**Содержание**

1 Исходные данные для расчета

2 Расчет внешней скоростной характеристики двигателя

2.1 Определение минимальной частоты вращения коленчатого вала

2.2 Расчет мощности двигателя

2.3 Определение крутящего момента двигателя

3 Тяговый расчет автомобиля

3.1 Определение скорости движения автомобиля

3.2 Расчет сил, действующих на автомобиль

3.3 Расчет динамического фактора автомобиля

3.4 Определение ускорения автомобиля

3.5 Определение времени разгона автомобиля

3.6 Определение пути разгона автомобиля

3.7 Расчет и построение графика пути торможения автомобиля

4 Таблицы

5 Графики

5.1 Внешняя скоростная характеристика двигателя

5.2 Тяговая характеристика автомобиля

5.3 Динамическая характеристика автомобиля

5.4 График ускорения автомобиля

5.5 График обратной ускорению величины



5.6 График времени разгона автомобиля

5.7 График пути разгона автомобиля

5.8 График пути торможения автомобиля

6 Выводы по работе и сравнение исследуемого автомобиля с аналоговыми моделями

7 Литература

**1. Исходные данные для расчета**

|  |  |
| --- | --- |
| Марка автомобиля | ВАЗ – 2121 |
| Тип привода | Полноприв. |
| Полная масса, m, кг | 1550 |
| Мощность двигателя , кВт | 75 |
| Номинальные обороты n, об/мин | 5400 |
| Передаточные числа: |  |
| коробки передач | 3,667 |
|  | 1,95 |
|  | 1,36 |
|  | 1,0 |
|  | 0,82 |
| главной передачи | 4,1 |
| Габаритные размеры: |  |
| ширина B, м | 1,680 |
| высота H, м | 1,640 |
| Тип и размер шин | 175/80R16 |
| Коэф. перераспределения веса на ведущие колеса λ | 1 |
| Коэф. деформации шин ∆ | 0,14-0,2 |
| Коэф. сопротивления воздуха К, | 0,2-0,35 |
| Условия эксплуатации: |  |
| Горизонтальный участок дороги  с асфальтобетонным покрытием:  коэф. сопротивления качению, f  коэф. сцепления, φ | 0,014-0,018  0,7-0,8 |

**2. Расчет внешней скоростной характеристики двигателя**

*Внешняя скоростная характеристика двигателя* – это зависимость крутящего момента, мощности двигателя, расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала при полной подаче топлива.

**2.1 Определение минимальной частоты вращения коленчатого вала**

(2.1),



где - номинальная частота вращения коленчатого вала, рад/с.



(2.2) ,



где n – номинальная частота вращения коленчатого вала, об /мин.

(рад/с)



0,19×565 = 107 (рад/с)



Для построения внешней скоростной характеристики, зная значения максимальной и минимальной частот вращения коленчатого вала, разделим всю область значений ω на 9 примерно равных промежутков.

**2.2 С помощью формулы Лейдермана определяем значения мощности двигателя соответственно для каждого значения частоты вращения ω коленчатого вала**



(2.3)



где - текущее значение мощности, кВт



- номинальная мощность двигателя, кВт



– текущее значение частоты вращения коленчатого вала, (рад/с)



- номинальная частота вращения коленчатого вала, (рад/с)



A, B, C – коэффициенты зависящие от типа двигателя (A, B, C=1)

Определим значение соответствующее значению ωдв=100 (рад/с)



==16,38 (кВт)



Аналогично определяем остальные значения мощности для каждого значения частоты вращения коленчатого вала .



**2.3 Определение крутящего момента двигателя**

(2.4)



0,153 (кН × м)



Аналогичным образом определяем остальные значения .



Рассчитанные значения , , сводим в таблицу 2.1



По полученным данным (таблицу 2.1) строим внешнюю скоростную характеристику двигателя (Рисунок 1).

**3. Тяговый расчет автомобиля**

**3.1 Определение скорости движения автомобиля**

(3.1) , где r – радиус колеса, м.



