

Специальность 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»
Специализация «Автомобили и тракторы»

Кафедра «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «специалист»

Тема: Проектирование двигателя для грузового автомобиля категории N3 с
разработкой адаптивного гасителя крутильных колебаний коленчатого вала

Шифр ВКР 23.05.01.331.20.АГ.00.00.00. ПЗ

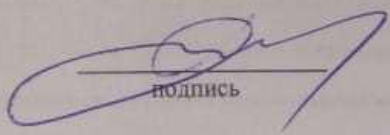
студент группы С262-12у


подпись

Габтрахманов А.В.
Ф.И.О.

руководитель

доцент
ученое звание

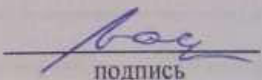

подпись

Халиуллин Ф.Х.
Ф.И.О.

обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
протокол № ~~7~~ 06.02 2020 г.)

ав. кафедрой

профессор
ученое звание


подпись

Хафизов К.А.
Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире, транспорт является одним из самых необходимых условий для перемещения внутри города или междугородних поездок. Транспортные услуги занимают значительное место среди международных экономических отношений. Особенно необходимы автомобили вседорожного назначения для местностей с плохо развитой дорожной инфраструктурой.

Сегодня европейские, японские и даже отечественные производители серьезно меняют свои стратегии развития с учетом популярности вседорожников и кроссоверов. Так как автомобили повышенной проходимости позволяют выезжать загород на плохую дорогу, ездить по сельской местности, грунту и т.д.

Современные наземные виды транспорта обязаны своим развитием главным образом применению в качестве силовых установок поршневых двигателей внутреннего сгорания. Двигатель внутреннего сгорания — основная энергетическая установка современного автомобиля, главной функцией которой является преобразование химической энергии топлива в механическую работу.

Сохраняется тенденция на улучшение качественных параметров автомобиля: комфортабельности, динамичности, устойчивости, маневренности, безопасности и дизайна. Для обеспечения этих требований применяется целый ряд конструкций ДВС: рядные, V-образные, оппозитные. Наиболее полно этим требованиям отвечают двигатели с оппозитной компоновкой в виду достаточно полной уравновешенности, рационального расположения в подкапотном пространстве и подходящих габаритов.

Спроектированный ДВС имеет определенное преимущество в компоновке, расположении центра масс, расположении в совокупности с коробкой передач в подкапотном пространстве, в организации впускных и выпускных трактов, а также уравновешенности двигателя по сравнению с традиционной рядной схемой. К основным преимуществам можно отнести:

- Почти полное отсутствие вибрации. Такой эффект достигается за счет расположения поршней, которые уравновешивают друг друга.

Отсутствие вибрации добавляет комфорта и увеличивает срок эксплуатации.

- Низкий центр тяжести. Масса распределяется около оси, что позволяет значительно улучшить управляемость машины
- Ресурс двигателя. Некоторые двигатели подобного типа эксплуатировались до нескольких сотен тысяч километров до капитального ремонта.

1. Анализ состояния вопроса

Автомобильный транспорт имеет целый ряд преимуществ на рынке грузоперевозок. Мобильность, скорость, независимость местоположения отправителя и получателя грузов от портов, крупных городов или железнодорожных путей, относительно небольшие затраты времени на загрузку-разгрузку товара, а также возможность быстро среагировать в случае форс-мажорных обстоятельств, - вот те основные преимущества, которые делают автомобильный транспорт лидером на рынке грузоперевозок России. Единогласно эксперты сходятся во мнении, что автомобильные грузоперевозки – наиболее эффективный способ доставки груза на близкие расстояния (внутри города или области).

За 2017 год российскими грузовиками, число которых достигает почти 6,5 миллионов штук, перевезено грузов в объеме 5,5 миллиардов тонн. Цифры, на первый взгляд, астрономические, но это только на первый взгляд. В действительности транспортные компании обрабатывают примерно 30% всех российских грузов. Остальные 70% грузов их владельцы доставили своими силами[1].

