Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра технологии машиностроения

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОЙ РАБОТЕ**

по дисциплине: «Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных средств»

на тему: «Определение основных параметров, динамических и топливно-экономических свойств грузового самосвала»

Вариант № 23

|  |  |
| --- | --- |
| Выполнил:  Студент \_\_\_Добрянский Ю.В.  (Ф.И.О.)  Группа \_\_\_ТА-801\_\_\_\_\_\_  Факультет \_МТФ\_\_\_\_\_\_\_.  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  подпись  «21» \_\_Мая\_\_\_\_\_ 2021 г. | Проверил:  к.т.н., доцент\_Гилета В.П.  (Ф.И.О.)  Балл: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, ECTS\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_,  Оценка \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неуд.»  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  подпись  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. |

Новосибирск, 2021

**Оглавление**

[Введение 3](#_Toc71979689)

[Исходные данные: 4](#_Toc71979690)

[1.1. Определение масс автомобиля 5](#_Toc71979691)

[1.2. Распределение нагрузки от полной массы автомобиля по мостам 5](#_Toc71979692)

[1.3. Выбор шин и определение радиуса качения колес 5](#_Toc71979693)

[1.4. Геометрические параметры автомобиля и сила сопротивления воздуха движению 6](#_Toc71979694)

[1.5. Определение параметров двигателя 7](#_Toc71979695)

[1.6. Параметры трансмиссии 12](#_Toc71979696)

[1.6.1. Определение передаточного числа главной передачи 12](#_Toc71979697)

[1.6.2. Определение передаточных чисел коробок передач 13](#_Toc71979698)

[2. Расчет тягово-скоростных свойств автомобиля 15](#_Toc71979699)

[2.1. Силовой баланс автомобиля 15](#_Toc71979700)

[2.2. Мощностной баланс автомобиля 17](#_Toc71979701)

[2.3. Динамическая характеристика автомобиля 19](#_Toc71979702)

[2.4. Приемистость автомобиля 21](#_Toc71979703)

[2.4.1. Ускорение при разгоне 22](#_Toc71979704)

[2.4.2. Время и путь разгона 24](#_Toc71979705)

[3. Топливная экономичность грузового автомобиля 29](#_Toc71979706)

[4. Заключение 31](#_Toc71979707)

[Список литературы 32](#_Toc71979708)

# **Введение**

Для определения показателей тягово-скоростных свойств проектируемого транспортного средства необходимо знать внешние скоростные характеристики его силовой установки, в качестве которой, чаще всего, применяют двигатели внутреннего сгорания. Внешняя скоростная характеристика (ВСХ) двигателя – это зависимость эффективной мощности и эффективного крутящего момента и удельного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала при установившемся режиме работы. Основные параметры, характеризующие двигатель, отражаются во внешней скоростной и нагрузочных характеристиках, из которых можно определить эффективную мощность, эффективный крутящий момент и частоту вращения коленчатого вала, при которой обеспечиваются номинальные значения этих характеристик. С помощью скоростных характеристик можно оценить основные эксплуатационные показатели автотранспортного средства (АТС), поэтому их построение является одним из основных этапов проектирования.

# **Исходные данные:**

1. Тип автомобиля: Автомобиль-самосвал

2. Колесная формула: 4x2

3. Грузоподъемность: 8500кг

4. Тип привода: задний

5. Число передач в КП: 5

6. Тип двигателя: Дизельный

7. Максимальная скорость движения: 90 км/ч

## **1.1 Определение масс автомобиля**

Для грузового автомобиля его полная масса является главным параметров и включает в себя массу снаряженного автомобиля m0 и массу нагрузки mг.

Масса нагрузки определяется по формуле:

где – номинальная грузоподъемность автомобиля, кг; – масса члена экипажа грузового автомобиля, кг (= 75 кг); – масса багажа одного члена экипажа грузового автомобиля, кг ( = 5 кг); – количество членов экипажа (возьмем экипаж 2 человека).

Чтобы найти полную массу автомобиля , найдем его снаряженную массу . В проектных расчетах массу снаряженного грузового автомобиля можно определить с помощью коэффициента k, равного [1]:

Для двухосных самосвалов отсюда найдем :

Найдем полную массу автомобиля:

## **1.2 Распределение нагрузки от полной массы автомобиля по мостам**

Распределение полной массы по мостам для двухосных автомобилей грузового типа со сдвоенными шинами ведущих колёс, группы А [1]:

Принимаем нагрузку на ведущий мост (сцепная масса) равной 10200 кг.

## **1.3 Выбор шин и определение радиуса качения колес**

Для определения наиболее нагруженной шины рассчитываются нагрузки на колеса передней и задней оси (тележки).

Нагрузка на колесо передней и задней осей (или тележки) равна [1]:

где , – вес автомобиля, приходящийся на передний и задний мост соответственно; , – количество шин переднего и заднего мостов.

Сравнивая значения и , определяют наиболее нагруженное колесо и по ГОСТ 4754–97 или ГОСТ 5513–97 выбирают шину (при этом во внимание принимается также и индекс категории скорости шины – максимально допустимая скорость движения), устанавливают ее геометрические параметры. По геометрическим параметрам выбранной шины рассчитывается радиус качения колеса [1]:

где d – посадочный диаметр шины, м; – коэффициент вертикальной деформации шины; H – высота профиля шины, м. Для тороидальных шин .

В расчетах принимается, что при движении автомобиля по дорогам с твердым покрытием радиусы качения, статический и динамический, равны между собой.

По ГОСТ 5513-97: мм, мм, принимаем равным 0,855 [2].

## **1.4 Геометрические параметры автомобиля и сила сопротивления воздуха движению**

Высота , ширина , колея *В* и база *L* проектируемого автомобиля выбираются по автомобилям-аналогам.

Автомобиль-аналог грузовой самосвал автомобиль KAMAZ- 43255-69 (G5) [3]:

Длина: 6030 мм

Продольные координаты , ( – расстояние от центра масс до оси переднего моста; – расстояние от центра масс до оси заднего моста) и высота центра масс определяются по выражениям [1]:

где и – распределение полной массы по осям автомобиля (индекс 1 – передняя ось; индекс 2 – задняя ось или тележка сдвоенного моста); и – высота центра масс груженого и снаряженного автомобиля соответственно.

Сила сопротивления воздуха рассчитывается по формуле:

где – коэффициент сопротивления воздуха, ; F – площадь лобового сопротивления автомобиля, ; V – скорость движения автомобиля, км/ч.

## **1.5 Определение параметров двигателя**

Коэффициент сопротивления качению не является постоянной величиной и зависит от скорости движения автомобиля [1]:

где – коэффициент сопротивления качению при малой скорости, в зависимости от типа дорожного покрытия.

