Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Автомобили»

КУРСОВАЯ РАБОТА

Тяговый расчет автомобиля ГАЗ-3307

Улан-Удэ 2007

**Содержание**

1. Построение внешней скоростной характеристики автомобильного двигателя

2. Тяговый баланс автомобиля

3. Динамический фактор автомобиля

4. Характеристика ускорений автомобиля

5. Характеристика времени и пути разгона автомобиля

6. Мощностной баланс автомобиля

7. Топливно-экономическая характеристика автомобили

1. **Построение внешней скоростной характеристики автомобильного двигателя**

Наиболее полные сведения о параметрах двигателя дает его внешняя скоростная характеристика. Она представляющая собой зависимость эффективной мощности – Ne, [кВт]; эффективного крутящего момента – Me, [Н⋅м]; удельного расхода топлива – ge , [г/кВт⋅ч]; часового расхода топлива – Gт, [кг/ч], от частоты вращения коленчатого вала ne, [об/мин], при установившемся режиме работы двигателя и максимальной подаче топлива.

Определение текущего значения эффективной мощности от частоты вращения коленчатого вала двигателя, производится по эмпирической зависимости, предложенной С.Р. Лейдерманом:

, [кВт]

где Nе max=84,5 [кВт] - максимальная эффективная мощность двигателя;

ne - текущая частота вращения, [об/мин];

nN=3200 [об/мин] - частота вращения при максимальной мощности;

коэффициенты а=в=с=1.

Определяем значения наименьшей устойчивой – ne min , и максимальной – ne max, частот вращения коленчатого вала двигателя.

ne min = 0,13⋅ nN =0,13⋅3200=416=500 [об/мин],

ne max = 1,2⋅ nN =1,2⋅3200=3840=3800 [об/мин].

Полученный диапазон частот вращения коленчатого вала разбиваем на двенадцать значений через интервал в 300 [об/мин].

Для каждого значения ne, с использованием уравнения Лейдермана, определяем значения эффективной мощности двигателя Ne.

Часть мощности двигателя затрачивается на привод вспомогательного оборудования (генератор, насос системы охлаждения двигателя, компрессор, насос гидроусилителя руля и др.), и лишь оставшаяся мощность Ne′ - мощность нетто, используется для движения автомобиля.

Ne′ = 0,9⋅Ne, [кВт].

Для расчета графика эффективного крутящего момента используем выражение вида:

, [Н⋅м].

Часть эффективного крутящего момента двигателя – Me затрачивается на привод навесного вспомогательного оборудования, и лишь оставшаяся его часть, так называемый крутящий момент нетто – Мe′, используется для движения автомобиля. Для определения момента нетто воспользуемся выражением:

Мe′ = 0,9 ⋅ Мe, [Н⋅м]

Для расчета удельного расхода топлива бензиновых двигателей используют эмпирическую зависимость вида:

 , [г / кВт⋅ч]

ge min =313 [г / кВт⋅ч] – минимальный удельный расход топлива.

Для определения часового расхода топлива воспользуемся формулой:

, [кг/ч]

Полученные при расчетах данные заносим в таблицу 1.

На основе результатов расчетов таблицы, строим графики внешней скоростной характеристики двигателя (Приложение). На графике внешней скоростной характеристики отмечаем:

Максимальная мощность нетто - Nе′, [кВт];

Максимальный крутящий момент нетто - Mе′, [Н⋅м];

Минимальный удельный расход топлива - gе min, [г / кВт⋅ч];

Частоты ne вращения коленчатого вала двигателя, соответствующие:

- максимальной мощности двигателя nN , [об/мин];

- максимальному крутящему моменту nM, [об/мин];

- минимальному удельному расходу топлива ng,[об/мин].

Таблица 1. Параметры внешней скоростной характеристики двигателя марки ЗМЗ-53

|  |  |
| --- | --- |
|  | ne, об/мин |
| 500 | 800 | 1100 | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2900 | 3200 | 3500 | 3800 |
| Ne, кВт | 14,94 | 25,09 | 35,60 | 46,07 | 56,07 | 65,19 | 73,01 | 79,12 | 83,08 | 84,50 | 82,95 | 78,00 |
| Ne', кВт | 13,45 | 22,58 | 32,04 | 41,46 | 50,46 | 58,67 | 65,71 | 71,20 | 74,78 | 76,05 | 74,65 | 70,20 |
| Me, Н∙м | 285,43 | 299,46 | 309,07 | 314,24 | 314,98 | 311,28 | 303,16 | 290,60 | 273,61 | 252,18 | 226,32 | 196,03 |
| Me',Н∙м | 256,88 | 269,52 | 278,16 | 282,82 | 283,48 | 280,16 | 272,84 | 261,54 | 246,24 | 226,96 | 203,69 | 176,43 |
| ge, г/кВт∙ч | 324,55 | 301,26 | 283,47 | 271,19 | 264,40 | 263,12 | 267,33 | 277,05 | 292,28 | 313,00 | 339,23 | 370,95 |
| Gт,кг/ч | 4,85 | 7,56 | 10,09 | 12,49 | 14,82 | 17,15 | 19,52 | 21,92 | 24,28 | 26,45 | 28,14 | 28,93 |

1. **Тяговый баланс автомобиля**

Тяговый баланс автомобиля - это совокупность графиков зависимостей силы тяги на ведущих колесах Fк, [Н] (на различных передачах), а также суммы сил сопротивления качению Ff, [Н] и в автомобиля Va, [км/ ч]. Графики сил тяги на колесах автомобиля строим для всех ступеней коробки перемены передач.

Кинематическая схема КПП и ГП.

Расчет сил тяги на колесах для каждой передачи – Fki производится по формуле:

, [Н]

ηТР - коэффициент полезного действия трансмиссии;

UТР - передаточное число трансмиссии;

rк - радиус качения колеса, [м].

КПД трансмиссии автомобиля определяется на основании потерь мощности на трение:

ηтр = 0,98К ⋅0,97L⋅ 0,99M

K - число пар цилиндрических шестерен в трансмиссии автомобиля, через которые передается крутящий момент на i-той передаче;

L - число пар конических или гипоидных шестерен;

M - число карданных шарниров.

