БЕЛГОРОДСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ.

Кафедра тракторов автомобилей

ремонта и эксплуатации МТА

Курсовой проект

на тему: Расчет автотракторного двигателя Д-248.

Выполнил: студент 41 гр.

Проверил: Навицкий А.С.

Белгород.

Исходные данные:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка трактора | n об/мин | Агрофон | ε | α | λ | ξ | δ | Двигатель |
| ЛТЗ-60 | 2000 | культивация | 16 | 1,6 | 2,2 | 0,88 | 2,3 | Д-248 |

## 1.Тепловой расчет двигателя

Тепловой расчет двигателя позволяет аналитически с достаточной степенью точности определить основные параметры вновь проектируемого или модернизированного двигателя, а также оценить индикаторные и эффективные показатели работы созданного двигателя. Рабочий цикл рассчитывают для определения индикаторных, эффективных показателей работы двигателя и температурных условий работы двигателей, основных размеров, а также выявления усилий, действующих на его детали, построение характеристик и решения ряда вопросов динамики двигателя. Результаты теплового расчета зависят от совершенства оценки ряда коэффициентов, используемых в расчете и учитывающих особенности проектируемого двигателя. Они будут тем ближе к действительным, чем больше используются фактические данные испытаний таких двигателей, которые по ряду основных параметров близки к проектируемому.

В качестве исходных данных для теплового расчета задаемся следующим:

тип двигателя - четырехтактный, четырехцилиндровый, однорядный, однокамерный дизель. Номинальная мощность дизеля *N*=60*кВт*, номинальная частота вращения *nн*=2000об/мин; степень сжатия *ε*=16, коэффициент тактности τ=4; коэффициент избытка воздуха α=1,6.Дизельное топливо ,,Л,, (ГОСТ305-82); низшая удельная теплота сгорания топлива *Qн*=42500*кДж/кг*; средний элементный состав: *С*=85,7%, *Н*=13,3%, *Q*=1%. Расчет ведем для сгорания 1кг топлива. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1кг топлива:



или



где *μв*- масса 1-го кмоля воздуха(*μв*=28,96*кг/кмоль*).

Количество свежего заряда:



Общее количество продуктов сгорания:



При этом химический коэффициент молекулярного изменения горючей смеси:



Параметры окружающей среды и остаточные газы. Атмосферные условия принимаем следующие: *P0*=0,1*МПа*, *T0*=288*K*. Давление окружающей среды

*P0*= *Pк*=0,1*МПа*, температура окружающей среды *T0*= *Tк*=288 *K*. Давление и температура остаточных газов: , принимаем *Tr*=930*К.*

Процесс впуска. Принимаем температуру подогрева свежего заряда 

Плотность заряда на впуске:



где Rв=287Дж/кг∙град- удельная газовая постоянная для воздуха.

Принимаем  и 

Тогда потери давления на впуске в двигатель:



Давление в конце впуска:



Коэффициент остаточных газов:



Температура в конце впуска:



Коэффициент наполнения:



Процесс сжатия. Показатель политропы сжатия можно определить по эмпирической формуле:



Давление в конце сжатия:



Температура в конце сжатия:



Средняя молярная теплоемкость заряда(воздуха) в конце сжатия (без учета влияния остаточных газов):



Число молей остаточных газов:



Число молей газов в конце сжатия до сгорания:



Процесс сгорания. Средняя молярная теплоемкость при постоянном давлении для продуктов сгорания жидкого топлива в дизеле:



Число молей газов после сгорания:



Расчетный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси:



Принимаем коэффициент использования теплоты . Тогда количество теплоты передаваемой газом на участке cz.z при сгорании 1кг топлива:



Принимаем степень повышения давления λ=2,2. Температуру в конце сгорания определяют из уравнения сгорания для дизеля:



Решаем уравнение относительно *Tz* и находим *Tz*= 2380



Степень предварительного расширения:



Процесс расширения. Степень последующего расширения:



С учетом характерных значений показателя политропы расширения для заданных параметров дизеля принимаем *n2*= 1,17. Тогда





Проверим правильность ранее принятой температуры остаточных газов:





Индикаторные параметры рабочего цикла двигателя:



Принимаем коэффициент полноты индикаторной диаграммы ν=0,95.

