |
| 3000 | 347,1 | 87,0 | 3922 | 2370 | 1627 | 2295 | 0,013 | 0,014 | - | - | |
| 3200 | 328,4 | 92,8 | 3711 | 2459 | 1852 | 1859 | 0,011 | 0,014 | - | - | |

Дополнительные расчеты для пятой передачи:

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f(0,03) | 0,03 | 0,033 | 0,033 | 0,036 | 0,039 | 0,042 | 0,042 |
| Pf(f(0,03)) | 5280 | 5496 | 5712 | 6024 | 6513 | 7110 | 7377 |
| Pf +Pw, f=0,03 | 5382 | 5779 | 6175 | 6747 | 7643 | 8737 | 9229 |
| Pf +Pw, f=0,01 | 1862 | 2115 | 2367 | 2731 | 3301 | 3997 | 4311 |

3. Динамический баланс автомобиля

На графике динамического баланса изображается динамическая характеристика автомобиля и зависимость коэффициента сопротивления качению от скорости.

Динамическая характеристика автомобиля – это зависимость динамического фактора автомобиля от скорости при движении автомобиля на всех передачах переднего хода.

Динамический фактор определяется по выражению:



Кривые зависимости коэффициента сопротивления от скорости строятся для асфальта или асфальтобетона и для грунта.

Расчеты сводим в таблицу 2 и таблицу 3.

**4. Характеристика ускорений и обратных ускорений автомобиля**

Характеристика ускорений автомобиля представляет собой зависимость ускорений, которые может развить автомобиль при движении на всех передачах переднего хода при полной подаче топлива в двигатель от скорости движения автомобиля. Ускорения рассчитываются только для случая разгона на асфальтовом или асфальтобетонном шоссе.

При разгоне автомобиля предполагается работа двигателя с полной подачей топлива, т.е. по внешней характеристике.

Ускорения рассчитывают по выражению



Здесь:

*ja* – ускорения автомобиля (м/с2);

*g* – ускорение свободного падения (9,8 м/с2);

 – коэффициент учета инерции вращающихся масс. Рассчитывается по выражению:

 = 1,04+0,04·iкп2 ,

Результаты расчетов заносим в таблицу 2.

**5. Характеристика разгона автомобиля по времени**

Пользуясь дифференциальной зависимостью , находим , следовательно, время разгона автомобиля от скорости *V1* до *V2*:

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

где *V1* – начальная скорость, м/с; *V2* – конечная скорость, м/с; (*1/ja*) – величина обратного ускорения для данного шага.

Этот интеграл решается графическим способом. Для решения интеграла необходимо иметь вспомогательный график величин, обратных ускорениям:

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

где *n* – количество интегралов.

Разбивая кривые обратных ускорений на *n* интервалов и считая, что в каждом интервале изменения скорости автомобиль разгоняется с постоянным ускорением (*j*), найдем время разгона автомобиля на каждом интервале:

|  |  |
| --- | --- |
| . |  |

*ΔV* = 2,78 м/с - величина интервала.

Таблица 4 - Результаты расчета времени разгона

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер интервала | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *1/j*, с2/м | 0 | 1,845 | 2,046 | 2,822 | 3,424 | 5,374 | 6,905 |
| *t*, с | 0 | 2,56 | 5,41 | 6,77 | 8,68 | 12,23 | 17,07 |

Тогда суммарное время разгона до контрольной скорости (60 км/ч) будет равно:

.



6. Характеристика разгона автомобиля по пути

|  |  |
| --- | --- |
| , |  |

где *t0* – время начала разгона; *tn* – время конца разгона; *Δt* – шаг интегрирования.

В данном случае *n* = 6, *Δt* = 8,79 с.

Путь разгона на каждом интервале:

|  |  |
| --- | --- |
| . |  |

Тогда *S0* = 0 м;

Таблица 5 - Результаты расчета пути разгона

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер интервала | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *V*, м/с | 0 | 2,78 | 5,56 | 8,34 | 11,12 | 13,9 | 16,67 |
| *t*, с | 0 | 2,56 | 7,97 | 14,74 | 23,42 | 35,65 | 52,72 |
| *S, м* | 0 | 12,22 | 48,87 | 109,96 | 195,49 | 305,45 | 439,81 |

Тогда суммарный путь разгона автомобиля до контрольной скорости:





**7. Мощностной баланс автомобиля**

На графике мощностного баланса изображается мощностная характеристика автомобиля на всех передачах прямого хода и суммарная мощность сопротивления качению и аэродинамического сопротивления при равномерном движении при движении автомобиля на асфальтовом или асфальтобетонном шоссе (f0 = 0,014 для легковых автомобилей и f0 = 0,01 для грузовых автомобилей) и при движении на грунтовой дороге (f0 = 0,03 для всех автомобилей)

Мощностная характеристика автомобиля представляет собой зависимость мощности на ведущих колесах автомобиля от скорости движения автомобиля.