Для определения К,L,M необходимо использовать кинематическую схему автомобиля, данные заносим в таблицу 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Передачи | K | L | M | ηтр |
| I | 2 | 1 | 3 | 0,904 |
| II | 2 | 1 | 3 | 0,904 |
| III | 2 | 1 | 3 | 0,904 |
| IV | 0 | 1 | 3 | 0,9412 |

Передаточное число трансмиссии автомобиля определяется как произведение:

UТР = UКПП ⋅ UРК ⋅ UГП

UКПП - передаточное число коробки перемены передач;

UРК - передаточное число раздаточной коробки или делителя;

UГП - передаточное число главной передачи.

Для определения этих значений также воспользуемся кинематической схемой автомобиля, полученные значения занесем в таблицу 3.

Таблица 3.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | UКПП | UРК | UГП | UТР |
| I | 6,55 | 1 | 6,17 | 40,4135 |
| II | 3.09 | 19,0653 |
| III | 171 | 10,5507 |
| IV | 1,00 | 6,17 |

При расчетах радиусов качения колес, в качестве исходных данных, используют статический радиус - rстат . При этом следует учитывать, что радиус качения rк обычно несколько больше статического и определяется индивидуально для диагональных и радиальных шин. На автомобиле ГАЗ -3307 установлены радиальные шины, поэтому радиус качения колеса рассчитываем по следующей формуле:

rк = 1,04 ⋅ rстат, [м];

rстат = 0,465

rк = 1,04 ⋅ 0,465 = 0,4836 [м]

При расчетах зависимостей силы тяги на колесах автомобиля крутящий момент двигателя нетто - Мé берем из таблицы 1. Также для построения графика нам необходимо рассчитать скорость движения автомобиля на каждой передачи в зависимости от оборотов двигателя.

 , [км/ ч]

Значения силы тяги на колесах и скорости автомобиля, рассчитанные для каждой передачи, заносим в таблицу 4.

Таблица 4. Значения силы тяги на колесах и скорости автомобиля на четырех передачах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | ne, [об/мин] |
| 500 | 800 | 1100 | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2900 | 3200 | 3500 | 3800 |
| 1 | Vа | 2,26 | 3,61 | 4,96 | 6,32 | 7,67 | 9,02 | 10,38 | 11,73 | 13,08 | 14,44 | 15,79 | 17,14 |
| Mе' | 256,88 | 269,52 | 278,16 | 282,82 | 283,48 | 280,16 | 272,84 | 261,54 | 246,24 | 226,96 | 203,69 | 176,43 |
| Fк | 19406,3 | 20360,8 | 21013,8 | 21365,4 | 21415,6 | 21164,5 | 20611,9 | 19758,0 | 18602,6 | 17145,9 | 15387,8 | 13328,2 |
| 2 | Vа | 4,78 | 7,65 | 10,52 | 13,39 | 16,26 | 19,13 | 21,99 | 24,86 | 27,73 | 30,60 | 33,47 | 36,34 |
| Mе' | 256,88 | 269,52 | 278,16 | 282,82 | 283,48 | 280,16 | 272,84 | 261,54 | 246,24 | 226,96 | 203,69 | 176,43 |
| Fк | 9155,0 | 9605,3 | 9913,3 | 10079,2 | 10102,9 | 9984,4 | 9723,8 | 9320,9 | 8775,9 | 8088,6 | 7259,2 | 6287,7 |
| 3 | Vа | 8,64 | 13,82 | 19,01 | 24,19 | 29,38 | 34,56 | 39,74 | 44,93 | 50,11 | 55,30 | 60,48 | 65,66 |
| Mе' | 256,88 | 269,52 | 278,16 | 282,82 | 283,48 | 280,16 | 272,84 | 261,54 | 246,24 | 226,96 | 203,69 | 176,43 |
| Fк | 5066,4 | 5315,5 | 5486 | 5577,8 | 5590,9 | 5525,3 | 5381,1 | 5158,2 | 4856,5 | 4476,2 | 4017,2 | 3479,6 |
| 4 | Vа | 14,77 | 23,64 | 32,50 | 41,37 | 50,23 | 59,10 | 67,96 | 76,83 | 85,69 | 94,56 | 103,42 | 112,29 |
| Mе' | 256,88 | 269,52 | 278,16 | 282,82 | 283,48 | 280,16 | 272,84 | 261,54 | 246,24 | 226,96 | 203,69 | 176,43 |
| Fк | 3084,7 | 3236,4 | 3340,2 | 3396,1 | 3404,1 | 3364,1 | 3276,3 | 3140,6 | 2956,9 | 2725,4 | 2445,9 | 2118,5 |

Далее определяем силы сопротивления качению колес автомобиля по дорожному покрытию, используя выражение:

, [Н]

ma = 7850 [кг] - масса полностью загруженного автомобиля;

g = 9,81 [м/с2] - ускорение свободного падения;

f - коэффициент сопротивления качению автомобильного колеса.

Величина коэффициента сопротивления качению колеса – f, зависит от скорости автомобиля. Для его определения используют выражение, предложенное Б.С. Фалькевичем:

Коэффициент сопротивления качению колеса автомобиля рассчитываем для двух типов дорог с асфальтобетонным покрытием и для грунтовой дороги.

f 0 = 0,018- коэффициент сопротивления качению колес автомобиля по асфальтобетону;

f 0 = 0,03 - коэффициент сопротивления качению колес автомобиля по грунтовой дороге.

Для расчета действующей на автомобиль силы сопротивления воздуха воспользуемся выражением вида:

, [Н]

Кв – коэффициент обтекаемости формы автомобиля;

Sx–площадь проекции автомобиля на плоскость перпендикулярную продольной оси, [м2].

При известном значении безразмерного коэффициента аэродинамического сопротивления Сх = 0,91 можно легко определить значение коэффициента обтекаемости Кв по выражению, предложенному академиком Е.А. Чудаковым:

Кв = 0,5 ⋅ Сх ⋅ ρ в, [кг/м3]

ρ в = 1,225 , [кг/м3] – плотность воздуха.

Кв = 0,5 ⋅ 0,91 ⋅ 1,225 = 0,557375 [кг/м3]

Для нахождения площади Миделя автомобиля Sx воспользуемся выражением:

Sx = 0,78 ⋅ Ва Н, [м2]

Ва = 1,630 [м] – колея передних колес

Н = 2,905 [м] - высота автомобиля.

Sx =1,630 ⋅ 2,905 = 4,73515 [м2]

Значение максимального значения скорости - Va max выбираем таким, чтобы оно было примерно на 10% больше наибольшего значения скорости, определенного для высшей передачи.