Коэффициент суммарного дорожного сопротивления зависит от состояния дороги и ее уклона:

тангенс угла наклона дороги к горизонту (продольный уклон).

Определение максимальной мощности двигателя проектируемого автомобиля производится при условии, что он движется по укатанной снежной дороге с небольшим уклоном (1%), т. е. = 0,01 и .

Мощность двигателя проектируемого автомобиля определяется из условия обеспечения заданной максимальной скорости движения на прямолинейном горизонтальном участке дороги. В этих условиях уравнение баланса мощности имеет вид [1]:

где – мощность, подводимая к ведущим колесам автомобиля; – мощность, необходимая для преодоления сопротивления дороги; – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха.

Решая это уравнение относительно величины мощности двигателя получаем выражение:

коэффициент полезного действия трансмиссии.

По таблице 5 выбираем обороты коленчатого вала при максимальной мощности [1]:

Крутящий момент двигателя при максимальной мощности равен:

Связь максимального крутящего момента двигателя и крутящего момента при максимальной мощности описывается уравнением

где – коэффициент приспособляемости двигателя по крутящему моменту.

Угловая скорость коленчатого вала , при которой достигается максимальный крутящий момент, равна:

где – коэффициент приспособляемости по крутящему моменту.

Для автомобилей средней и большой грузоподъемности или пассажировместимости

По полученному значению мощности подбирается двигатель. Для данной мощности подходит дизельный двигатель [Cummins C260 33(BYC)](http://cummins-motors.ru/wp-content/uploads/2020/10/Power-Curve-of-Cummins-C260-20-FR92039.pdf). Технические характеристики [4]:

Максимальная мощность –300 кВт

Число оборотов коленчатого вала при – 3500 об/мин

Максимальный крутящий момент – 1000.

При отсутствии экспериментальных данных внешнюю скоростную характеристику можно получить расчетным путем, с использованием эмпирической зависимости позволяющей по координатам одной точки найти остальные текущие значения. В качестве координат известной точки используют значения максимальной мощности и угловую скорость коленчатого вала при этой мощности :

где – текущее значение эффективной мощности двигателя, кВт; – текущее значение угловой скорости коленчатого вала двигателя, рад/с; a, b и с – постоянные коэффициенты, зависящие от типа и конструкции двигателя [1].

Крутящий момент на коленчатом валу двигателя () для тех же значений угловой скорости определяют по формуле

Текущее значение удельного эффективного расхода топлива определяют по формуле:

где – удельный эффективный расход топлива на режиме максимальной мощности ; – минимальный удельный эффективный расход топлива, для дизельный двигателей это значение – 175…220. Также для дизельных двигателей .

Используя текущие значения удельного расхода топлива и эффективной мощности, определяют соответствующие им значения часового расхода топлива из соотношения:

Данные расчетов заносятся в таблицу 1 [1].

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Единицы измерения | Текущие значения параметров | | | | | | | | | |
|  | - | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
|  | кВт | 19,2 | 45,6 | 77,4 | 112,8 | 150 | 187,2 | 222,6 | 254,2 | 280,8 | 300 |
|  | Нм | 544,03 | 646,04 | 731,05 | 799,05 | 850,06 | 884,06 | 901,06 | 901,06 | 884,06 | 850,06 |
|  | кг/ч | 5,7 | 12,3 | 19,1 | 25,8 | 32,3 | 38,5 | 44,6 | 50,7 | 56,9 | 63 |
|  | г/(кВт) | 295,05 | 268,8 | 246,75 | 228,9 | 215,25 | 205,8 | 200,55 | 199,5 | 202,65 | 210 |
|  | рад/с | 35,0 | 70,0 | 105,0 | 140,0 | 175,0 | 210,0 | 245,0 | 280,0 | 315,0 | 350,0 |

Таблица 1 - Расчеты

По данным таблицы 1 строим графики внешней скоростной характеристики двигателя (рис. 1) и зависимость удельного эффективного и часового расхода топлива от угловой скорости коленчатого вала (рис. 2).