Рынок автомобильных перевозок в прошлом году (2017-й) вырос на 15% и превысил 733 миллиарда рублей. Большая часть рынка – сегмент полной загрузки, это когда заказчик оплачивает маршрут или полностью машину. Пятая часть рынка – сборные грузы. По оценкам экспертов, это наиболее растущий сегмент: в этом году ожидается, что его объем превысит 180 миллиардов рублей. На опасные грузы приходится не более 7% рынка.

Драйвером роста сегмента сборных грузов эксперты называют развитие так называемого e-commerce: доставка грузов, заказанных (приобретенных) в интернете. Объем доставок товаров из интернета растет примерно на 20-30 процентов ежегодно. Большую часть таких грузов перевозятся на грузовиках. Железная дорога сборными грузами не занимается: слишком заморочено для них. А вот автомобильные предприниматели с охотой берутся за оказание этих

транспортных услуг и даже в погоне за клиентом готовы пойти на снижение стоимости перевозки на сверхдлинных маршрутах.

Также открытие движения для грузовиков на крымском мосту стало для отрасли знаковым событием. Грузопоток по мосту увеличился на треть по сравнению с паромной переправой – до 1000 фур в день.

В России сегодня работают 20 тысяч транспортных фирм и почти 2 миллиона ИП, у которых в гараже зачастую всего один грузовик. Средний показатель по стране – около 30 автомобилей на фирму. Предприниматели охотно пользуются специальными мобильными приложениями, через которое можно получать заказы. Подобные сервисы появились недавно. Это своеобразный «убер для грузоперевозок», с его помощью разработчики борются с экспедиторами, устанавливающими драконовские тарифы.

Еще из экономики отрасли – про себестоимость. Большую часть, более трети – порядка 35% – в себестоимости грузоперевозки составляет заработная плата водителя. Чуть меньше трети – топливо. В цену также закладывается амортизация – десятая часть. Еще порядка 20% от тарифа уходит на ремонт грузовика. Сама рентабельность, прибыль транспортной компании – около 5%.

2. Подбор аналогов двигателя и формирование данных расчетов

исходных

Подбор аналогов проектируемого двигателя осуществляется с целью выяснения компоновки, основных параметров и геометрических размеров двигателей, сходных с проектируемым двигателем. Это позволяет при проведении расчетов грамотно задавать необходимые величины из рекомендуемого диапазона, использовать дополнительные сведения о выпускающихся серийно двигателях.

Таблица 2.1 _Исходные данные

Показатель	Единицы измерения	MAN D28	КамАЗ 740.62-280	SCANIA DC 1604	Проект
$N(e/\max)/n_N$	кВт/(об/мин)	500/1800	206/1900	368/1900	400/1900
$M(e/\max)/n_M$	Н/м/(об/мин)	3000/1100	1177/1250	2400/1200	2396/950
V_L	дм ³	16,2	11,8	15,6	17
ε	-	-	16,8	18	18
S/D	мм/мм	157/127	130/120	154/127	149/135
Компоновка	-	V8	V8	V8	V8
Число клапанов на цилиндр	-	4	4	4	4
Тип системы питания	-	непосредственный впрыск	непосредственный впрыск	непосредственный впрыск	непосредственный впрыск
N_L	кВт/л	30,86	17,46	23,59	23,56

Проанализировав таблицу аналогов, склонимся к двигателю, имеющему компоновку V-образного восьми цилиндрового. Данный выбор обуславливается тем, что данная компоновка имеет высокую мощность и крутящий момент при малых оборотах коленчатого вала, что разумно для грузового автомобиля.

Современные дизельные двигатели и их проектирование сводится к получению максимальной его эффективности, соответствия нормам и стандартам токсичности *Euro*. Одним из наиболее используемых методов

повышения эффективности двигателя является повышение степени сжатия ε , это ведёт к повышению экономичности и экологичности.