На графике тягового баланса должны быть нанесены линии, показывающие предельные величины сил сцепления ведущих колес, полностью загруженного автомобиля с дорогой, при следующих значениях коэффициента сцепления:

* = 0,8 - сухой асфальтобетон;
* = 0,6 - сухая грунтовая дорога;
* = 0,4 - мокрый асфальтобетон;
* = 0,2 - укатанная снежная дорога.

Значения предельных сил сцепления ведущих колес автомобиля с дорогой определяются по формуле:

Fсц = mк ⋅ g ⋅ ϕ , [Н]

mк = 5815 [кг] - масса автомобиля, приходящаяся на заднюю ось.

Сила сцепления при ведущей задней оси:

|  |  |
| --- | --- |
| Fсц, Н | Коэффициент сцепления |
|  45636,12 | 0,8 |
| 34227,09 | 0,6 |
| 22818,06 | 0,4 |
| 11409,03 | 0,2 |

График тягового баланса (Приложение) строим на основе данных, таблиц 4 и 5. На графике отмечаем два значения максимальных скоростей движения автомобиля Va max. на дороге с асфальтобетонным покрытием для двух высших передач.

Таблица 5. Рассчитанные значения сил сопротивления движению заносим в таблицу 5.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vа, [км/ч] | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
| f1 | 0,018 | 0,01809 | 0,01836 | 0,01881 | 0,01944 | 0,02025 | 0,02124 | 0,02241 | 0,02376 | 0,02529 | 0,027 | 0,02889 | 0,03096 | 0,0332 |
| Ff1, [H] | 1386,1 | 1393,08 | 1413,87 | 1448,53 | 1497,04 | 1559,42 | 1635,66 | 1725,76 | 1829,72 | 1947,54 | 2079,23 | 2224,77 | 2384,18 | 2557,4 |
| f2 | 0,03 | 0,03015 | 0,0306 | 0,03135 | 0,0324 | 0,03375 | 0,0354 | 0,03735 | 0,0396 | 0,04215 | 0,045 | 0,04815 | 0,0516 | 0,0553 |
| Ff2, [H] | 2310,2 | 2321,80 | 2356,46 | 2414,21 | 2495,07 | 2599,03 | 2726,10 | 2876,26 | 3049,53 | 3245,90 | 3465,38 | 3707,95 | 3973,63 | 4262,4 |
| Fw, [H] | 0 | 20,3646 | 81,4584 | 183,281 | 325,833 | 509,115 | 733,126 | 997,866 | 1303,33 | 1649,53 | 2036,46 | 2464,11 | 2932,50 | 3441,6 |
| Fw+Ff1, [H]  | 1386,1 | 1413,44 | 1495,33 | 1631,81 | 1822,87 | 2068,53 | 2368,78 | 2723,62 | 3133,05 | 3597,07 | 4115,69 | 4688,89 | 5316,68 | 5999,0 |
| Fw+Ff2, [H] | 2310,2 | 2342,17 | 2437,91 | 2597,48 | 2820,9 | 3108,15 | 3459,22 | 3874,1 | 4352,87 | 4895,44 | 5501,84 | 6172,07 | 6906,14 | 7704 |

1. **Динамический фактор автомобиля**

Динамический фактор автомобиля представляет собой совокупность динамических характеристик, номограммы нагрузок автомобиля и графика контроля буксования его колес. Динамический фактор автомобиля дает представление о динамических свойствах автомобиля при заданных дорожных условиях и нагрузке автомобиля.

Динамическая характеристика - это зависимость динамического фактора автомобиля с полной нагрузкой от скорости его движения Di = f(Va). Графики динамического фактора строят для тех же условий движения, что и графики тягового баланса, т.е. для каждой передачи i. Динамическим фактором D автомобиля называется отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля:

На графике динамической характеристики показываем также зависимость суммарного коэффициента сопротивления дороги ψ = f(Va), который в случае разгона автомобиля на ровной, горизонтальной поверхности дороги численно равен коэффициенту сопротивления качению:

ψ = f + tgα, где α - угол подъема дороги.

Суммарный коэффициент сопротивления дороги в нашем случае равен коэффициенту сопротивления качения.

Полученные при расчетах динамического фактора автомобиля данные заносим в таблицу 6.

Таблица 6. Значения параметров динамического фактора автомобиля на 1,2,3,4-ой передачах

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| пер-чи | nе, об/мин | 500 | 800 | 1100 | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2900 | 3200 | 3500 | 3800 |
| 1 | Vа, км/ч | 2,256 | 3,609 | 4,962 | 6,316 | 7,669 | 9,023 | 10,376 | 11,729 | 13,083 | 14,436 | 15,790 | 17,143 |
| Fw, H | 1,036 | 2,653 | 5,015 | 8,123 | 11,978 | 16,578 | 21,925 | 28,017 | 34,856 | 42,440 | 50,771 | 59,847 |
| Di | 0,252 | 0,264 | 0,273 | 0,277 | 0,278 | 0,275 | 0,267 | 0,256 | 0,241 | 0,222 | 0,199 | 0,172 |
| 2 | Va, км/ч | 4,781 | 7,650 | 10,519 | 13,388 | 16,257 | 19,126 | 21,994 | 24,863 | 27,732 | 30,601 | 33,470 | 36,339 |
| Fw, H | 4,656 | 11,919 | 22,534 | 36,501 | 53,820 | 74,491 | 98,514 | 125,89 | 156,61 | 190,69 | 228,12 | 268,91 |
| Di | 0,119 | 0,125 | 0,128 | 0,130 | 0,130 | 0,129 | 0,125 | 0,119 | 0,112 | 0,103 | 0,091 | 0,078 |
| 3 | Va, км/ч | 8,640 | 13,824 | 19,008 | 24,192 | 29,376 | 34,560 | 39,744 | 44,928 | 50,112 | 55,296 | 60,480 | 65,664 |
| Fw, H | 15,202 | 38,918 | 73,579 | 119,18 | 175,73 | 243,23 | 321,68 | 411,07 | 511,40 | 622,68 | 744,91 | 878,08 |
| Di | 0,066 | 0,069 | 0,070 | 0,071 | 0,070 | 0,069 | 0,066 | 0,062 | 0,056 | 0,050 | 0,042 | 0,034 |
| 4 | Va, км/ч | 14,774 | 23,639 | 32,504 | 41,369 | 50,233 | 59,098 | 67,963 | 76,827 | 85,692 | 94,557 | 103,42 | 112,28 |
| Fw, Н | 44,453 | 113,8 | 215,15 | 348,51 | 513,87 | 711,2 | 940,6 | 1202 | 1495,4 | 1820,8 | 2178,2 | 2567,6 |
| Di | 0,039 | 0,041 | 0,041 | 0,040 | 0,038 | 0,034 | 0,030 | 0,025 | 0,019 | 0,012 | 0,003 | -0,006 |