(3.2) , где:



d – посадочный диаметр колес, дюйм;

B – условная ширина профиля шины, мм;

λ – коэффициент высоты профиля шины;

∆ – коэффициент деформации шины.

В соответствии с параметрами шины ( раздел 1 ) d = 16 (дюймов) и B = 175 (мм), λ = 0,80 см, параметры шины в разделе 1.

Для радиальных шин ∆ = 0,14 – 0,2. Принимаем ∆ = 0,14.

Рассчитаем значения r:

= 0,32 (м).



(3.3)



где: Un – передаточное число k-той передачи,

Uo – передаточное число главной передачи.

Значения передаточных чисел всех передач приведены в разделе 1.

Определим значение Va для первой передачи при ω = 107 рад/с:

= 2,30 (м/с).



Аналогичным образом определяем значения скорости движения автомобиля на других передачах и значениях ω.

Рассчитанные значения скорости сводим в таблицы 3.1 – 3.5.

**3.2 Расчет сил, действующих на автомобиль**

Тяговая сила на ведущих колесах определяется по формуле:

(3.4) ,



где - коэффициент полезного действия трансмиссии, которая зависит от типа и конструкции автомобиля, усредненные значения для механических трансмиссии легкового автомобиля равны 0,9.



Определим первое значение тяговой силы на I-ой передаче:

=6.40 (кН)



Аналогичным образом определяем значения автомобиля на других передачах и значениях ω и заносим их в таблицы 3.1 – 3.5.



Максимальное значение тяговой силы по сцеплению колес с дорогой Pсц определяем выражением:

(3.5) , где:



- сцепной вес автомобиля(вес приходящийся на ведущие колеса), Н. - коэффициент сцепления с дорогой.



(3.6) ,



где - полная масса автомобиля, кг.



g – ускорение свободного падения, м/с.



= 0,7 - 0,8. Принимаем = 0,8.



=6,57 (кН).



Сила сопротивления качению Pk определяется выражением:

(3.7)



где: Ga – вес автомобиля, Н;

f – коэффициент сопротивления качению.

f = 0,014-0,018.

Принимаем f = 0,014.

= 0,21287 (кН).



Сила сопротивления воздуха рассчитывается по формуле:

(3.8) ,



где k – коэффициент обтекаемости;

F – площадь лобовой поверхности, ;



– скорость движения автомобиля, м/с.



k = 0.35

(3.9) F = 0.78×B×H,

где B и H ширина и высота автомобиля соответственно, м.

F = 0.78×1,68×1,64= 2,15 ().



Рассчитаем значения на первой передаче:



= 0,0030 (кН).



Остальные значения на других передачах рассчитываем аналогично



приведенному примеру и заносим полученные данные в таблицы 3.1 – 3.5.

Строим тяговую характеристику автомобиля (Рисунок 2).

**3.3 Расчет динамического фактора автомобиля**

*Динамически фактор* – это удельная избыточная тяговая сила, которая затрачивается на преодоление дорожных сопротивлений и разгон автомобиля.

(3.10) -



формула для определения динамического фактора.

Пример расчета:

= 0,54



Таким же образом рассчитываем остальные значения динамического фактора и заносим их в таблицу 3.1 – 3.5.

Динамически фактор по сцеплению с дорогой рассчитывается по формуле:

(3.11) ,



где - коэффициент сцепления с дорогой. = 0,8.



= 0,553



Строим динамическую характеристику автомобиля (Рисунок 3).

**3.4 Определение ускорения автомобиля**

Выражение для определения ускорения автомобиля имеет вид:

(3.12) ,



где - суммарный коэффициент дорожных сопротивлений;



g – ускорение свободного падения, м/с.



- коэффициент учета вращающихся масс.



(3.13) ,



- уклон дороги, .



Так как расчет ведется для сухой горизонтальной асфальтобетонной дороги, то =0. Поэтому справедливо равенство:



(3.14) ,



где Uk – передаточное число k-той передачи;

- 0,04-0,08. Принимаем = 0,08.