Анализируя аналоговую таблицу, склонимся к принятию степени сжатия проектируемого двигателя равной $\varepsilon = 18$.

Для того чтобы увеличить наполняемость цилиндра и качество его продувки, а следовательно и мощность двигателя будем использовать 4 клапана на цилиндр. Увеличение числа клапанов на цилиндр свыше четырех не даёт каких либо заметных результатов и их установка сложнее с технической точки зрения.

После ознакомления с мировыми аналогами, мной были выбраны следующие характеристики проектируемого двигателя:

Номинальная мощность $N_e = 400$ кВт, при частоте вращения коленчатого вала $n_N = 1900$ об/мин;

Число клапанов на цилиндр – 4;

Тип системы питания – непосредственного действия;

Степень сжатия $\varepsilon = 18$.

3. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

3.1. Исходные данные

Для дизельного двигателя принимаем:

1. Режим минимальной частоты вращения $n_{\min} = 760 \text{ мин}^{-1}$;
2. Режим максимального крутящего момента при $n_M = 0,5 \cdot n_N = 0,5 \cdot 1900 = 950 \text{ об/мин}$;
3. Режим максимальной (номинальной) мощности при $n_N = 1900 \text{ об/мин}$;
4. Режим максимальной скорости движения автомобиля при $n_{\max} = n_N = 1900 \text{ об/мин}$;
5. Остальные частоты вращения коленчатого вала принимаем следующими:

$n\%$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,65	0,8	1
$n, \text{ об/мин}$	570	760	950	1140	1235	1520	1900

3.2. Топливо

В соответствии с заданной степенью сжатия $\varepsilon = 18$ можно использовать дизельное топливо Л-0,05-40 ГОСТ 305-82.

Средний элементарный состав и молекулярная масса дизельного топлива:

$C = 0,87$; $H = 0,126$; $O = 0,004$ и $m_T = 190 \text{ кг/кмоль}$.

Низшая теплота сгорания топлива

$$\begin{aligned}
 H_u &= 33,91C + 125,60H - 10,89(O - S) - 2,51(9H + W) = 33,91 \cdot \\
 &\cdot 0,87 + 125,60 \cdot 0,126 - 10,89 \cdot 0,004 - 2,51 \cdot 9 \cdot 0,126 = \\
 &= 42,437 \text{ МДж/кг} = 42\,437 \text{ кДж/кг}.
 \end{aligned}$$

3.3. Параметры рабочего тела

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 1/0,208 (C/12 + H/4 - O/32) = 1/0,208 (0,87/12 + 0,126/4 - 0,004/32) = \\
 &= 0,5 \text{ кмоль воздуха/кг топл.};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_0 &= 1/0,23 (8/3 C + 8 H - O) = 1/0,23 (8/3 \cdot 0,87 + 8 \cdot 0,126 - 0,004) = \\
 &= 14,452 \text{ кг воздуха/кг топл.}
 \end{aligned}$$

Коэффициент избытка воздуха выбираем из соображений стремления получить двигатель с достаточно хорошими мощностными характеристиками, при этом избежать дымления двигателя на малых оборотах. Также учитываем, что на двигатель установлен наддув [2]. Строим график изменения коэффициента избытка воздуха (Рисунок 3.1).