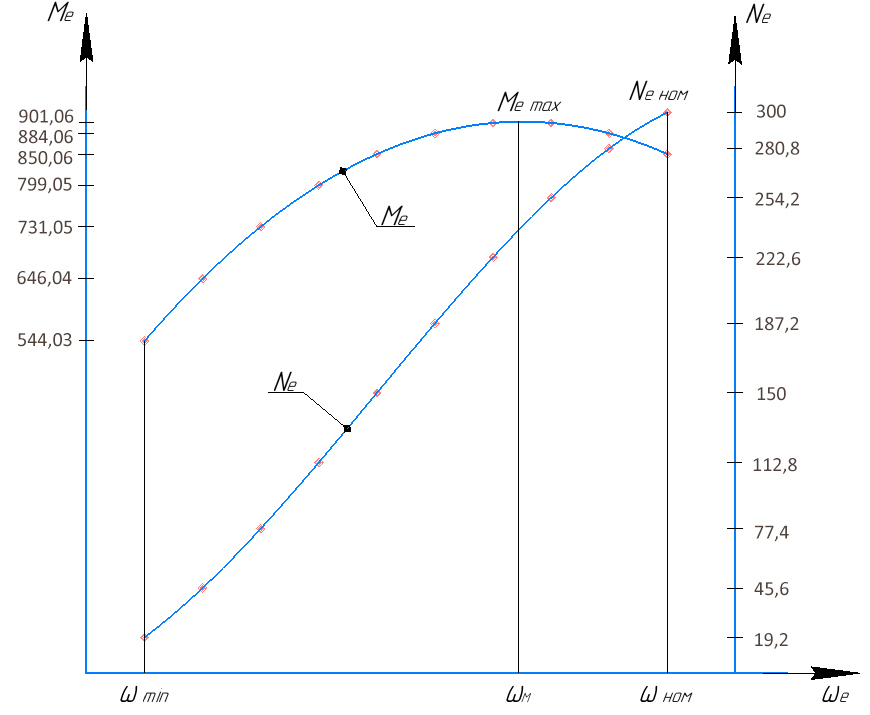


Рисунок 1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

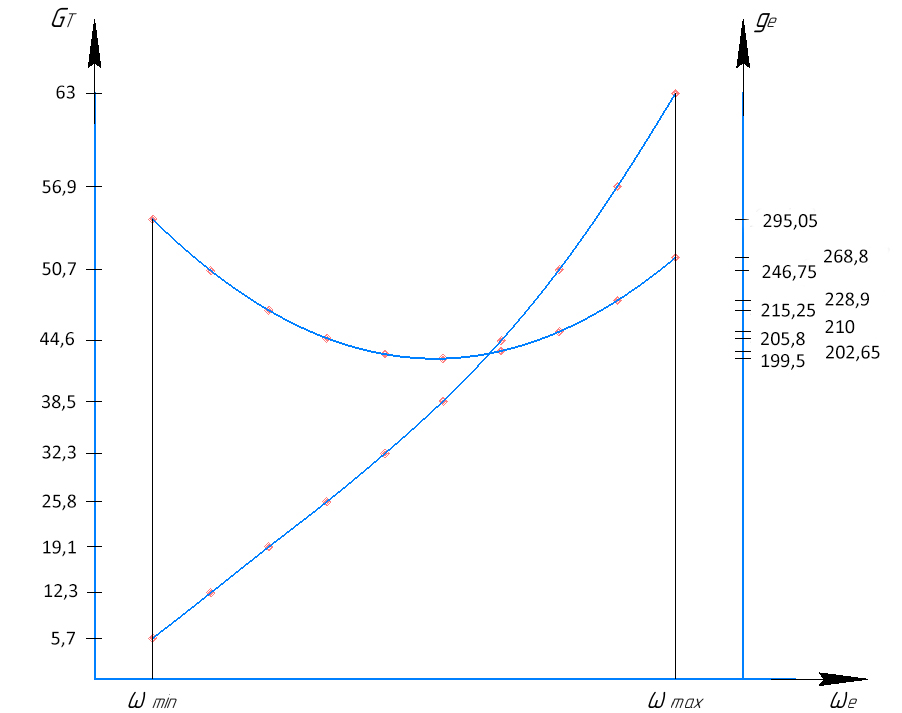


Рисунок 2 – Зависимость удельного эффективного и часового расхода топлива от угловой скорости коленчатого вала

## **1.6 Параметры трансмиссии**

## **1.6.1 Определение передаточного числа главной передачи**

Главная передача предназначена для увеличения крутящего момента двигателя и передачи его через дифференциал и полуоси на ведущие колеса автомобиля. Передаточное число главной передачи определяется из условия обеспечения максимальной кинематической скорости автомобиля . Эта скорость достигается при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя и высшем передаточном числе трансмиссии .

Передаточное число высшей ступени трансмиссии равно:

где – передаточное число высшей передачи коробки передач, принимаем равным 1; – передаточное число высшей передачи раздаточной коробки, принимаем равным 1. Передаточное число главной передачи принимаем равным 6,8.

Максимальная кинематическая скорость равна

Определим передаточное число главной передачи

Примем передаточное число главной передачи равной 7.

## **1.6.2. Определение передаточных чисел коробок передач**

Значение передаточного числа низшей ступени трансмиссии, при котором автомобиль преодолевает максимальное дорожное сопротивление [1]:

Принимаем равным 4,3.

Максимальный динамический фактор на низшей передаче:

Динамический фактор по сцеплению равен:

где – суммарная нормальная реакция опорной поверхности на ведущие колес, коэффициент сцепления.

Значение зависит от колесной формулы автомобиля. Для неполноприводных автомобилей

Движение без скольжения ведущих колес на низшей ступени трансмиссии (второе условие) обеспечивается при соблюдении следующего соотношения [1]:

Данное условие соблюдается.

Передаточное число низшей ступени трансмиссии при котором отсутствует буксование колес при коэффициенте сцепления ϕ, должно удовлетворять неравенству

Если полученные значения и удовлетворяют условию

то принимают .

В трансмиссиях, которые включают только коробку передач и главную передачу, передаточное число низшей ступени коробки передач определяется по формуле

Определив передаточное число коробки на первой передаче, передаточные числа промежуточных передач рассчитывают по формуле

где – порядковый номер передачи; – число ступеней в коробке передач без ускоряющей передачи и заднего хода.

# **2. Расчет тягово-скоростных свойств автомобиля**

## **2.1. Силовой баланс автомобиля**

Полученные при расчете данные сводятся в таблицу 2 и по этим данным строят графики силового баланса.

Представим уравнение движения подвижного состава в следующем виде [1]:

где – сила тяги на ведущих колесах автомобиля, Н; – сила сопротивления дороги, Н; – сила сопротивления воздуха, Н; – сила сопротивления инерции, Н.

Сила тяги на ведущих колесах автомобиля определяется по формуле

Сила сопротивления воздуха рассчитывается по уравнению.

Скорость автомобиля на различных передачах

где – текущая угловая скорость коленчатого вала двигателя, рад/с; – передаточное число коробки передач на передаче.

Где – сила тяжести автомобиля, Н; – коэффициент суммарного дорожного сопротивления.

Таблица 2 - Данные для построения графиков силового баланса

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Текущее значение параметров | | | | | | | | | |
| , рад/с | 35,00 | 70,0 | 105,0 | 140,0 | 175,0 | 210,0 | 245,0 | 280,0 | 315,0 | 350,0 |
|  | 35,99 | | | | | | | | | |
| , км/ч | 1,67 | 3,29 | 5,09 | 6,66 | 8,45 | 10,12 | 11,91 | 13,29 | 15,18 | 16,9 |
| , Н | 38365 | 44356 | 52365 | 56783 | 59672 | 62072 | 63356 | 63356 | 62072 | 59672 |
| , Н | 1,03 | 4,11 | 9,15 | 16,27 | 24,31 | 35,42 | 48,55 | 64,73 | 82,03 | 101,07 |
|  | 23,76 | | | | | | | | | |
| , км/ч | 2,48 | 5,13 | 6,98 | 10,13 | 12,58 | 14,98 | 17,63 | 20,24 | 22,93 | 25,35 |
| , Н | 25213 | 29853 | 32867 | 37134 | 39303 | 41880 | 42768 | 42768 | 41880 | 39303 |
| , Н | 2,301 | 9,15 | 21,05 | 37,29 | 58,13 | 83,59 | 114,6 | 149,2 | 188,4 | 232,75 |
|  | 15,709 | | | | | | | | | |
| , км/ч | 3,86 | 7,53 | 11,47 | 15,24 | 18,86 | 22,93 | 27,05 | 30,61 | 34,27 | 38,73 |
| , Н | 16653 | 19843 | 22456 | 24571 | 26098 | 27145 | 27703 | 27703 | 27145 | 26098 |
| , Н | 5,42 | 21,36 | 46,35 | 83,78 | 129,7 | 193,1 | 257,1 | 341,8 | 432,0 | 533,95 |
|  | 10,31 | | | | | | | | | |
| , км/ч | 5,79 | 11,38 | 17,69 | 22,29 | 27,31 | 34,12 | 41,97 | 46,98 | 52,58 | 57,43 |
| , Н | 10745 | 12972 | 14713 | 16156 | 17135 | 17889 | 18134 | 18134 | 17889 | 17135 |
| , Н | 12,48 | 48,34 | 111,78 | 193,18 | 311,08 | 439,59 | 604,83 | 787,91 | 998,13 | 1 227,13 |
|  | 6,83 | | | | | | | | | |
| , км/ч | 8,68 | 16,86 | 25,53 | 35,29 | 44,78 | 52,67 | 61,85 | 71,78 | 78,53 | 87,41 |
| , Н | 7143 | 8403 | 9837 | 10553 | 11344 | 11758 | 12103 | 12103 | 11758 | 11344 |
| , Н | 28,15 | 114,36 | 248,74 | 456,41 | 728,19 | 1013 | 1 358 | 1779 | 2265 | 2790 |
|  | 5152 | 5213 | 5269 | 5394 | 5546 | 5705 | 5965 | 6158 | 6412 | 6715 |
|  | 5180 | 5327 | 5518 | 5850 | 6274 | 6718 | 7323 | 7937 | 8677 | 9505 |