Таблица 7. Значение коэффициентов суммарного сопротивления движению автомобиля

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Va, км/ч | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
| ψ1 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,020 | 0,021 | 0,022 | 0,024 | 0,025 | 0,027 | 0,029 | 0,031 | 0,033 |
| ψ2 | 0,030 | 0,030 | 0,031 | 0,031 | 0,032 | 0,034 | 0,035 | 0,037 | 0,040 | 0,042 | 0,045 | 0,048 | 0,052 | 0,055 |

С изменением веса автомобиля динамический фактор изменяется, чтобы не пересчитывать при каждом изменении нагрузки автомобиля величину динамического фактора, динамическую характеристику дополняют номограммой нагрузок. Для этого мы должны на графике добавить еще одну шкалу D0 динамического фактора для автомобиля в снаряженном состоянии.

Масштаб для шкалы Do определяем по формуле:

аа - масштаб шкалы динамического фактора для автомобиля с полной нагрузкой;

mo- собственная масса автомобиля в снаряженном состоянии, с учетом массы водителя (масса водителя 70 кг.).

аа = 0,01

mo = 3350+70 = 3420 кг.

mа = 7850 кг.

α0=0,01∙(3420/7850) = 0,0043

Равнозначные деления шкал Do и Da соединяем прямыми линиями. График контроля буксования представляет собой зависимость динамического фактора по сцеплению колес автомобиля с дорогой от массы автомобиля. Он позволяет определить предельную возможность движения автомобиля при гарантии отсутствия буксования его колес.

Сначала по формулам, приведенным ниже, определяют предельные значения динамического фактора по сцеплению для автомобиля с полной нагрузкой - Da сц и в снаряженном состоянии - Dо сц для реальных коэффициентов сцепления колес автомобиля с дорогой - ϕх , в диапазоне от ϕх = 0,1 ÷ 0,8

 ,

 ,

mсц =5815 [кг] - масса, приходящаяся на заднюю ось при полной нагрузке;

mа =7850 [кг];

mо сц = 2015 [кг] - масса, приходящаяся на заднюю ось в снаряженном состояния;

mо =7850 [кг].

Рассчитываем значения динамического фактора по сцеплению для автомобиля с полной нагрузкой - Da сц и в снаряженном состоянии - Dо сц, полученные значения заносим в таблицу 8.

Таблица 8.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коэффициент сцепления | Da сц | Dо сц |
| 0,1 | 0,074 | 0,06 |
| 0,2 | 0,148 | 0,12 |
| 0,3 | 0,22 | 0,18 |
| 0,4 | 0,29 | 0,24 |
| 0,5 | 0,37 | 0,3 |
| 0,6 | 0,44 | 0,36 |
| 0,7 | 0,51 | 0,42 |
| 0,8 | 0,59 | 0,48 |

Затем предельные значения динамического фактора Da сц по сцеплению откладываем по оси Dа и полученные точки соединяем прямой штриховой линией. На каждой линии указываем величину коэффициента сцепления ϕх.

На графике динамической характеристики (Приложение) отмечаем значение максимальной скорости движения автомобиля Va max на дороге с асфальтобетонным покрытием для высшей передачи.

1. **Характеристика ускорений автомобиля**

Характеристика ускорений - это зависимость ускорений автомобиля от скорости ja i = f(Va), [м/с2], при его разгоне на каждой передаче.

Указанные зависимости строим для случая разгона полностью загруженного автомобиля, на ровной горизонтальной дороге с асфальтобетонным покрытием. Величину ускорений при разгоне автомобилей рассчитываем из выражения:

, [м/с2]

ψ - коэффициент суммарного дорожного сопротивления движения автомобиля по асфальтобетонному покрытию (ψ = f );

δвр – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс при разгоне автомобиля.

Коэффициент δвр рассчитываем по формуле:

Jм = 0,550 [кг/м2] - момент инерции маховика и разгоняющихся деталей двигателя;

Jк = 8,330 [кг/м2] - момент инерции колеса автомобиля;

n = 6 - общее число колес автомобиля.

Значения коэффициента δвр и ускорений при разгоне автомобиля рассчитываем для каждой передачи в основной коробке и включения пониженной передачи в раздаточной коробке. Полученные при расчетах значения заносим в таблицу 9.

Таблица 9. Значения ускорений, действующих при разгоне автомобиля на 1,2,3,4 передачах