Среднее индикаторное давление цикла для скругленной индикаторной диаграммы:



Индикаторный КПД.



Индикаторный удельный расход топлива:



Эффективные показатели двигателя. Принимаем предварительную среднюю скорость поршня *Wп.ср*=8,3м/с.

Среднее давление механических потерь:



Среднее эффективное давление:



Механический КПД:



Эффективный КПД:



Эффективный удельный расход топлива:



Основные параметры цилиндра и удельные параметры двигателя:

Мощность двигателя:



Площадь поршня:



Средняя скорость поршня:



Эффективный крутящий момент двигателя:



Часовой расход топлива:



Удельная поршневая мощность:



Если принять массу сухого двигателя без вспомогательного оборудования *Gсух*=430кг, то литровая масса:



и удельная масса:



## 2.Кинематический расчет.

Основная задача кинематического расчета состоит в определении закона движения поршня и шатуна. При этом в кинематическом расчете делаются допущения, что вращение коленчатого вала происходит с постоянной угловой скоростью  Это позволяет рассчитывать все кинематические параметры механизма в зависимости от угла поворота кривошипа коленчатого вала *φ* , который при  пропорционален времени, т.е. или , так как  и .

Исходные данные: двигатель- с центральным кривошипно - шатунным механизмом; номинальная частота вращения коленчатого вала ;

ход поршня -  ; радиус кривошипа - ; постоянная 

Угловая скорость кривошипа:



При работе двигателя поршень совершает возвратно-поступательные движения, для характеристики которого определяют перемещение *Sx*, скорость *Wп* и ускорение *jп*. Рассчитываем перемещения поршня *Sx,* скорости поршня *Wп* , ускорения поршня *jп*. Через каждые 10° поворота коленчатого вала и полученные значения заносим в таблицу. Формула для расчета перемещения поршня имеет вид:



Скорость поршня определяется по формуле:



Ускорения поршня определяется по формуле:



Средняя скорость поршня:



Кинематические параметры двигателя.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| φп.к.в. | Sп | | Wп | | jп. | | φ°п.к.в. |
| 0-180° | 180-360° | 0-180° | 180-360° | 0-180° | 180-360° |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3367,3 | 3367,3 | 360 |
| 10 | 0,0011 | 0,0011 | 2,780 | -2,780 | 3380,4 | -3380,4 | 350 |
| 20 | 0,0045 | 0,0045 | 5,428 | -5,428 | 3036,0 | -3036,0 | 340 |
| 30 | 0,012 | 0,012 | 7,805 | -7,805 | 2646,5 | 2646,5 | 330 |
| 40 | 0,0174 | 0,0174 | 9,79 | -9,79 | 2144,2 | 2144,2 | 320 |
| 50 | 0,0263 | 0,0263 | 11,358 | -11,358 | 1562,6 | 1562,6 | 310 |
| 60 | 0,0362 | 0,0362 | 12,404 | -12,404 | 947,0 | 947,0 | 300 |
| 70 | 0,0468 | 0,0468 | 12,939 | -12,939 | 336,6 | 336,6 | 290 |
| 80 | 0,0576 | 0,0576 | 12,976 | -12,976 | -234,2 | -234,2 | 280 |
| 90 | 0,0683 | 0,0683 | 12,565 | -12,565 | -736,5 | -736,5 | 270 |
| 100 | 0,0785 | 0,0785 | 11,772 | -11,772 | -1149,6 | -1149,6 | 260 |
| 110 | 0,0878 | 0,0878 | 10,677 | -10,677 | -1465,3 | -1465,3 | 250 |
| 120 | 0,0963 | 0,0963 | 9,358 | -9,358 | -1683,6 | -1683,6 | 240 |
| 130 | 0,097 | 0,1034 | 7,892 | -7,892 | -1817,8 | -1817,8 | 230 |
| 140 | 0,1093 | 0,1093 | 6,344 | -6,344 | -1886,3 | -1886,3 | 220 |
| 150 | 0,1140 | 0,1140 | 4,750 | -4,750 | -1910 | -1910 | 210 |
| 160 | 0,1173 | 0,1173 | 3,167 | -3,167 | -1907,3 | -1907,3 | 200 |
| 170 | 0,1192 | 0,1192 | 1,578 | -1,578 | -1899,4 | -1899,4 | 190 |
| 180 | 0,1200 | 0,1200 | 0 | 0 | -1894,2 | -1894,2 | 180 |

## 3. Построение индикаторной диаграммы.

В соответствии с текущими данными данными дизеля принимаем:  , ,  ,.