Рассчитаем значение на I -ой передаче:



= 2,12



Остальные значения на других передачах рассчитываем аналогично приведенному выше примеру.



Значение на всех передачах: =2,12; = 1,34; 1,18; 1,12; 1,09.



Для примера определим одно из значений ускорения автомобиля на I-ой передаче:

= 1.88 (м/с).



Аналогично приведенному примеру рассчитываем остальные значения ускорения на других передачах и заносим их в таблицы 3.1-3.6.

Строим график ускорения автомобиля на всех передачах в и – координатах(Рисунок 4). Для каждого из рассчитанных значении определяем обратную величину и заносим полученные значения в таблицы 3.1–3.5. Строим графическую зависимость в , Va – координатах (Рис. 5)



**3.5 Определение времени разгона автомобиля**

Для определения времени разгона автомобиля до какой-либо скорости необходимо разбить всю область под кривыми графика в , – координатах на вертикальные участки, нижние основания которых – отрезки оси абсцисс, а верхние представляют собой части кривых графика. Рассчитав значения площадей , всех участков, можем определить время разгона автомобиля до скорости соответственно по формуле:



(3.15)



где: =- площадь k-го участка, мм(l- длинна основания, h- средняя высота);



- масштаб скорости автомобиля Va на графике обратной ускорению величины ;



- масштаб величины .



Полученные результаты заносим в таблицу 3.6.

Строим график времени разгона автомобиля (Рисунок 6).

**3.6 Определение пути разгона автомобиля**

Для определения пути разгона разбиваем все пространство по левую сторону от кривой времени разгона автомобиля на 9 горизонтальных областей, левые основания которых - отрезки на оси координат , а правые представляют собой участки кривой времени разгона.



Рассчитав значения площадей всех областей, можем рассчитать путь разгона …, который необходимо проехать автомобилю для разгона до скорости по формуле:



(3.16) , где:



- масштаб времени разгона автомобиля , .



Рассчитаем значения пути разгона …до скорости соответственно .



Полученные значения запишем в таблицу 3.7.

Строим график пути разгона автомобиля (Рисунок 7).

**3.7 Расчет и построение графика пути торможения автомобиля**

Тормозные свойства автомобиля можно оценить величиной минимального тормозного пути за время торможения с максимальной эффективностью. Для этого используем зависимость :

(3.18) , где:



– скорость автомобиля;



- время запаздывания тормозов (принимаем = 0,05с);



- время нарастания ( принимаем = 0,4с).



Считаем два варианта торможения: на сухой и мокрой дороге с асфальтобетонным покрытием с коэффициентами

= 0,8 – сухая дорога;



= 0,3 – мокрая дорога.



Полученные значения занесем в таблицу 3.8.

Строим график пути торможения автомобиля (Рисунок 8).

**4. Таблицы**

Таблица 2.1 – характеристика двигателя.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , рад/с | **107** | **150** | **200** | **250** | **300** | **350** | **400** | **450** | **500** | **565** |
| Ne, кВт | **16,38** | **23,79** | **32,61** | **41,37** | **49,74** | **57,41** | **64,07** | **69,41** | **73,12** | **75** |
| Me, кН\*м | **0,153** | **0,159** | **0,163** | **0,165** | **0,166** | **0,164** | **0,16** | **0,154** | **0,146** | **0,134** |