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| пер-чи | nе, об/мин | 500 | 800 | 1100 | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2900 | 3200 | 3500 | 3800 |
| 1 | Vа, км/ч | 2,256 | 3,609 | 4,962 | 6,316 | 7,669 | 9,023 | 10,376 | 11,729 | 13,083 | 14,436 | 15,790 | 17,2 |
| Di | 0,252 | 0,264 | 0,273 | 0,277 | 0,278 | 0,275 | 0,267 | 0,256 | 0,241 | 0,222 | 0,199 | 0,17 |
| ψ1 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,01 |
| Di-ψ1 | 0,234 | 0,246 | 0,255 | 0,259 | 0,260 | 0,257 | 0,249 | 0,238 | 0,223 | 0,204 | 0,181 | 0,15 |
| jai, м/с2 | 1,562 | 1,645 | 1,701 | 1,731 | 1,735 | 1,713 | 1,664 | 1,589 | 1,488 | 1,361 | 1,208 | 1,02 |
| 2 | Vа, км/ч | 4,781 | 7,650 | 10,519 | 13,388 | 16,257 | 19,126 | 21,994 | 24,863 | 27,732 | 30,601 | 33,470 | 36,339 |
| Di | 0,119 | 0,125 | 0,128 | 0,130 | 0,130 | 0,129 | 0,125 | 0,119 | 0,112 | 0,103 | 0,091 | 0,07 |
| ψ1 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,01 |
| Di-ψ1 | 0,101 | 0,107 | 0,110 | 0,112 | 0,112 | 0,110 | 0,107 | 0,101 | 0,093 | 0,084 | 0,072 | 0,05 |
| jai, м/с2 | 0,878 | 0,928 | 0,962 | 0,978 | 0,978 | 0,962 | 0,929 | 0,879 | 0,813 | 0,730 | 0,630 | 0,51 |
| 3 | Vа, км/ч | 8,640 | 13,824 | 19,008 | 24,192 | 29,376 | 34,560 | 39,744 | 44,928 | 50,112 | 55,296 | 60,480 | 65,6 |
| Di | 0,066 | 0,069 | 0,070 | 0,071 | 0,070 | 0,069 | 0,066 | 0,062 | 0,056 | 0,050 | 0,042 | 0,03 |
| ψ1 | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,020 | 0,020 | 0,021 | 0,021 | 0,02 |
| Di-ψ1 | 0,048 | 0,050 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,050 | 0,046 | 0,042 | 0,036 | 0,029 | 0,021 | 0,01 |
| jai, м/с2 | 0,441 | 0,467 | 0,482 | 0,486 | 0,478 | 0,459 | 0,429 | 0,388 | 0,336 | 0,272 | 0,197 | 0,11 |
| 4 | Vа, км/ч | 14,774 | 23,639 | 32,504 | 41,369 | 50,233 | 59,098 | 67,963 | 76,827 | 85,692 | 94,557 | 103,42 | 112 |
| Di | 0,039 | 0,041 | 0,041 | 0,040 | 0,038 | 0,034 | 0,030 | 0,025 | 0,019 | 0,012 | 0,003 | -0,00 |
| ψ1 | 0,018 | 0,019 | 0,019 | 0,020 | 0,020 | 0,021 | 0,022 | 0,023 | 0,025 | 0,026 | 0,028 | 0,02 |
| Di-ψ1 | 0,021 | 0,022 | 0,022 | 0,020 | 0,017 | 0,013 | 0,008 | 0,002 | -0,006 | -0,014 | -0,024 | -0,03 |
| jai, м/с2 | 0,201 | 0,208 | 0,204 | 0,189 | 0,163 | 0,126 | 0,077 | 0,018 | -0,053 | -0,135 | -0,228 | -0,33 |

По данным таблицы 8 строим график ускорений (Приложение).

1. **Характеристика времени и пути разгона автомобиля**

Характеристика разгона представляет собой зависимости времени t = f(Va), [c] и пути S = f(Va), [м], разгона полностью загруженного автомобиля, на отрезке ровного горизонтального шоссе с асфальтобетонным покрытием. При определении времени разгона воспользуемся графиком зависимости ja i = f(Va).

Время движения автомобиля, при котором его скорость возрастает на величину ΔVi, определяется по закону равноускоренного движения:

 , [c]

Величину интервала скоростей ΔVi выбираем равной 3 км/час. При этом ускорение движения автомобиля на интервале скоростей интегрирования равно полусумме ускорений в начале и конце интервала.

Суммарное время разгона автомобиля на заданной передаче от минимальной скорости Va min до максимальной скорости Va max находим суммированием времени разгона на интервалах:

 , [c]

q – общее число интервалов.

Время переключения передач принимаем равным 3 секунды и скорость движения автомобиля принимаем постоянной.

Полученные при расчетах данные заносим в таблицу 10.

Таблица 10. Значения времени разгона автомобиля

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ∆Vi, [км/ч] | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ji-1, [м/с2] | 0 | 1,575 | 1,728 | 1,724 | 1,575 | 1,26 | 0,972 | 0,945 | 0,9 | 0,846 | 0,72 | 0,666 |
| ji, [м/с2] | 1,575 | 1,728 | 1,724 | 1,575 | 1,26 | 1,207 | 0,945 | 0,9 | 0,846 | 0,72 | 0,666 | 0,477 |
| ∆t, [с] | 1,05 | 0,504 | 0,482 | 0,505 | 0,587 | 0,6755 | 0,869 | 0,903 | 0,954 | 1,064 | 1,202 | 1,458 |
| t, [с] |  | 1,56 | 2,04 | 2,55 | 3,13 | 3,814 | 4,683 | 5,587 | 6,541 | 7,605 | 8,808 | 10,266 |
| 0,477 | 0,414 | 0,387 | 0,36 | 0,333 | 0,306 | 0,27 | 0,225 | 0,189 | 0,085 | 0,063 | 0,045 | 0,032 |
| 0,414 | 0,387 | 0,36 | 0,333 | 0,306 | 0,27 | 0,225 | 0,189 | 0,108 | 0,063 | 0,045 | 0,032 | 0,027 |
| 1,870 | 2,08 | 2,231 | 2,405 | 2,608 | 2,893 | 3,367 | 4,025 | 5,611 | 11,261 | 15,432 | 21,645 | 28,248 |
| 12,137 | 14,21 | 16,448 | 18,853 | 21,462 | 24,355 | 27,722 | 31,74 | 37,36 | 48,621 | 64,053 | 85,698 | 113,947 |

Путь разгона автомобиля находим, используя результаты расчетов времени разгона (таблица 10).

При равноускоренном движении в интервале скоростей ΔVi = Vi - Vi-1 путь, проходимый автомобилем:

ΔSi = (Vi-1 + Vi) ⋅ Δti / 7,2 [м]

Путь, проходимый автомобилем при его разгоне, от минимальной скорости Va min = 0 до максимальной - Va max, находим, суммируя расстояния ΔSi на интервалах:

 [м]

q – общее число интервалов.

Путь, пройденный автомобилем за время tп переключения передачи с индексом i на передачу с индексом i+1 составляет:

ΔSП = Vimax ⋅ tП

ΔSП(1-2) = 15 [м]

ΔSП(2-3) = 27 [м]

ΔSП(3-4) = 51 [м]

Данные, полученные при расчете пути разгона автомобиля, заносим в таблицу 11.