Мощность на ведущих колесах представляет собой мощность двигателя, определенную по внешней характеристике двигателя, подведенную к ведущим колесам с учетом потерь в трансмиссии:



Результаты расчетов заносим в таблицу 6:

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ne , кВт | 28 | 50 | 65,8 | 79,7 | 96,5 | 109 | 110 |
| Nk , кВт | 24,4 | 43,5 | 57,2 | 69,3 | 84,0 | 94,8 | 95,7 |

Скорость движения автомобиля при данном значении мощности, определяем с учетом передаточного числа включенной передачи в коробке передач:



Мощность сопротивления качению *Nf* рассчитываем по формуле:



При подстановке *Ga* – в н, *Va* – в км/час, то мощность *Nf* определяется в кВт.

Мощность аэродинамического сопротивления *Nw* рассчитываем по выражению:



При подстановке  в кг/м3, *F* в *м2* и *Va* км/час мощность *Nw* определяется в кВт.

Результаты расчетов сводим в таблицу 7:

Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 5 передача | | | | | | |
| Va, км/ч | 21,8 | 36,3 | 46,4 | 58,0 | 72,5 | 87,0 | 92,8 |
| Nf f=0,01 | 10,7 | 18,5 | 24,5 | 32,4 | 43,7 | 57,3 | 63,4 |
| Nf f=0,03 | 32,1 | 55,5 | 73,6 | 97,1 | 131,2 | 171,8 | 190,2 |
| Nw | 0,6 | 2,9 | 6,0 | 11.7 | 22,9 | 39,5 | 50,0 |
| Nf+ Nw f=0,01 | 11,3 | 21,4 | 30,5 | 44,1 | 66,6 | 96,8 | 113,4 |
| Nf+ Nw f=0,03 | 32,7 | 58,4 | 79,6 | 108,8 | 154,1 | 211,3 | 240,2 |

**8. Топливно-экономическая характеристика автомобиля**

Топливно-экономическая характеристика автомобиля представляет собой зависимость путевого расхода топлива *Qs* в л/100 км, определенного на различных скоростях при равномерном движении автомобиля на заданной дороге с заданной передачей в коробке передач

Для построения топливно-экономической характеристики автомобиля необходима нагрузочная характеристика двигателя данного автомобиля.

Нагрузочная характеристика представляет собой двумерный массив, характеризующий зависимость удельного расхода топлива данным двигателем *ge*, заданного в г/кВт.час или часового расхода топлива *Gт*, заданного в кг/час, в функции двух переменных факторов – степени загрузки двигателя (%Ne) и частоты вращения коленчатого вала двигателя (*ne*)

Обычно степень загрузки задается набором значений – 20%, 40%, 60%, 80% и 100% загрузки.

Нагрузочная характеристика

Удельный *ge*г/кВт.час расход топлива

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ne\% Ne | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| 950 | 843 | 510 | 408 | 381 | 462 |
| 1500 | 714 | 469 | 381 | 353 | 381 |
| 1900 | 680 | 449 | 367 | 333 | 347 |
| 2250 | 680 | 462 | 374 | 333 | 353 |

Затем для каждого фиксированного значения частоты вращения коленчатого вала двигателя определяем на заданной передаче в коробке передач соответствующую скорость автомобиля:



Затем рассчитываем величину суммарной мощности сопротивления движению при равномерном движении автомобиля с этой скоростью на заданной передаче на заданной дороге:







Затем на графике мощностного баланса определяем степень загрузки двигателя при равномерном движении автомобиля с этой скоростью на заданной передаче на заданной дороге.

Степень загрузки представляет собой отношение суммарной мощности сопротивления движению к мощности, которую может развить двигатель при полной подаче топлива при работе на выбранной частоте вращения вала двигателя.

При известной степени загрузки двигателя и частоте вращения коленчатого вала двигателя по нагрузочной характеристике (графической ее интерпретации) определяем значение удельного или часового расхода топлива *ge*, или *Gт* с которым работает двигатель на заданном скоростном режиме движения автомобиля.

Определяем значение путевого расхода топлива *Qs* в л/100 км на заданном скоростном режиме движения автомобиля по формуле:

 или 

Здесь:

 – плотность топлива. Принимаем плотность бензина = 0,73, плотность дизельного топлива – 0,8

**Список литературы**

**1.** Селифонов В.В.Теория автомобиля: Методические указания по выполнению расчетно-графической работы / В.В. Селифонов. – М.: ИИТ, 2011. – 52 с.

**2.** Автомобиль: Основы конструкции: Учебник для вузов по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство"/Н.Н. Вишняков, В.К. Вахламов, А.Н Нарбут и др.— 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 304 с.: ил.

**3.** Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов втузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы»/ П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с., ил.

**Приложения**

Рисунок 1

Рисунок 2

Рисунок 3

Рисунок 4

Рисунок 5

Рисунок 6 Характеристика обратных ускорений автомобиля

Рисунок 7

Рисунок 8

Рисунок 9

Рисунок 10 Нагрузочная характеристика двигателя

Рисунок 11