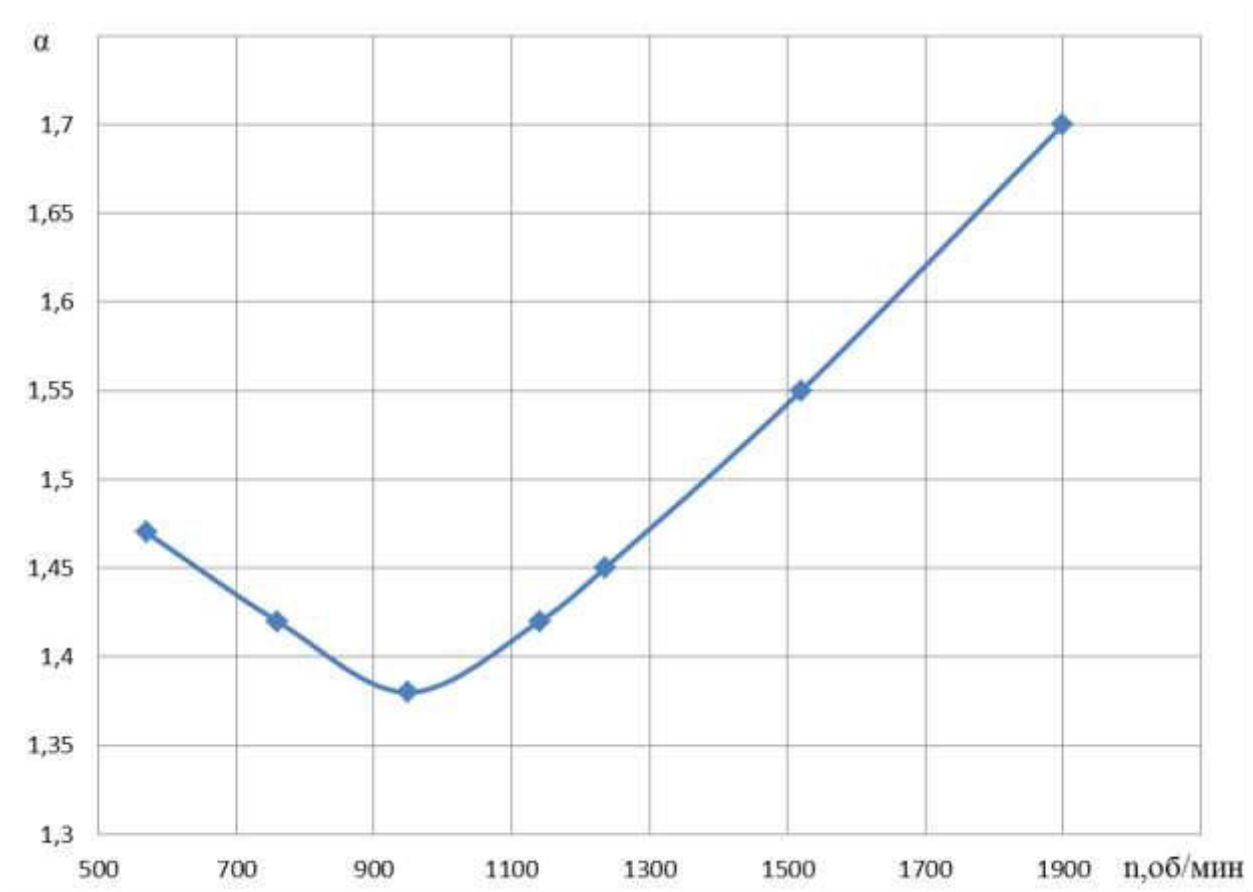


Рисунок 3.1

Количество свежего заряда:

$$M_1 = \alpha L_0 = 1,7 \cdot 0,5 = 0,849 \text{ кмоль св.зар./кг топл}$$

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания:

$$M_{\text{CO}_2} = C/12 = 0,87/12 = 0,0725 \text{ кмоль CO}_2/\text{кг топл};$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = H/2 = 0,126/2 = 0,063 \text{ кмоль H}_2\text{O}/\text{кг топл};$$

$$M_{\text{N}_2} = 0,792\alpha L_0 = 0,792 \cdot 1,7 \cdot 0,5 = 0,672 \text{ кмоль N}_2/\text{кг топл};$$

$$M_{\text{O}_2} = 0,208 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0 = 0,208 \cdot (1,7 - 1) \cdot 0,5 = 0,0727 \text{ кмоль O}_2/\text{кг топл};$$