Таблица 11. Значения пути разгона автомобиля

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ∆t, [с] | 1,0582 | 0,5045 | 0,4828 | 0,5052 | 0,5878 | 0,6755 | 0,8694 | 0,90334 | 0,9545 | 1,0642 | 1,2025 | 1,4581 |
| Vi-1+Vi, [км/ч]  | 3 | 9 | 15 | 21 | 27 | 33 | 39 | 45 | 51 | 57 | 63 | 69 |
| ∆Si, [м] | 0,4409 | 0,6307 | 1,0058 | 1,4735 | 2,2045 | 3,0964 | 4,7093 | 5,6458 | 6,7614 | 8,4255 | 10,5218 | 13,9739 |
| S, [м] |  | 1,0716 | 1,6365 | 2,4793 | 3,678 | 5,301 | 7,8057 | 10,3552 | 12,4073 | 15,187 | 18,9474 | 24,4958 |

Продолжение табл. 11

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1,8705574 | 2,0807 | 2,2311 | 2,405 | 2,6082 | 2,8935 | 3,367 | 4,0257 | 5,611 | 11,261 | 15,432 | 21,645 | 28,2485 |
| 75 | 81 | 87 | 93 | 99 | 105 | 111 | 117 | 123 | 129 | 135 | 141 | 147 |
| 19,484973 | 23,4082 | 26,9596 | 31,0646 | 35,8633 | 42,1971 | 51,9079 | 65,4186 | 95,866 | 201,764 | 289,351 | 423,881 | 576,74 |
| 33,458921 | 42,8932 | 50,3679 | 58,0243 | 66,9279 | 78,0604 | 94,1051 | 117,326 | 161,284 | 297,63 | 491,116 | 713,233 | 1000,62 |

По данным таблиц 10 и 11 строим график времени и пути разгона автомобиля (Приложение).

1. **Мощностной баланс автомобиля**

Мощностной баланс автомобиля представляет собой совокупность зависимостей мощностей на ведущих колесах автомобиля NКi = f(Va), [кВт], для всех передаточных чисел трансмиссии, мощностей сопротивления дороги Nψ = f(Va), [кВт] и воздуха Nw=f(Va), [кВт], от скорости движения Va, [км/ч].

Развиваемую на коленчатом валу двигателя мощность нетто - Nе′ = 0,9 ⋅ Nе берем из таблицы 1.

Определим мощность, приведенную от двигателя к колесам автомобиля, на каждой передаче в КПП с учетом потерь в трансмиссии:

Nк i = Nе′ ⋅ ηТР

Полученные при расчетах данные заносим в таблицу 12.

Таблица 12. Значения мощности на колесах автомобиля на 1,2,3,4 передачах

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| пер-чи | ne, [об/мин] | 500 | 800 | 1100 | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2900 | 3200 | 3500 | 3800 |
| 1 | Vа, [км/ч] | 2,26 | 3,61 | 4,96 | 6,32 | 7,67 | 9,02 | 10,38 | 11,73 | 13,08 | 14,44 | 15,79 | 17,14 |
| Nе', [кВт] | 13,45 | 22,58 | 32,04 | 41,46 | 50,46 | 58,67 | 65,71 | 71,20 | 74,78 | 76,05 | 74,65 | 70,20 |
| Nк, [H] | 12,16 | 20,41 | 28,96 | 37,48 | 45,62 | 53,04 | 59,40 | 64,37 | 67,60 | 68,75 | 67,48 | 63,46 |
| 2 | Vа, [км/ч] | 4,78 | 7,65 | 10,52 | 13,39 | 16,26 | 19,13 | 21,99 | 24,86 | 27,73 | 30,60 | 33,47 | 36,34 |
| Nе', [кВт] | 13,45 | 22,58 | 32,04 | 41,46 | 50,46 | 58,67 | 65,71 | 71,20 | 74,78 | 76,05 | 74,65 | 70,20 |
| Nк, [H] | 12,16 | 20,41 | 28,96 | 37,48 | 45,62 | 53,04 | 59,40 | 64,37 | 67,60 | 68,75 | 67,48 | 63,46 |
| 3 | Vа, [км/ч] | 8,64 | 13,82 | 19,01 | 24,19 | 29,38 | 34,56 | 39,74 | 44,93 | 50,11 | 55,30 | 60,48 | 65,66 |
| Nе', [кВт] | 13,45 | 22,58 | 32,04 | 41,46 | 50,46 | 58,67 | 65,71 | 71,20 | 74,78 | 76,05 | 74,65 | 70,20 |
| Nк, [H] | 12,16 | 20,41 | 28,96 | 37,48 | 45,62 | 53,04 | 59,40 | 64,37 | 67,60 | 68,75 | 67,48 | 63,46 |
| 4 | Vа, [км/ч] | 14,77 | 23,64 | 32,50 | 41,37 | 50,23 | 59,10 | 67,96 | 76,83 | 85,69 | 94,56 | 103,42 | 112,29 |
| Nе', [кВт] | 13,45 | 22,58 | 32,04 | 41,46 | 50,46 | 58,67 | 65,71 | 71,20 | 74,78 | 76,05 | 74,65 | 70,20 |
| Nк, [H] | 12,66 | 21,25 | 30,16 | 39,02 | 47,50 | 55,22 | 61,85 | 67,02 | 70,38 | 71,58 | 70,26 | 66,07 |

Определяем мощность, затрачиваемую на преодоление сопротивления воздуха:

Определяем мощность суммарного сопротивления дороги из выражения:

Fψ = Ff + Fα,

причем Fα - сила, затрачиваемая на преодоление автомобилем подъема. Поскольку расчет мощностного баланса ведется для случая разгона полностью загруженного автомобиля на ровной горизонтальной опорной поверхности дороги (Fα = 0), выражение учитывает только силу сопротивления качению Ff . Величину Ff выбираем из таблицы 5 для асфальтобетонного и грунтового покрытия.

Рассчитанные значения заносим в таблицу 13.