Таблица 3.1 – Результаты тягово-динамического расчета ( I передача).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , рад/с | **107** | **150** | **200** | **250** | **300** | **350** | **400** | **450** | **500** | **565** |
|  | **2,303** | **3,2285** | **4,3047** | **5,3809** | **6,4571** | **7,5332** | **8,6094** | **9,6856** | **10,7618** | **11,9671** |
|  | **6,4027** | **6,633** | **6,8199** | **6,9199** | **6,933** | **6,8591** | **6,6982** | **6,4504** | **6,1157** | **5,6376** |
|  | **0,0031** | **0,006** | **0,0108** | **0,0168** | **0,0242** | **0,0329** | **0,043** | **0,0544** | **0,0672** | **0,0831** |
| D | **0,4208** | **0,4358** | **0,447** | **0,4539** | **0,4543** | **0,448** | **0,4376** | **0,4206** | **0,3977** | **0,3652** |
|  | **1,8865** | **1,9558** | **2,0114** | **2,04** | **2,0418** | **2,0166** | **1,9644** | **1,8854** | **1,7794** | **1,6288** |
|  | **0,53** | **0,5112** | **0,4971** | **0,4901** | **0,4897** | **0,4958** | **0,509** | **0,5303** | **0,5619** | **0,6139** |

Таблица 3.2 – Результаты тягово-динамического расчета ( II передача).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , рад/с | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 523 |
|  | **4,330** | **6,071** | **8,095** | **10,118** | **12,142** | **14,166** | **16,190** | **18,2139** | **20,237** | **22,504** |
|  | **3,4048** | **3,5272** | **3,6266** | **3,6798** | **3,6867** | **3,6474** | **3,5619** | **3,4301** | **3,2522** | **2,9979** |
|  | **0,0109** | **0,0214** | **0,038** | **0,0594** | **0,0856** | **0,1164** | **0,1521** | **0,1925** | **0,2376** | **0,2939** |
| D | **0,2232** | **0,2305** | **0,236** | **0,238** | **0,2368** | **0,2322** | **0,2242** | **0,2129** | **0,1982** | **0,1778** |
|  | **1,5267** | **1,5804** | **1,6202** | **1,6354** | **1,6262** | **1,5925** | **1,5343** | **1,4517** | **1,3447** | **1,19563** |
|  | **0,6549** | **0,6327** | **0,617** | **0,6114** | **0,6149** | **0,6279** | **0,6517** | **0,6888** | **0,7436** | **0,8363** |

Таблица 3.3 – Результаты тягово-динамического расчета ( III передача).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , рад/с | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 523 |
|  | **6,209** | **8,705** | **11,60** | **14,508** | **17,410** | **20,312** | **23,213** | **26,115** | **29,017** | **32,267** |
|  | **2,3746** | **2,46** | **2,5293** | **2,5664** | **2,5713** | **2,5439** | **2,4842** | **2,3923** | **2,2682** | **2,0909** |
|  | **0,0224** | **0,044** | **0,0782** | **0,1221** | **0,1759** | **0,2394** | **0,3127** | **0,3957** | **0,4886** | **0,6041** |
| D | **0,1546** | **0,1588** | **0,1611** | **0,1607** | **0,1575** | **0,1515** | **0,1428** | **0,1313** | **0,117** | **0,0977** |
|  | **1,1618** | **1,1964** | **1,2155** | **1,2118** | **1,18528** | **1,1359** | **1,0636** | **0,9687** | **0,8508** | **0,6918** |
|  | **0,8607** | **0,8357** | **0,8226** | **0,8251** | **0,8436** | **0,8803** | **0,9401** | **1,0323** | **1,1752** | **1,4454** |

Таблица 3.4 – Результаты тягово-динамического расчета (IV передача).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , рад/с | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 523 |
|  | **8,445** | **11,83** | **15,785** | **19,731** | **23,67** | **27,624** | **31,570** | **35,517** | **39,463** | **43,883** |
|  | **1,746** | **1,8088** | **1,8598** | **1,8871** | **1,8906** | **1,8705** | **1,8266** | **1,7591** | **1,6678** | **1,5374** |
|  | **0,0414** | **0,0813** | **0,1446** | **0,2259** | **0,3253** | **0,4428** | **0,5783** | **0,732** | **0,9037** | **1,1174** |
| D | **0,1121** | **0,1136** | **0,1128** | **0,1092** | **0,1029** | **0,0938** | **0,0820** | **0,0675** | **0,0502** | **0,0276** |
|  | **0,8592** | **0,8724** | **0,8653** | **0,8342** | **0,779** | **0,6997** | **0,5964** | **0,469** | **0,3175** | **0,1193** |
|  | **1,1637** | **1,1461** | **1,1555** | **1,1986** | **1,2836** | **1,429** | **1,6766** | **2,132** | **3,1493** | **8,3814** |