Общее количество продуктов сгорания:

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{\text{O}_2} + M_{\text{CO}_2} + M_{\text{H}_2\text{O}} + M_{\text{N}_2} = 0,0727 + 0,0725 + 0,063 + 0,672 = \\ &= 0,881 \text{ кмоль пр.сг./кг топл}; \end{aligned}$$

Для остальных частот вращения значения: α , M_1 , M_2 , M_{CO_2} , M_{CO} , $M_{\text{H}_2\text{O}}$, M_{H_2} , M_{N_2} приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Частота вращения коленвала n об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
Коэффициент избытка воздуха α	1,47	1,42	1,38	1,42	1,45	1,55	1,7
Количество свежей смеси M_1 кмоль/кг	0,734	0,709	0,689	0,709	0,724	0,774	0,849
Количество CO_2 кмоль/кг	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073
Количество CO кмоль/кг	0	0	0	0	0	0	0
Количество H_2O кмоль/кг	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
Количество H_2 кмоль/кг	0	0	0	0	0	0	0
Количество N_2 кмоль/кг	0,581	0,562	0,546	0,562	0,574	0,613	0,672
Количество O_2 кмоль/кг	0,049	0,044	0,039	0,044	0,047	0,057	0,073
Количество продуктов сгорания M_2 кмоль/кг	0,766	0,741	0,721	0,741	0,756	0,806	0,881

3.4. Процесс впуска, параметры окружающей среды и остаточные газы

Давление и температура окружающей среды при работе двигателей без наддува $p_0 = 0,101325$ МПа и $T_0 = 293$ К. Учитывая рекомендации по применению компрессоров [2] и систем охлаждения надувочного воздуха, задаем P_k , n_k и вычисляем T_k . $n_k = 1,7$ – показатель политропы сжатия[2], $P_k = 0,24$ МПа – давление за компрессором[2].

По рис. 2.5 (стр. 24 [2]) учитывая определенные значения n и α , принимаем значения T_r для расчетных режимов двигателя и строим график (Рисунок 3.2).