В результате теплового расчета получены давления в характерных точках диаграммы:



Значения показателей политропы сжатия и расширения: 

Степень предварительного расширения: .

Степень последующего расширения: .

Среднее индикаторное давление: 

1. Для построения расчетной индикаторной диаграммы определяем относительную высоту камеры сгорания  :





2) Рассчитываем степень сжатия *Еx*, давление на участке сжатия *рcx*, степень последующего расширения *δx*, текущее давление на участке расширения *рвx*:

;

;

;

.

Полученные данные заносим в таблицу.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| φ°  п.к.в. | Sx | Sx+hс | Политропа расширения | | | Политропа сжатия | | | φ°  п.к. в. |
| δx |  | рвx | Еx |  | рcx |
| 0 | 0 | 0,133 | - | - | - | 3 | 4,455 | 0,396 | 360 |
| 10 | 0,018 | 0,151 | - | - | - | 2,880 | 4,216 | 0,375 | 350 |
| 20 | 0,072 | 0,205 | - | - | 6,870 | 2,648 | 3,761 | 0,334 | 340 |
| 30 | 0,192 | 0,325 | 1,900 | 2,119 | 4,007 | 2,409 | 3,306 | 0,294 | 330 |
| 40 | 0,278 | 0,411 | 2,403 | 2,789 | 3,045 | 2,323 | 3,147 | 0,280 | 320 |
| 50 | 0,421 | 0,554 | 3,239 | 3,955 | 2,147 | 2,240 | 2,994 | 0,266 | 310 |
| 60 | 0,579 | 0,712 | 4,164 | 5,307 | 1,600 | 2,186 | 2,898 | 0,257 | 300 |
| 70 | 0,749 | 0,882 | 5,158 | 6,817 | 1,246 | 2,150 | 2,833 | 0,252 | 290 |
| 80 | 0,922 | 1,055 | 6,169 | 8,405 | 1,010 | 2,126 | 2,789 | 0,248 | 280 |
| 90 | 1,093 | 1,226 | 7,169 | 10,02 | 0,847 | 2,108 | 2,758 | 0,245 | 270 |
| 100 | 1,256 | 1,389 | 8,123 | 11,598 | 0,732 | 2,095 | 2,735 | 0,243 | 260 |
| 110 | 1,405 | 1,538 | 8,994 | 13,065 | 0,649 | 2,086 | 2,718 | 0,241 | 250 |
| 120 | 1,541 | 1,674 | 9,789 | 14,426 | 0,587 | 2,079 | 2,706 | 0,240 | 240 |
| 130 | 1,552 | 1,685 | 9,853 | 14,537 | 0,584 | 2,078 | 2,705 | 0,240 | 230 |
| 140 | 1,749 | 1,882 | 11,006 | 16,546 | 0,513 | 2,070 | 2,690 | 0,239 | 220 |
| 150 | 1,824 | 1,957 | 11,444 | 17,319 | 0,490 | 2,067 | 2,686 | 0,239 | 210 |
| 160 | 1,877 | 2,01 | 11,754 | 17,869 | 0,475 | 2,066 | 2,683 | 0,238 | 200 |
| 170 | 1,907 | 2,04 | 11,929 | 18,181 | 0,467 | 2,065 | 2,681 | 0,238 | 190 |
| 180 | 1,92 | 2,053 | 12,006 | 18,319 | 0,463 | 2,064 | 2,680 | 0,238 | 180 |

По полученным точкам строим индикаторную диаграмму.