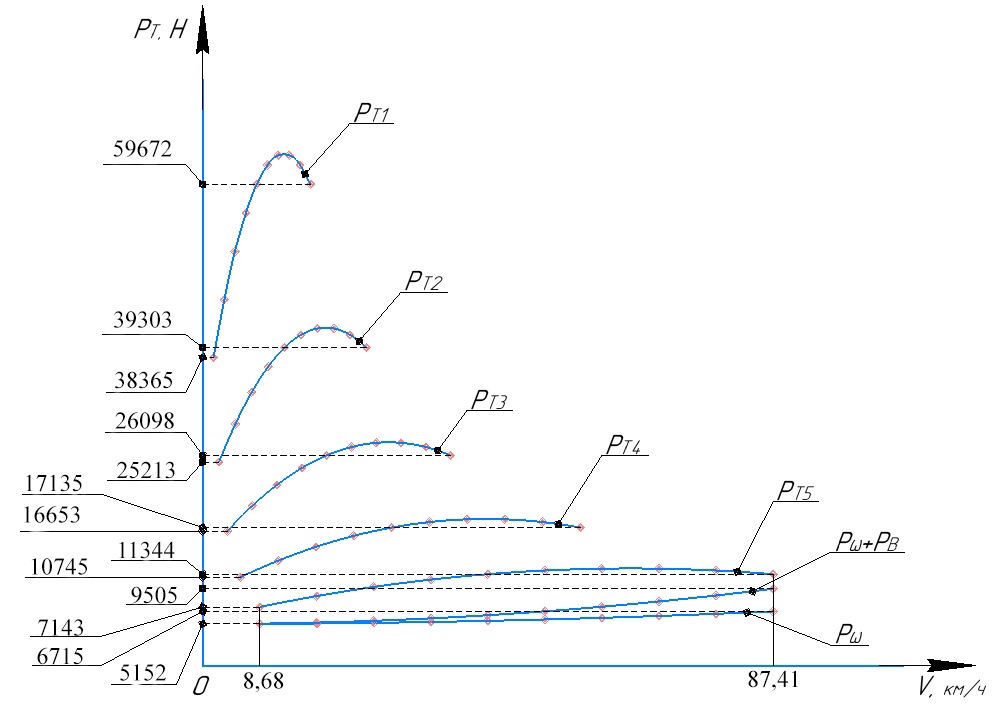


Рисунок 3 – график силового баланса подвижного состава

Максимальную скорость автомобиля определяют по абсциссе точки пересечения кривых и силы тяги на высшей передаче . В данном случае кривые не пересекаются, это означает, что максимальная скорость движения автомобиля ограничивается максимальной угловой скоростью коленчатого вала двигателя.

## **2.2 Мощностной баланс автомобиля**

Мощностный баланс показывает распределение мощности двигателя на всех передачах по отдельным видам сопротивлений [1].

Тяговую мощность определяют для каждой передачи по формуле:

Мощность, затрачиваемую на преодоление сопротивления дороги, определяют по формуле:

Мощность, затрачиваемую на преодоление сопротивления воздуха, определяют по формуле:

Построим график мощностного баланса автомобиля, представляющий собой зависимость от скорости движения тяговой мощности, а также мощностей, затрачиваемых на преодоление сопротивления движению [1].

Таблица 3 - Расчетные данные для построения графика мощностного баланса

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер передачи | Параметры | Текущее значение параметров | | | | | | | | | |
|  | ωe | 35,00 | 70,00 | 105,00 | 140,00 | 175,00 | 210,00 | 245,00 | 280,00 | 315,00 | 350,00 |
| Первая передача | V, км/ч | 1,67 | 3,29 | 5,09 | 6,66 | 8,45 | 10,12 | 11,91 | 13,29 | 15,18 | 16,9 |
| Nт, кВт | 17,8 | 40,5 | 74,03 | 105,04 | 140,6 | 174,5 | 209,6 | 233,8 | 261,7 | 280,13 |
| Вторая передача | V, км/ч | 2,48 | 5,13 | 6,98 | 10,13 | 12,58 | 14,98 | 17,63 | 20,24 | 22,93 | 25,35 |
| Nт, кВт | 17,8 | 40,5 | 74,03 | 105,04 | 140,6 | 174,5 | 209,6 | 233,8 | 261,7 | 280,13 |
| Третья передача | V, км/ч | 3,86 | 7,53 | 11,47 | 15,24 | 18,86 | 22,93 | 27,05 | 30,61 | 34,27 | 38,73 |
| Nт, кВт | 17,8 | 40,5 | 74,03 | 105,04 | 140,6 | 174,5 | 209,6 | 233,8 | 261,7 | 280,13 |
| Четвертая передача | V, км/ч | 5,79 | 11,38 | 17,69 | 22,29 | 27,31 | 34,12 | 41,97 | 46,98 | 52,58 | 57,43 |
| Nт, кВт | 17,8 | 40,5 | 74,03 | 105,04 | 140,6 | 174,5 | 209,6 | 233,8 | 261,7 | 280,13 |
| Пятая передача | V, км/ч | 8,68 | 16,86 | 25,53 | 35,29 | 44,78 | 52,67 | 61,85 | 71,78 | 78,53 | 87,41 |
| Nт, кВт | 17,8 | 40,5 | 74,03 | 105,04 | 140,6 | 174,5 | 209,6 | 233,8 | 261,7 | 280,13 |
| Nв, кВт | 0,068 | 0,54 | 1,76 | 4,48 | 9,05 | 14,9 | 23,3 | 35,5 | 49,4 | 67,7 |
| Nψ, кВт | 12,4 | 24,4 | 37,3 | 52,9 | 68,99 | 83,4 | 102,5 | 122,8 | 139,9 | 163,04 |
| Nв+Nψ, кВт | 12,47 | 24,94 | 39,06 | 57,38 | 78,04 | 98,3 | 125,8 | 158,3 | 189,3 | 230,74 |