Таблица 3.5– Результаты тягово-динамического расчета (V передача).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , рад/с | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 523 |
|  | **10,29** | **14,43** | **19,25** | **24,06** | **28,875** | **33,6883** | **38,5009** | **43,3135** | **48,1261** | **53,5162** |
|  | **1,4318** | **1,4832** | **1,525** | **1,5474** | **1,5503** | **1,5338** | **1,4978** | **1,4424** | **1,3676** | **1,2607** |
|  | **0,0615** | **0,121** | **0,215** | **0,336** | **0,4838** | **0,6585** | **0,8601** | **1,0886** | **1,3439** | **1,6618** |
| D | **0,0901** | **0,0895** | **0,0861** | **0,0796** | **0,0701** | **0,0575** | **0,0419** | **0,0232** | **0,0015** | **0,0263** |
|  | **0,6826** | **0,6779** | **0,6471** | **0,5889** | **0,5035** | **0,3907** | **0,2505** | **0,0831** | **-0,1115** | **-0,3621** |
|  | **1,4647** | **1,4751** | **1,5452** | **1,6978** | **1,986** | **2,5593** | **3,9907** | **12,0305** | **-8,9618** | **-2,7613** |

Таблица 3.6 Определение времени разгона автомобиля.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал | 2 - 6 | 6 - 10 | 10 - 14 | 14 - 18 | 18 - 22 | 22 - 26 | 26 - 30 | 30 - 34 | 34 - 38 |
| Площадь интервала, ∆,кл. | **5** | **5,2** | **6** | **7,1** | **9,2** | **11,1** | **15,6** | **21** | **35** |
| Суммарная площадь, ∆, кл. | **5** | **10,2** | **16,2** | **23,3** | **32,5** | **43,6** | **59,2** | **80,2** | **115,2** |
| Время разгона, t, с | **2** | **4,08** | **6,48** | **9,32** | **13** | **17,44** | **23,68** | **32,08** | **46,08** |
| До скорости, Va, м/с | **4** | **8** | **12** | **16** | **20** | **24** | **28** | **32** | **36** |

Таблица 3.7 Определение пути разгона автомобиля.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал | **1,9 – 2,5** | **2,5 - 4** | **4 - 6** | **6 – 8,3** | **8,3 – 11,7** | **11,7 - 15** | **15 – 20,6** | **20,6 – 28,5** | **28,5 - 33** |
| Площадь,  ∆, кл. | **7,6** | **18,6** | **29** | **52** | **80** | **120** | **193,3** | **360** | **251** |
| Суммарная площадь,  ∆, кл. | **7,6** | **26,2** | **55,2** | **107,2** | **187,2** | **307,2** | **500,5** | **860,5** | **1111,5** |
| Пройденный путь, S, м | **7,6** | **26,2** | **55,2** | **107,2** | **187,2** | **307,2** | **500,5** | **860,5** | **1111,5** |
| До скорости, Va, м/с | **4** | **8** | **12** | **16** | **20** | **24** | **28** | **32** | **36** |

Таблица 3.8 - Расчет пути торможения автомобиля**.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Скорость, Va, м/с | **5** | **10** | **15** | **20** | **25** | **30** | **35** | **40** | **44** |
| Путь торможения ( S, м) при: | | | | | | | | | |
| =0,3 | **5,49** | **19,48** | **41,97** | **72,95** | **112,43** | **160,40** | **216,87** | **281,83** | **339,91** |
| =0,8 | **2,84** | **8,87** | **18,08** | **30,48** | **46,06** | **64,83** | **86,79** | **111,93** | **134,34** |

**5. Графики**

**5.1 Внешняя скоростная характеристика двигателя**



Рисунок 1 - Внешняя скоростная характеристика двигателя.