Проектируем расчетную индикаторную диаграмму с целью ее приближения к действительной с учетом данных по фазам распределения и углу опережения впрыскивание топлива для дизеля Д-248, которые приведены в таблице.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение точек на  диаграмме. | Положение точек на  диаграмме. | Расчетное положение  точек в масштабе диаграммы. |
| *с* | 16° до в.м.т.  16° после в.м.т.  40° после н.м.т.  15° до в.м.т.  40° до н.м.т. |  |

## 4.Динамический расчет двигателя

Исходные данные: угловое ускорение кривошипа: , угловая скорость кривошипа , постоянная кривошипно-шатунного механизма ; приведенные массы деталей кривошипно-шатунного механизма:       площадь поршня *Fп*=0,009498м²

1) Определение значения избыточного давления газов на поршень по формуле , полученные значения вносим в таблицу.

2) Центробежная сила инерции:



3) Расчетные значения сил инерции поступательно движущихся масс *Pj* также приведены в таблице.

4) Расчетные значения сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме одного цилиндра за один рабочий цикл дизеля, приведены в таблице. При этом соответствующие значения тригонометрических функций для постоянной  также приведены в таблице.

5) Для контроля правильности сил рекомендуются сделать проверку сравнения среднего значения потенциальной силы *T*, определенным по данным таблицы, со средним значением тангенциальной силы, полученного по данным теплового расчета. Разница в полученных расчетов не должна превышать 5%.

Для рассматриваемого дизеля: расчет сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме одного цилиндра двигателя Д-248.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| φ | Pги |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 0 | 0 | -7,83234 | -7,83234 | 0 | 0 | 1 | -7,83234 | 0 | 0 | 1 | -7,83234 | 5,80766 | 7,83234 |
| 30 | 0 | 0 | -6,15576 | -6,15576 | 0,137 | -0,84334 | 0,797 | -4,90614 | 0,619 | -3,81041 | 1,009 | -6,21166 | 8,73386 | 6,212039 |
| 60 | 0 | 0 | -2,20272 | -2,20272 | 0,242 | -0,53306 | 0,29 | -0,63879 | 0,987 | -2,17409 | 1,029 | -2,26617 | 13,00121 | 2,265992 |
| 90 | 0 | 0 | 1,713099 | 1,713099 | 0,283 | 0,484807 | -0,283 | -0,48481 | 1 | 1,713099 | 1,039 | 1,780768 | 13,15519 | 1,780379 |
| 120 | 0 | 0 | 3,916054 | 3,916054 | 0,242 | 0,947685 | -0,71 | -2,7804 | 0,745 | 2,91746 | 1,029 | 4,028862 | 10,8596 | 4,030161 |
| 150 | 0 | 0 | 4,44266 | 4,44266 | 0,137 | 0,608644 | -0,934 | -4,14944 | 0,381 | 1,692653 | 1,009 | 4,483007 | 9,49056 | 4,481398 |
| 180 | 0 | 0 | 4,405909 | 4,405909 | 0 | 0 | -1 | -4,40591 | 0 | 0 | 1 | 4,405909 | 9,23409 | 4,40591 |
| 210 | 0 | 0 | 4,44266 | 4,44266 | -0,137 | -0,60864 | -0,934 | -4,14944 | -0,381 | -1,69265 | 1,009 | 4,403033 | 9,49056 | 4,481397 |
| 240 | 0,05 | 0,474 | 3,916054 | 4,391429 | -0,242 | -1,06273 | -0,71 | -3,11791 | -0,745 | -3,27161 | 1,029 | 4,267666 | 10,52209 | 4,51938 |
| 270 | 0,12 | 1,139 | 1,713099 | 2,853999 | -0,283 | -0,80768 | -0,283 | -0,80768 | -1 | -2,854 | 1,039 | 2,746871 | 12,83232 | 2,966085 |
| 300 | 0,31 | 2,944 | -2,20272 | 0,744602 | -0,242 | -0,18019 | 0,29 | 0,215935 | 0,987 | 0,734923 | 1,029 | 0,723617 | 13,85594 | 0,765989 |
| 330 | 1,05 | 9,972 | -6,15576 | 3,827114 | -0,137 | -0,52431 | 0,797 | 3,05021 | -0,619 | -2,36898 | 1,009 | 3,792977 | 16,69021 | 3,862104 |
| 360 | 4,25 | 40,366 | -7,83234 | 32,57453 | 0 | 0 | 1 | 32,57453 | 0 | 0 | 1 | 32,57453 | 46,21453 | 32,57453 |
| 390 | 7,01 | 66,580 | -6,15576 | 60,4918 | 0,137 | 8,287377 | 0,797 | 48,21197 | 0,619 | 37,44443 | 1,009 | 59,95223 | 61,85197 | 61,0449 |
| 420 | 2,75 | 26,119 | -2,20272 | 23,9429 | 0,242 | 5,794181 | 0,29 | 6,94344 | 0,987 | 23,63164 | 1,029 | 23,26812 | 20,58344 | 24,63059 |
| 450 | 1,43 | 13,582 | 1,713099 | 15,30882 | 0,283 | 4,332396 | -0,283 | -4,3324 | 1 | 15,30882 | 1,039 | 14,73419 | 9,3076 | 15,91005 |
| 480 | 0,93 | 8,833 | 3,916054 | 12,75803 | 0,242 | 3,087442 | -0,71 | -9,0582 | 0,745 | 9,50473 | 1,029 | 12,39847 | 4,5818 | 13,12977 |
| 510 | 0,77 | 7,313 | 4,44266 | 11,76343 | 0,137 | 1,61159 | -0,934 | -10,987 | 0,381 | 4,481868 | 1,009 | 11,65851 | 2,653 | 11,86597 |
| 540 | 0,71 | 6,743 | 4,405909 | 11,15623 | 0 | 0 | -1 | -11,1562 | 0 | 0 | 1 | 11,15623 | 2,4838 | 11,1562 |
| 570 | 0 | 0 | 4,44266 | 4,44266 | -0,137 | -0,60864 | -0,934 | -4,14944 | -0,381 | -1,69265 | 1,009 | 4,403033 | 9,49056 | 4,481397 |
| 600 | 0 | 0 | 3,916054 | 3,916054 | -0,242 | -0,94768 | -0,71 | -2,7804 | -0,745 | -2,91746 | 1,029 | 3,805689 | 10,8596 | 4,030161 |
| 630 | 0 | 0 | 1,713099 | 1,713099 | -0,283 | -0,48481 | -0,283 | -0,48481 | -1 | -1,7131 | 1,039 | 1,648796 | 13,15519 | 1,78038 |
| 660 | 0 | 0 | -2,20272 | -2,20272 | -0,242 | 0,533059 | 0,29 | -0,63879 | -0,987 | 2,174087 | 1,029 | -2,14064 | 13,00121 | 2,265989 |
| 690 | 0 |  | -6,15576 | -6,156 | -0,137 | 0,843372 | 0,797 | -4,90633 | -0,619 | 3,810564 | 1,009 | -6,10109 | 8,73367 | 6,212284 |