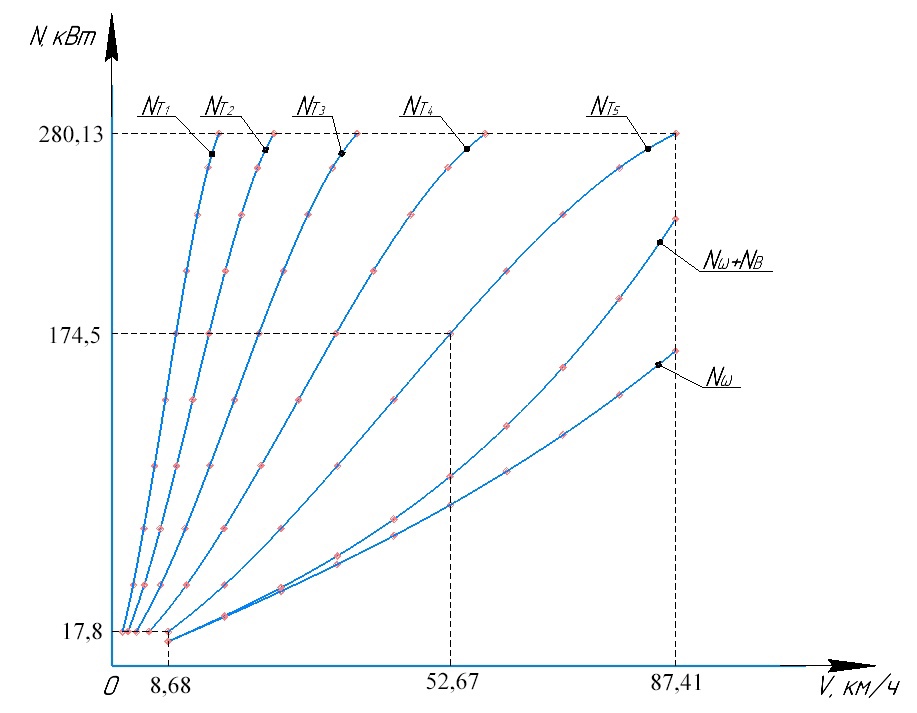


Рисунок 4 - График мощностного баланса

Данные кривые не пересекаются, это говорит о том, что максимальная скорость движения автомобиля ограничивается максимальными оборотами коленчатого вала двигателя.

# **2.3 Динамическая характеристика автомобиля**

Динамическая характеристика представляет собой зависимость динамического фактора автомобиля с полной нагрузкой от скорости движения на всех передачах.

Динамическим фактором по тяге называется отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к полному весу подвижного состава:

Параметры, необходимые для расчета динамического фактора от скорости движения автомобиля на различных передачах, сводятся в таблицу 4 [1]. По результатам расчетов строится динамическая характеристика автомобиля.

Таблица 4 - Данные для расчета динамической характеристики

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Текущее значение параметров | | | | | | | | | |
| ωe, рад/с | 35,00 | 70,00 | 105,00 | 140,00 | 175,00 | 210,00 | 245,00 | 280,00 | 315,00 | 350,00 |
| Первая передача | | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 1,67 | 3,29 | 5,09 | 6,66 | 8,45 | 10,12 | 11,91 | 13,29 | 15,18 | 16,9 |
| Pт, Н | 38365 | 44356 | 52365 | 56783 | 59672 | 62072 | 63356 | 63356 | 62072 | 59672 |
| Pв, Н | 1,03 | 4,11 | 9,15 | 16,27 | 24,31 | 35,42 | 48,55 | 64,73 | 82,03 | 101,07 |
| Da | 0,2349 | 0,2839 | 0,3167 | 0,3475 | 0,3787 | 0,3865 | 0,3943 | 0,3939 | 0,3843 | 0,3705 |
| Вторая передача | | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 2,48 | 5,13 | 6,98 | 10,13 | 12,58 | 14,98 | 17,63 | 20,24 | 22,93 | 25,35 |
| Pт, Н | 25213 | 29853 | 32867 | 37134 | 39303 | 41880 | 42768 | 42768 | 41880 | 39303 |
| Pв, Н | 2,301 | 9,15 | 21,05 | 37,29 | 58,13 | 83,59 | 114,6 | 149,2 | 188,4 | 232,75 |
| Da | 0,1543 | 0,1857 | 0,2105 | 0,2317 | 0,2437 | 0,2526 | 0,2572 | 0,2570 | 0,2548 | 0,2436 |
| Третья передача | | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 3,86 | 7,53 | 11,47 | 15,24 | 18,86 | 22,93 | 27,05 | 30,61 | 34,27 | 38,73 |
| Pт, Н | 16653 | 19843 | 22456 | 24571 | 26098 | 27145 | 27703 | 27703 | 27145 | 26098 |
| Pв, Н | 5,42 | 21,36 | 46,35 | 83,78 | 129,75 | 193,16 | 257,18 | 341,88 | 432,08 | 533,95 |
| Da | 0,1029 | 0,1215 | 0,1368 | 0,1545 | 0,1667 | 0,1673 | 0,1705 | 0,1686 | 0,1647 | 0,1568 |
| Четвертая передача | | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 5,79 | 11,38 | 17,69 | 22,29 | 27,31 | 34,12 | 41,97 | 46,98 | 52,58 | 57,43 |
| Pт, Н | 10745 | 12972 | 14713 | 16156 | 17135 | 17889 | 18134 | 18134 | 17889 | 17135 |
| Pв, Н | 12,48 | 48,34 | 111,78 | 193,18 | 311,08 | 439,59 | 604,83 | 787,91 | 998,13 | 1227,13 |
| Da | 0,076 | 0,0813 | 0,0916 | 0,0977 | 0,1034 | 0,1076 | 0,1095 | 0,1077 | 0,1039 | 0,0965 |
| Пятая передача | | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 8,68 | 16,86 | 25,53 | 35,29 | 44,78 | 52,67 | 61,85 | 71,78 | 78,53 | 87,41 |
| Pт, Н | 7143 | 8403 | 9837 | 10553 | 11344 | 11758 | 12103 | 12103 | 11758 | 11344 |
| Pв, Н | 28,15 | 114,36 | 248,74 | 456,41 | 728,19 | 1013 | 1 358 | 1779 | 2265 | 2790 |
| Da | 0,0437 | 0,0524 | 0,0588 | 0,0615 | 0,0639 | 0,0658 | 0,0664 | 0,0634 | 0,0596 | 0,0532 |