**5.2 Тяговая характеристика автомобиля**



Рисунок 2 - Тяговая характеристика автомобиля.

**5.3 Динамическая характеристика автомобиля**



Рисунок 3 - Динамическая характеристика автомобиля.

**5.4 График ускорения автомобиля**



Рисунок 4 - График ускорения автомобиля.

**5.5 График обратной ускорению величины**



Рисунок 5 - График обратной ускорению величины .



**5.6 График времени разгона автомобиля**



Рисунок 6 - График времени разгона автомобиля.

**5.7 График пути разгона автомобиля**



Рисунок 7 - График пути разгона автомобиля.

**5.8 График пути торможения автомобиля**



Рисунок 8 - 5.8 График пути торможения автомобиля.

**6. Выводы по работе сравнение исследуемого автомобиля с аналоговыми моделями**

На основе результатов проведенных расчетов и построенных графических зависимостей можем сделать следующие выводы об исследуемом автомобиле ВАЗ – 21074-20.

Максимальные скорости, которые автомобиль может развивать в заданных дорожных условиях на всех передачах:

= 10 (м/с);



= 17,2 (м/с);



= 26,7 (м/с);



= 36,2 (м/с);



= 43 (м/с).



Тяговая характеристика автомобиля (5.2) показывает, что максимальная скорость автомобиля = 43 (м/с), ограничена следующими показателями:



- сила сопротивления воздуха ,



- сила сопротивления качению Pk.

На низших передачах суммарное действие этих сил ничтожно мало, и поэтому не оказывает практически никакого влияния на движение автомобиля, однако имеет существенное значение на высшей передачи, когда сила сопротивления воздуха достигает максимальных значений, а тяговая сила уменьшается. Таким образом, минимальное критическое значение +Pk , которое превышает тяговую силу и ограничивает скорость движения автомобиля, составляет 1,14 (кН).



Максимальное ускорение, развиваемое автомобилем на I передаче:

= 1,96 ()



Максимальное ускорение, развиваемое автомобилем на V передаче:

= 0,67 ()



Рассчитанное время разгона автомобиля до скорости 100 (км/ч) составляет 23 (с), что на 5 секунд больше времени разгона, заявленном производителем.

Путь разгона до 100 (км/ч) = 440 (м).

Путь торможения со 100 км/ч на мокрой дороге составляет приблизительно 139 метров, а на хорошем сухом покрытии путь торможения более чем в два раза меньше и равен 56 метров.

Таблица 1.6 – Сравнение автомобиля ВАЗ – 21074 с другими моделями.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Снаряженная масса, кг | Мощность, л.с. | Крутящий момент, Н×м | Максимальная скорость, км/ч | Время разгона до 100 км/ч, сек. |
| VW Passat 1,6 | 1305 | 100 | 150 при 4000 об/мин | 192 | 12,6 |
| ВАЗ – 21074 | 1060 | 74 | 130 при 2100 об/мин | 155 | 17 |
| Skoda Fabia 1.4 | 1060 | 86 | 132 при 380 об/мин | 174 | 12.3 |
| Сhery A1 | 1040 | 83 | 114 при 3800 об/мин | 156 | 14 |

**Вывод:** Автомобиль ВАЗ – 2107 начал выпускаться на Волжском автомобильном заводе в 1982 году. На тот период времени автомобиль имел неплохие технические характеристики и мог конкурировать с другими автомобилями в своем классе. Но как видно из приведенной выше таблицы, он не в состоянии конкурировать с современными моделями, т.к. проигрывает им по всем техническим параметрам.

**7. Литература**

1. Коростелев С.А., Беседин Л. Н. ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИИ РАСЧЕТ АВТОМОБИЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ: Методические указания / АлтГТУ им. И.И.Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ. 2003 - 27с.