Таблица 13. Значения мощности, затрачиваемой автомобилем на сопротивление движению

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vа, [км/ч] | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
| Ff1, [H] | 1393 | 1413,8 | 1448,5 | 1497,0 | 1559,4 | 1635,6 | 1725,7 | 1829,7 | 1947,5 | 2079,2 | 2224,7 | 2384,1 | 2557,4 |
| Nf1, [кВт] | 3,87 | 7,85 | 12,07 | 16,63 | 21,66 | 27,26 | 33,56 | 40,66 | 48,69 | 57,76 | 67,98 | 79,47 | 92,35 |
| Ff2, [H] | 2321,8 | 2356,4 | 2414,2 | 2495,0 | 2599, | 2726,1 | 2876,2 | 3049,5 | 3245,9 | 3465,3 | 3707,9 | 3973,6 | 4262,4 |
| Nf2, [кВт] | 6,45 | 13,09 | 20,12 | 27,72 | 36,10 | 45,44 | 55,93 | 67,77 | 81,15 | 96,26 | 113,30 | 132,45 | 153,92 |
| Nw, [кВт] | 0,06 | 0,45 | 1,53 | 3,62 | 7,07 | 12,22 | 19,40 | 28,96 | 41,24 | 56,57 | 75,29 | 97,75 | 124,28 |
| Nw+Nf1, [кВт] | 3,93 | 8,31 | 13,60 | 20,25 | 28,73 | 39,48 | 52,96 | 69,62 | 89,93 | 114,32 | 143,27 | 177,22 | 216,63 |
| Nw+Nf2, [кВт] | 6,51 | 13,54 | 21,65 | 31,34 | 43,17 | 57,65 | 75,33 | 96,73 | 122,39 | 152,83 | 188,59 | 230,20 | 278,20 |

График мощностного баланса автомобиля (Приложение) строим для каждой передачи КПП. На графике отмечаем:

* значение максимальной скорости движения автомобиля Va max на дороге с асфальтобетонным покрытием для высшей передачи;
* графики мощности, подведенной от двигателя к колесам автомобиля - NК;
* графики мощности двигателя нетто на коленчатом валу Nе′.
1. **Топливно-экономическая характеристика автомобиля**

Топливно-экономическая характеристика автомобиля позволяет определять расход топлива в зависимости от скорости его движения. Она представляет собой график зависимости путевого расхода топлива от скорости автомобиля Qs = f(Va). Этот график характеризует топливную экономичность автомобиля при его движении с постоянной скоростью и позволяет определить расход топлива при известных значениях этой скорости Va и суммарной мощности сопротивлений дороги Nψ и воздуха Nw. Графики топливно-экономической характеристики автомобиля строим для его движения на двух высших передачах, с полной нагрузкой, для двух типов дорог. Расчет топливно-экономической характеристики ведем на основе тягового баланса автомобиля, функции зависимости удельного расхода топлива ge= f(ne)

Сначала рассчитываем часовой расход топлива по формуле:

 , [кг/ч]

ge – функция зависимости удельного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала двигателя, [г/кВт⋅ч] берем из таблицы 1;

Nψ+ Nw - суммарная мощность сопротивления движению автомобиля, [кВт];

Ku - коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива - ge в зависимости от коэффициента использования мощности двигателя U.

Численные значения коэффициента Ku рассчитываем с помощью эмпирической формулы:

Коэффициент использования мощности двигателя U рассчитываем по следующей формуле:

 ,

Значения путевого расхода топлива определяем по выражению:

ρТ = 0,73 , [г/см3] - плотность бензина;

Полученные при расчетах топливно-экономической характеристики значения для двух высших передач и для двух типов дорожного покрытия заносим в таблицы 14.

Таблицы 14. Значения путевого расхода топлива автомобиля ГАЗ-3307 на 3,4 передачах при движении автомобиля по асфальтобетону

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ne, [об/мин] | 500 | 800 | 1100 | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2900 | 3200 | 3500 | 3800 | 4100 | 4400 |
| Va, [км/ч] | 8,64 | 13,82 | 19,01 | 24,19 | 29,38 | 34,56 | 39,74 | 44,93 | 50,11 | 55,30 | 60,48 | 65,66 | 70,85 | 76,03 |
| Nψ, [кВт] | 3,34 | 5,37 | 7,45 | 9,59 | 11,80 | 14,10 | 16,51 | 19,05 | 21,72 | 24,55 | 27,55 | 30,73 | 34,13 | 37,74 |
| Nw, [кВт] | 0,04 | 0,15 | 0,39 | 0,80 | 1,43 | 2,34 | 3,55 | 5,13 | 7,12 | 9,56 | 12,51 | 16,02 | 20,12 | 24,86 |
| (Nψ+Nw)/ηтр, [кВт] | 3,73 | 6,11 | 8,67 | 11,49 | 14,64 | 18,18 | 22,19 | 26,74 | 31,90 | 37,73 | 44,32 | 51,72 | 60,00 | 69,25 |
| Ne', [кВт] | 13,45 | 22,58 | 32,04 | 41,46 | 50,46 | 58,67 | 65,71 | 71,20 | 74,78 | 76,05 | 74,65 | 70,20 | 62,33 | 50,65 |
| U | 0,28 | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,38 | 0,43 | 0,50 | 0,59 | 0,74 | 0,96 | 1,37 |
| ge, [г/кВт∙ч] | 324,5 | 301,2 | 283,4 | 271,1 | 264,4 | 263,1 | 267,3 | 277 | 292,2 | 313 | 339,2 | 370,9 | 408,1 | 450,9 |
| Ku | 2,06 | 2,09 | 2,09 | 2,06 | 2,00 | 1,91 | 1,79 | 1,64 | 1,46 | 1,25 | 1,03 | 0,86 | 0,96 | 2,26 |
| GT, [кг/ч] | 2,49 | 3,84 | 5,13 | 6,41 | 7,73 | 9,14 | 10,64 | 12,18 | 13,64 | 14,82 | 15,54 | 16,53 | 23,50 | 70,64 |
| Qs,[л/100км] | 39,49 | 38,08 | 36,98 | 36,30 | 36,06 | 36,22 | 36,66 | 37,14 | 37,30 | 36,70 | 35,20 | 34,49 | 45,43 | 127,2 |
| ne, [об/мин] | 500 | 800 | 1100 | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2900 | 3200 | 3500 | 3800 | 4100 | 4400 |
| Va, [км/ч] | 14,77 | 23,64 | 32,50 | 41,37 | 50,23 | 59,10 | 67,96 | 76,83 | 85,69 | 94,56 | 103,4 | 112,2 | 121,1 | 130 |
| Nψ, [кВт] | 5,75 | 9,36 | 13,18 | 17,29 | 21,78 | 26,73 | 32,21 | 38,31 | 45,11 | 52,68 | 61,12 | 70,49 | 80,88 | 92,37 |
| Nw, [кВт] | 0,18 | 0,75 | 1,94 | 4,00 | 7,17 | 11,68 | 17,76 | 25,65 | 35,60 | 47,82 | 62,58 | 80,09 | 100,5 | 124,3 |
| (Nψ+Nw)/ηтр, [кВт] | 6,30 | 10,73 | 16,06 | 22,63 | 30,76 | 40,80 | 53,09 | 67,96 | 85,75 | 106,7 | 131,4 | 159,9 | 192,8 | 230,2 |
| Ne', [кВт] | 13,45 | 22,58 | 32,04 | 41,46 | 50,46 | 58,67 | 65,71 | 71,20 | 74,78 | 76,05 | 74,65 | 70,20 | 62,33 | 50,65 |
| U | 0,47 | 0,48 | 0,50 | 0,55 | 0,61 | 0,70 | 0,81 | 0,95 | 1,15 | 1,40 | 1,76 | 2,28 | 3,09 | 4,55 |
| ge, [г/кВт∙ч] | 324,5 | 301,2 | 283,4 | 271,1 | 264,4 | 263,1 | 267,3 | 277 | 292 | 313 | 339,2 | 370,9 | 408,1 | 450,9 |
| Ku | 1,33 | 1,31 | 1,24 | 1,13 | 1,01 | 0,89 | 0,84 | 0,95 | 1,37 | 2,45 | 4,92 | 10,51 | 24,10 | 62,89 |
| GT, [кг/ч] | 2,72 | 4,24 | 5,65 | 6,94 | 8,18 | 9,58 | 11,98 | 17,85 | 34,40 | 82,01 | 219,2 | 623,6 | 1896 | 6528 |
| Qs,[л/100км] | 25,26 | 24,59 | 23,81 | 22,99 | 22,30 | 22,22 | 24,14 | 31,82 | 54,99 | 118,8 | 290,3 | 760,8 | 2144 | 6878 |