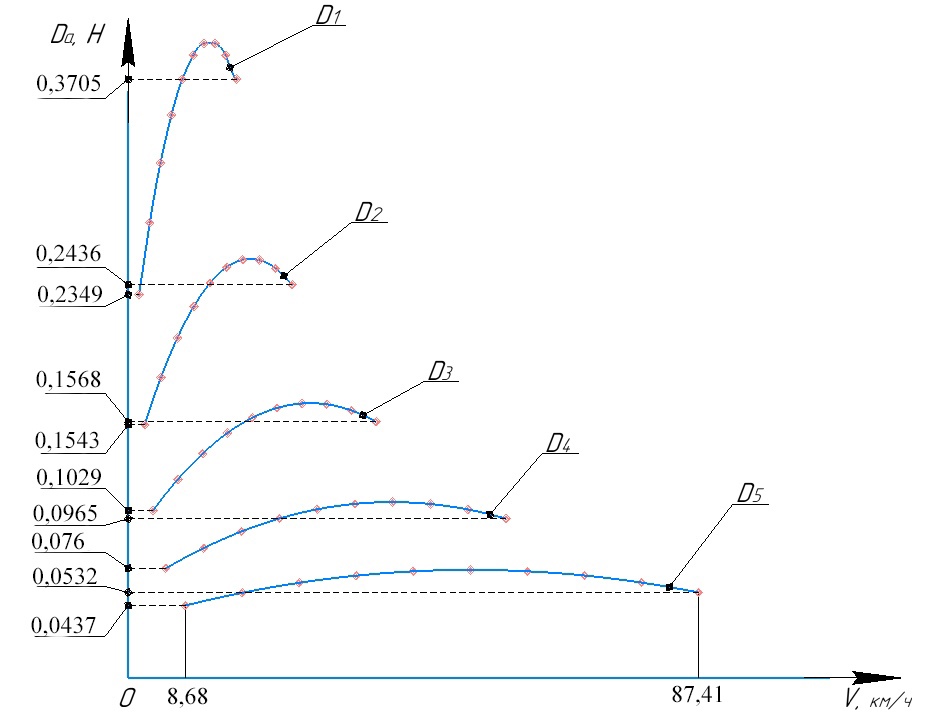


Рисунок 5 - Динамическая характеристика грузового самосвала.

Динамическая характеристика автомобиля позволяет определить максимальную скорость движения при выбранных дорожных условиях. На оси ординат откладывают значение коэффициента суммарного дорожного сопротивления и проводят линию, параллельную оси абсцисс, однако в данном случае пересечение с кривой динамического фактора не будет, т.к. максимальная скорость автомобиля ограничивается максимальными оборотами коленчатого вала двигателя [1].

## **2.4 Приемистость автомобиля**

Под приемистостью автомобиля понимают его способность быстро увеличивать скорость движения. Оценочными показателями являются: максимально возможное ускорение, время разгона, путь разгона. Обычно эти показатели определяются экспериментально, но могут быть определены и расчетным путем [1].

# **2.4.1 Ускорение при разгоне**

Величину ускорений автотранспортных средств на каждой передаче рассчитывают из условия разгона их с полной нагрузкой на горизонтальном участке в заданных дорожных условиях по формуле:

где – ускорение свободного падения, м/с2; – коэффициент учета вращающихся масс.

Коэффициент учета вращающихся масс автомобиля с полной нагрузкой можно приближенно рассчитать по формуле:

где – передаточные числа основной и дополнительной коробок передач.

Для определения ускорений при разгоне на динамической характеристике выбирают несколько значений скорости на каждой передаче и соответствующие этим скоростям значения динамического фактора D.

Таблица 5 - Данные для построения графиков ускорения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Текущее значение параметров | | | | | | | | | |
| ωe, рад/с | 35,00 | 70,0 | 105,0 | 140,0 | 175,0 | 210,0 | 245,0 | 280,0 | 315,0 | 350,0 |
| 1-я передача | δвр = 2,439 | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 1,67 | 3,29 | 5,09 | 6,66 | 8,45 | 10,12 | 11,91 | 13,29 | 15,18 | 16,9 |
| Da | 0,234 | 0,2839 | 0,3167 | 0,3475 | 0,3787 | 0,3865 | 0,3943 | 0,3939 | 0,3843 | 0,3705 |
| j, м/с2 | 1,04 | 1,228 | 1,381 | 1,479 | 1,579 | 1,637 | 1,667 | 1,667 | 1,636 | 1,578 |
| 2-я передача | δвр = 1,656 | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 2,48 | 5,13 | 6,98 | 10,13 | 12,58 | 14,98 | 17,63 | 20,24 | 22,93 | 25,35 |
| Da | 0,154 | 0,1857 | 0,2105 | 0,2317 | 0,2437 | 0,2526 | 0,2572 | 0,2570 | 0,2548 | 0,2436 |
| j, м/с2 | 1,05 | 1,226 | 1,371 | 1,485 | 1,572 | 1,633 | 1,669 | 1,669 | 1,635 | 1,571 |
| 3-я передача | δвр = 1,315 | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 3,86 | 7,53 | 11,47 | 15,24 | 18,86 | 22,93 | 27,05 | 30,61 | 34,27 | 38,73 |
| Da | 0,102 | 0,1215 | 0,1368 | 0,1545 | 0,1667 | 0,1673 | 0,1705 | 0,1686 | 0,1647 | 0,1568 |
| j, м/с2 | 0,93 | 1,073 | 1,194 | 1,289 | 1,358 | 1,408 | 1,432 | 1,431 | 1,405 | 1,355 |
| 4-я передача | δвр =1,164 | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 5,79 | 11,38 | 17,69 | 22,29 | 27,31 | 34,12 | 41,97 | 46,98 | 52,58 | 57,43 |
| Da | 0,076 | 0,0813 | 0,0916 | 0,0977 | 0,1034 | 0,1076 | 0,1095 | 0,1077 | 0,1039 | 0,0965 |
| j, м/с2 | 0,75 | 0,881 | 0,943 | 1,011 | 1,058 | 1,079 | 1,109 | 1,107 | 1,084 | 1,043 |
| 5-я передача | δвр = 1,1 | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 8,68 | 16,86 | 25,53 | 35,29 | 44,78 | 52,67 | 61,85 | 71,78 | 78,53 | 87,41 |
| Da | 0,043 | 0,0524 | 0,0588 | 0,0615 | 0,0639 | 0,0658 | 0,0664 | 0,0634 | 0,0596 | 0,0532 |
| j, м/с2 | 0,59 | 0,659 | 0,718 | 0,763 | 0,791 | 0,808 | 0,814 | 0,811 | 0,773 | 0,737 |