## 5 Тяговый расчет двигателя

Имеем трактор ЛТЗ-60,номинальнальная мощность 74,8кВт, частота врашения 2000об/мин, удельный расход топлива 166*г/кВт ч.*

Расчетная сила тяжести трактора:



где *Ркр.оп* = 9000*Н* - оптимальная сила тяги, *φкр.оп* = *0,25* оптимальное значение коэффициента использования сцепления, *λ*=*0,85*.

Находим расчетную эксплутационную массу.



где g=9,8м/с - ускорение свободного падения.

Механический КПД трансмиссии определяется из формулы:



где ηц= и ηк – КПД цилиндрических и конических шестерен трансмиссии, работающих на 1 передаче.

ξ – коэффициент, учитывающий, какая часть номинального крутящего момента двигателя затрачивается на холостое прокручивание двигателя.

Теоретическая скорость трактора на основной передаче;



Конструктивная масса трактора:



Где *my*= 60кг/кВт удельная масса трактора, *Nе*=74,8кВт- мощность двигателя. Минимальная эксплутационная масса:



Основные параметры ходовой системы. Радиус качении колес рассчитывают по формуле:



Где d и b наружный диаметр обода и ширина профиля покрышки, 0,8…0,85- коэффициент, учитывающий радиальную деформацию шин.