Значения путевого расхода топлива автомобиля ГАЗ - 3307 на 3,4 передачах при движении автомобиля по грунту

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ne, [об/мин] | 500 | 800 | 1100 | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2900 | 3200 | 3500 | 3800 | 4100 | 4400 |
| Va, [км/ч] | 8,64 | 13,82 | 19,01 | 24,19 | 29,38 | 34,56 | 39,74 | 44,93 | 50,11 | 55,30 | 60,48 | 65,66 | 70,85 | 76,03 |
| Nψ, [кВт] | 5,57 | 8,96 | 12,42 | 15,98 | 19,67 | 23,50 | 27,52 | 31,74 | 36,20 | 40,91 | 45,91 | 51,22 | 56,88 | 62,90 |
| Nw, [кВт] | 0,04 | 0,15 | 0,39 | 0,80 | 1,43 | 2,34 | 3,55 | 5,13 | 7,12 | 9,56 | 12,51 | 16,02 | 20,12 | 24,86 |
| (Nψ+Nw)/ηтр, [кВт] | 6,20 | 10,07 | 14,17 | 18,56 | 23,34 | 28,58 | 34,37 | 40,79 | 47,92 | 55,84 | 64,63 | 74,38 | 85,17 | 97,08 |
| Ne', [кВт] | 13,45 | 22,58 | 32,04 | 41,46 | 50,46 | 58,67 | 65,71 | 71,20 | 74,78 | 76,05 | 74,65 | 70,20 | 62,33 | 50,65 |
| U | 0,46 | 0,45 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,49 | 0,52 | 0,57 | 0,64 | 0,73 | 0,87 | 1,06 | 1,37 | 1,92 |
| ge, [г/кВт∙ч] | 324,5 | 301,2 | 283,4 | 271,1 | 264,4 | 263,1 | 267,3 | 277,0 | 292,2 | 313 | 339,2 | 370,9 | 408,1 | 450,9 |
| Ku | 1,36 | 1,40 | 1,41 | 1,40 | 1,35 | 1,28 | 1,19 | 1,07 | 0,96 | 0,86 | 0,86 | 1,14 | 2,26 | 6,35 |
| GT, [кг/ч] | 2,73 | 4,25 | 5,67 | 7,02 | 8,33 | 9,62 | 10,89 | 12,13 | 13,40 | 15,09 | 18,90 | 31,44 | 78,53 | 278 |
| Qs,[л/100км] | 43,22 | 42,11 | 40,89 | 39,78 | 38,85 | 38,13 | 37,53 | 37,00 | 36,64 | 37,37 | 42,81 | 65,59 | 151,8 | 500,9 |
| ne, [об/мин] | 500 | 800 | 1100 | 1400 | 1700 | 2000 | 2300 | 2600 | 2900 | 3200 | 3500 | 3800 |
| Va, [км/ч] | 14,77 | 23,64 | 32,50 | 41,37 | 50,23 | 59,10 | 67,96 | 76,83 | 85,69 | 94,56 | 103,42 | 112,29 |
| Nψ, [кВт] | 9,58 | 15,59 | 21,96 | 28,82 | 36,30 | 44,55 | 53,69 | 63,85 | 75,18 | 87,81 | 101,86 | 117,48 |
| Nw, [кВт] | 0,18 | 0,75 | 1,94 | 4,00 | 7,17 | 11,68 | 17,76 | 25,65 | 35,60 | 47,82 | 62,58 | 80,09 |
| (Nψ+Nw)/ηтр, [кВт] | 10,38 | 17,36 | 25,40 | 34,87 | 46,19 | 59,74 | 75,91 | 95,10 | 117,70 | 144,11 | 174,71 | 209,91 |
| Ne', [кВт] | 13,45 | 22,58 | 32,04 | 41,46 | 50,46 | 58,67 | 65,71 | 71,20 | 74,78 | 76,05 | 74,65 | 70,20 |
| U | 0,77 | 0,77 | 0,79 | 0,84 | 0,92 | 1,02 | 1,16 | 1,34 | 1,57 | 1,89 | 2,34 | 2,99 |
| ge, [г/кВт∙ч] | 324,55 | 301,26 | 283,47 | 271,19 | 264,40 | 263,12 | 267,33 | 277,05 | 292,28 | 313,00 | 339,23 | 370,95 |
| Ku | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,85 | 0,90 | 1,05 | 1,40 | 2,11 | 3,49 | 6,14 | 11,33 | 22,05 |
| GT, [кг/ч] | 2,85 | 4,44 | 6,08 | 8,05 | 11,01 | 16,54 | 28,39 | 55,54 | 119,99 | 276,88 | 671,46 | 1716,8 |
| Qs,[л/100км] | 26,46 | 25,71 | 25,60 | 26,64 | 30,02 | 38,34 | 57,21 | 99,04 | 191,81 | 401,11 | 889,38 | 2094,5 |