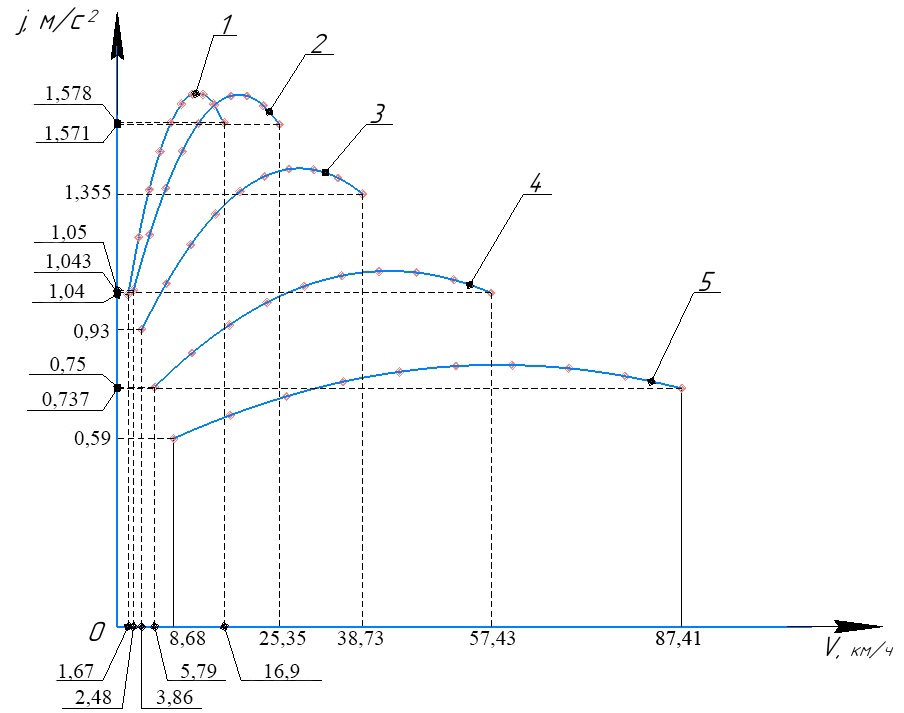


Рисунок 6 - График ускорений грузового самосвала

## 2.4.2. Время и путь разгона

Очень удобными оценочными показателями приемистости автомобиля являются время и путь разгона до заданной скорости. Для достижения максимальной интенсивности разгона используют ускорения, максимально возможные при данной скорости. Разгон начинают на передаче, предназначенной для трогания с места, при минимальной устойчивой скорости движения. При расчетном определении времени и пути разгона кривые графика ускорений разбивают на интервалы. Для точности расчета интервалы скоростей принимают следующие: на низшей передаче – 2…3 км/ч, на промежуточных передачах – 5…10 км/ч и на высшей передаче – 10…15 км/ч [1].

Среднее ускорение в интервале изменения скоростей рассчитывается по формуле:

Время разгона в интервале:

Расчет времени разгона на следующей передаче производится с учетом уменьшения скорости за время переключения передач.

Уменьшение скорости за время переключения передач определяется по формуле:

где – время переключения передач, с; – коэффициент учета вращающихся масс, когда двигатель отсоединен от ведущих колес автомобиля, .

Для определения пути разгона используются те же интервалы скоростей, которые были выбраны для определения времени разгона. При этом считается, что в каждом интервале скоростей происходит равномерное движение со средней скоростью:

Путь (в метрах), пройденный автомобилем в этом интервале:

За время переключения передач автомобиль проходит некоторый путь, величина которого:

Данные для построения графиков времени и пути разгона сводятся в таблицы ниже [1].

Таблица 6 - Параметры для построения графиков времени и пути разгона автомобиля на первой передаче

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Интервалы скоростей разгона, км/ч | | | | | | | | |
| Первая передача | | | | | | | | |
| 1,67 – 3,29 | 3,29 – 5,09 | 5,09 – 6,66 | 6,66 – 8,45 | 8,45 – 10,12 | 10,12 – 11,91 | 11,91 – 13,29 | 13,29 – 15,18 | 15,18 – 16,9 |
| Приращение скорости | 1,7 | | | | | | | | |
| Среднее ускорение | 1,134 | 1,3045 | 1,43 | 1,529 | 1,608 | 1,652 | 1,667 | 1,6515 | 1,607 |
| Время разгона | 0,411 | 0,363 | 0,324 | 0,302 | 0,289 | 0,224 | 0,334 | 0,278 | 0,289 |
| Средняя скорость | 2,48 | 4,19 | 5,875 | 7,58 | 9,285 | 11,015 | 12,6 | 14,235 | 16,04 |
| Путь | 0,2831 | 0,4225 | 0,5287 | 0,6358 | 0,7426 | 0,6589 | 1,1687 | 1,099 | 1,288 |

Таблица 7 - Параметры для построения графиков времени и пути разгона автомобиля на второй передаче

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Интервалы скоростей разгона, км/ч | | | |
| Вторая передача | | | |
| 13,5-19,42 | 19,42-21,94 | 21,94-24,46 | 24,46-25,35 |
| Приращение скорости | 2,52 | | | 0,89 |
| Среднее ускорение | 1,623 | 1,651 | 1,617 | 1,585 |
| Время разгона | 0,433 | 0,422 | 0,431 | 0,178 |
| Средняя скорость | 16,46 | 20,68 | 23,2 | 24,905 |
| Путь | 1,979 | 2,424 | 2,778 | 1,2314 |

Таблица 8 - Параметры для построения графиков времени и пути разгона автомобиля на третьей передаче

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Интервалы скоростей разгона, км/ч | | | |
| Третья передача | | | |
| 21,95-29,282 | 29,282 -33,214 | 33,214-37,146 | 37,146 -38,73 |
| Приращение скорости | 3,932 | | | 1,584 |
| Среднее ускорение | 1,5029 | 1,4248 | 1,3965 | 1,3658 |
| Время разгона | 0,708 | 0,747 | 0,764 | 0,306 |
| Средняя скорость | 25,616 | 31,248 | 35,18 | 37,938 |
| Путь | 5,0378 | 6,48 | 7,466 | 3,2247 |

Таблица 9 - Параметры для построения графиков времени и пути разгона автомобиля на четвертой передаче

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Интервалы скоростей разгона, км/ч | | | |
| Четвертая передача | | | |
| 35,33-44,164 | 44,164 -49,598 | 49,598 -55,032 | 55,032 -57,43 |
| Приращение скорости | 5,434 | | | 2,398 |
| Среднее ускорение | 1,228 | 1,1079 | 1,0825 | 1,0549 |
| Время разгона | 1,312 | 1,466 | 1,501 | 0,672 |
| Средняя скорость | 39,747 | 46,881 | 52,315 | 56,231 |
| Путь | 14,486 | 19,0909 | 21,812 | 10,496 |

Таблица 10 - Параметры для построения графиков времени и пути разгона автомобиля на пятой передаче