Передаточные числа трансмиссии. Знаменатель геометрической прогрессии определяют по формуле:

;

где - оптимальная касательная сила тяги на 1 основной передаче, z- число передач, -минимальна касательная сила тяги на высшей основной передачи.



*σТ*=2,25- диапазон рабочих тяговых усилий проектируемого класса, для универсально пропашных тракторов (*σТ*=2…2,5).

Передаточное число соответствующая первой передаче:



Передаточное число для второй передачи:



Передаточное число для третьей передачи:

.

Расчет для построения тяговой характеристики.

Частота вращения холостого хода:



где δр=(0,06…0,08)- степень неравномерности регулятора числа оборотов.

Частота вращения при максимальном крутящем моменте:



где *К0*=(1,3…1,6)-коэффициент приспособляемости двигателя по оборотам.

Максимальный крутящий момент:



где *КМ*=1,12- коэффициент запаса крутящего момента, -номинальный крутящий момент.

Эффективная мощность при максимальном крутящем моменте:



Часовой расход на номинальном режиме загрузки:



Часовой расход топлива при холостой работе:



Часовой расход топлива при максимальном крутящем моменте:



где -удельный расход топлива.

Результаты расчета по двигателю заносим в таблицу.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Режимы работы | Основные показатели | | | | |
| *n1* об/мин | *M2*,Нм | *Ne*,кВт | *GТ*,кг/ч | *g*, г/кВт |
| Холостой ход | 2140 | 0 | 0 | 3,35 | 0 |
| Номинальная мошность | 2000 | 357,23 | 74,8 | 18,2 | 166 |
| Максимальная перегрузка | 1428 | 400 | 58,8 | 17,5 | 199,2 |

По данным таблицы строим регуляторную характеристику двигателя (рис. 8)

Построение кривой буксования ведущих колес.

Определяем сцепную силу тяжести:



Задаемся значениями *φкр* от 0,1 до , 

Результаты заносим в таблицу:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pкр | 3599,99 | 7199,98 | 10799,97 | 14399,96 | 17999,95 |
| Gсц | 35999,9 | 35999,9 | 35999,9 | 35999,9 | 35999,9 |
| φкр | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| δ | 1 | 3 | 8 | 14 | 25 |

По полученным данным строим график буксования (рис 9).

Определение тягово-динамических и топливно-экономических показателей трактора.

Касательная сила тяги на режиме максимальной перегрузки определяется по формуле:







Касательная сила тяги при нормальном режиме для первой передачи:







Определяем усилие на крюку:

;

В режиме максимальной перегрузки;







Для номинального режима:







Определяем теоретическую скорость движения трактора:

При холостой работе трактора;







Для номинального режима:







Для режима максимальной перегрузки:







Действительная скорость движения трактора: :

Действительная скорость трактора на холостом ходу равна теоретической т.к. (δ=0). Номинальный режим:







Максимальная нагрузка:







Тяговая мощность трактора:

Для максимального режима;

;

;

;

Номинальный режим;

;

;

;

Тяговый КПД. Номинальный режим;

; ; .

Максимальная перегрузка;

; ;.

Удельный расход топлива;

Номинальный режим:







Максимальная перегрузка:







|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Режим работы. | Передача | Основные тягово-динамические показатели и  экономические показатели трактора. | | | | | |
| *Pкр* | *Vд* | *Nкр* | *Gт* | *gкр* | *δ* |
| Холостой ход. | 1  2  3 | 0  0  0 | 15,1  17,9  21,34 | 0  0  0 | 3,35  3,35  3,35 | -  -  - | 0  0  0 |
| Номинальная тяговая мощность. | 1  2  3 | 9046,22  6384,72  4148,22 | 13,49  16,41  19,74 | 33,89  29,1  22,74 | 18,2  18,2  18,2 | 5370,3  6254,2  8003,5 | 0,05  0,03  0,018 |
| Максимальная сила тяги. | 1  2  3 | 11042,08  8061,91  5557,57 | 9,4  11,59  13,94 | 28,83  25,95  21,52 | 17,5  17,3  17,5 | 6312,9  7013,49  8457,25 | 0,078  0,04  0,02 |