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Интервалы скоростей разгона, км/ч | | | |
| Пятая передача | | | |
| 54,03 -65,961 | 65,961-74,492 | 74,492-83,023 | 83,023-87,41 |
| Приращение скорости | 8,531 | | | 4,387 |
| Среднее ускорение | 0,9276 | 0,8029 | 0,7653 | 0,7542 |
| Время разгона | 2,676 | 3,098 | 3,195 | 1,243 |
| Средняя скорость | 59,995 | 70,227 | 78,7575 | 85,2165 |
| Путь | 44,596 | 60,434 | 69,8973 | 29,4234 |

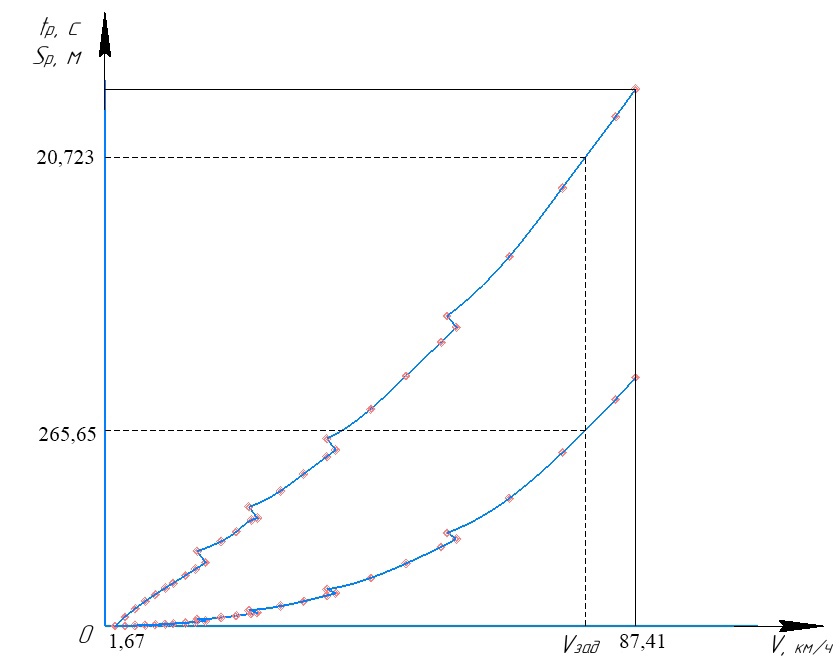


Рисунок 7 - Графики времени и пути разгона

# **3. Топливная экономичность грузового автомобиля**

Топливной экономичностью автомобиля называют совокупность свойств, определяющих расходы топлива при выполнении автомобилем транспортной работы в различных условиях эксплуатации.

Топливно-экономической характеристикой автомобиля называется зависимость путевого расхода топлива от скорости при установившемся движении по дорогам с различным сопротивлением [1].

Уравнение путевого расхода топлива при пробеге 100 км:

При определении расчетном способом удельный эффективный расход вычисляется по уравнению

где – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя, г/(кВт · ч); – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от угловой скорости коленчатого вала; – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива [1].

Данные для построения топливно-экономической характеристики в таблице 11 [1].

Таблица 11 - Исходные данные для построения топливно-экономической характеристики грузового самосвала

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Единицы измерения | Текущие значения параметров | | | | |
|  | - | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 |
|  | рад/с | 70 | 140 | 210 | 280 | 350 |
| V | км/ч | 16,86 | 35,29 | 52,67 | 71,78 | 87,41 |
|  | - | 1,15 | 1,04 | 1,01 | 1,01 | 1,04 |
|  | кВт | 40,5 | 105,04 | 174,5 | 233,8 | 280,13 |
|  | кВт | 0,54 | 4,48 | 14,9 | 35,5 | 67,7 |
|  | кВт | 24,4 | 52,9 | 83,4 | 122,8 | 163,04 |
| И | - | 0,615802 | 0,546308 | 0,56332 | 0,677074 | 0,823689 |
|  | - | 1,09 | 1,12 | 1,09 | 1,06 | 1,00 |
|  | г/(кВтч) | 261,34324 | 235,2189 | 229,3634 | 221,02456 | 229,6752 |
|  | л/100 км | 55,347534 | 54,98764 | 61,465432 | 70,814763 | 87,585678 |

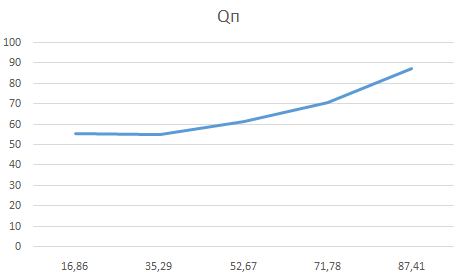


Рисунок 8 – Топливно-экономическая характеристика грузового самосвала

# **4. Заключение**

Таблица 12 - Техническая характеристика грузового самосвала

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Значение параметра |
| Наибольшая высота автомобиля, мм | 2830 |
| Наибольшая ширина автомобиля, мм | 2500 |
| Снаряженная масса, кг | 5972 |
| Полная масса, кг | 14632 |
| Развесовка по осям | 4432/10200 |
| Тип двигателя | Дизельный двигатель с непосредственным впрыском |
| Максимальная мощность, кВт | 297,523 |
| Число оборотов при максимальной мощности, об/мин | 3500 |
| Максимальный крутящий момент, Н∙м | 977,57 |
| Число оборотов при максимальном крутящем моменте, об/мин | 1856,38 |
| Тип коробки передач | Механический |
| Передаточные числа |  |
| 1 | 5,27 |
| 2 | 3,48 |
| 3 | 2,3 |
| 4 | 1,51 |
| 5 | 1 |
| Задний ход | 10,7 |
| Главная передача | 7 |
| Колесная формула | 42 |
| Привод | Задний |
| Шины | КАМА 245/70 R19,5 |
| Максимальная скорость, км/ч | 87,41 |
| Время разгона 0…80 км/ч, с | 20,723 |
| Расход топлива, л/100 км | 71 |
| Городской цикл | - |
| Топливо | Дизель |

# **Список литературы**

1. Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных средств. Определение основных параметров, динамических и топливно-экономических свойств автомобиля: метод. указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных средств» для МТФ, направление подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»/Новосиб. гос. техн. ун-т; [сост. В. П. Гилета]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 54 с. – 50 экз.;

2. ГОСТ 5513-97 «Шины пневматические для грузовых автомобилей, прицепов к ним, автобусов и троллейбусов. Технические условия»;

3. KAMAZ-43255-69  (G5)  [Электронный  ресурс].  URL: https://kamaz.ru/production/serial/samosvaly/kamaz-43255-g5/

4. Двигатель [Cummins C260 33(BYC)](http://cummins-motors.ru/wp-content/uploads/2020/10/Power-Curve-of-Cummins-C260-20-FR92039.pdf) [Электронный ресурс]. URL: https://avtoalfa.com/tehspravochnik/dvigateli/cummins/isb67e4-33/