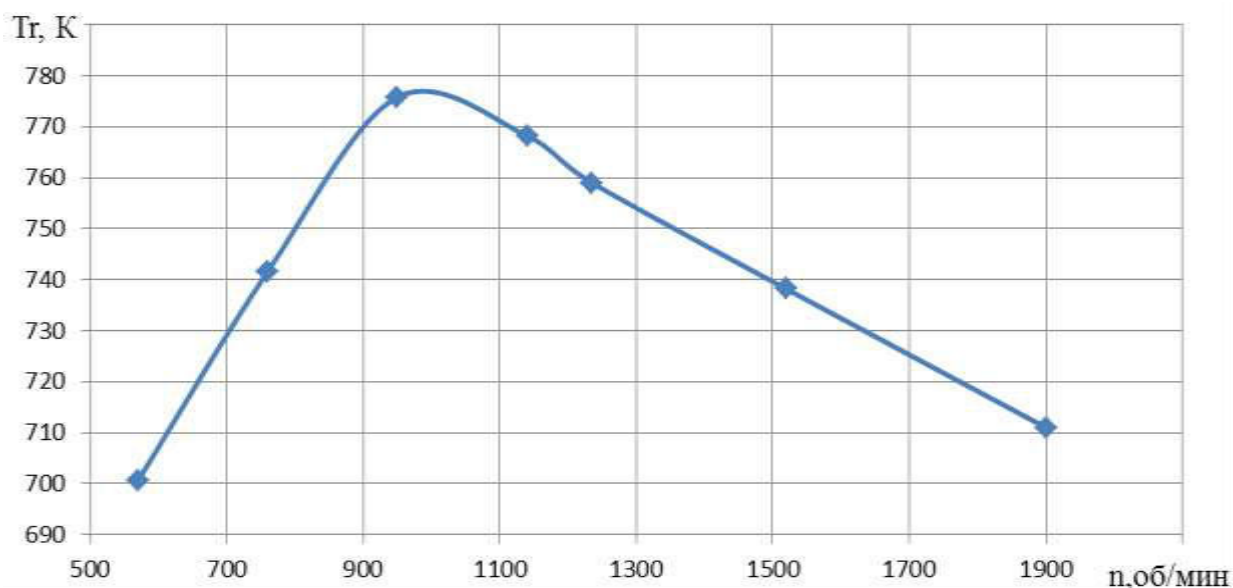


Рисунок 3.2

Потеря давления на воздухоочистителе:

$$\Delta P_{\text{в/о}} = \Delta P_{\text{в/о max}} \cdot n/n_N = 0,002 \cdot 1900/1900 = 0,002 \text{ МПа},$$

где $\Delta P_{\text{в/о max}} = 0,002 \text{ МПа}$ [2]

Давление за воздухоочистителем:

$$P_0' = P_0 - \Delta P_{\text{в/о}} = 0,101325 - 0,002 = 0,0993 \text{ МПа}$$

Степень повышения давления в компрессоре:

$$\pi_k = P_k/P_0' = 0,24/0,09933 = 2,42$$

Температура за компрессором:

$$T_k = T_0 \cdot \pi_k^{(n_k-1)/n_k} = 293 \cdot 2,42^{(1,7-1)/1,7} = 421,34 \text{ К}$$

Потеря давления на охладителе наддувочного воздуха:

$$\Delta P_{\text{онв}} = \Delta P_{\text{онв max}} \cdot n/n_N = 0,0045 \cdot 1900/1900 = 0,0045 \text{ МПа},$$

где $\Delta P_{\text{онв max}} = 0,0045 \text{ МПа}$ [2]

Давление за охладителем наддувочного воздуха:

$$P_k' = P_k - \Delta P_{\text{онв}} = 0,24 - 0,0045 = 0,2355 \text{ МПа}$$

Температура заряда за ОНВ:

Температура охлаждения наддувочного воздуха выбрана на основе данных современных систем ОНВ.

$$T_k' = T_k - \Delta T_{\text{онв}} = 421,34 - 108,34 = 313 \text{ К}$$

Потери давления во впускном трубопроводе:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{тр max}} \cdot \bar{n} = 0,002 \cdot \frac{1900}{1900} = 0,002 \text{ МПа},$$

где $\Delta P_{\text{тр max}} = 0,002 \dots 0,004 = 0,002 \text{ МПа}$.

Давление во впускном трубопроводе, перед клапаном:

$$P_{\text{тр}} = P_k' - \Delta P_{\text{тр}} = 0,235 - 0,002 = 0,233 \text{ МПа};$$

Плотность заряда во впускном трубопроводе перед клапаном:

$$\rho_{\text{тр}} = 10^6 \cdot \frac{P_{\text{тр}}}{287 \cdot T_k'} = 10^6 \cdot \frac{0,233}{287 \cdot 313} = 2,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

Давление остаточных газов:

$$P_r = P_{\text{тр}} \cdot 0,95 = 0,233 \cdot 0,95 = 0,222 \text{ МПа}$$

С целью получения хорошего наполнения двигателя на номинальных режимах принимаем температуру подогрева свежего заряда $\Delta T_N = 10 \text{ }^\circ\text{C}$. На остальных режимах значения ΔT рассчитываются по формуле:

$$\Delta T = A_T(110 - 0,0125n) = 0,1159 \cdot (110 - 0,0125 \cdot 1900) = 10 \text{ К},$$

где: $A_T = \Delta T_N / (110 - 0,0125n_N)$

При $n_N = 1900 \text{ об/мин}$:

$$A_T = 10 / (110 - 0,0125 \cdot 1900) = 0,1159.$$

Строим график изменения температуры подогрева свежего заряда (Рисунок 3.3).

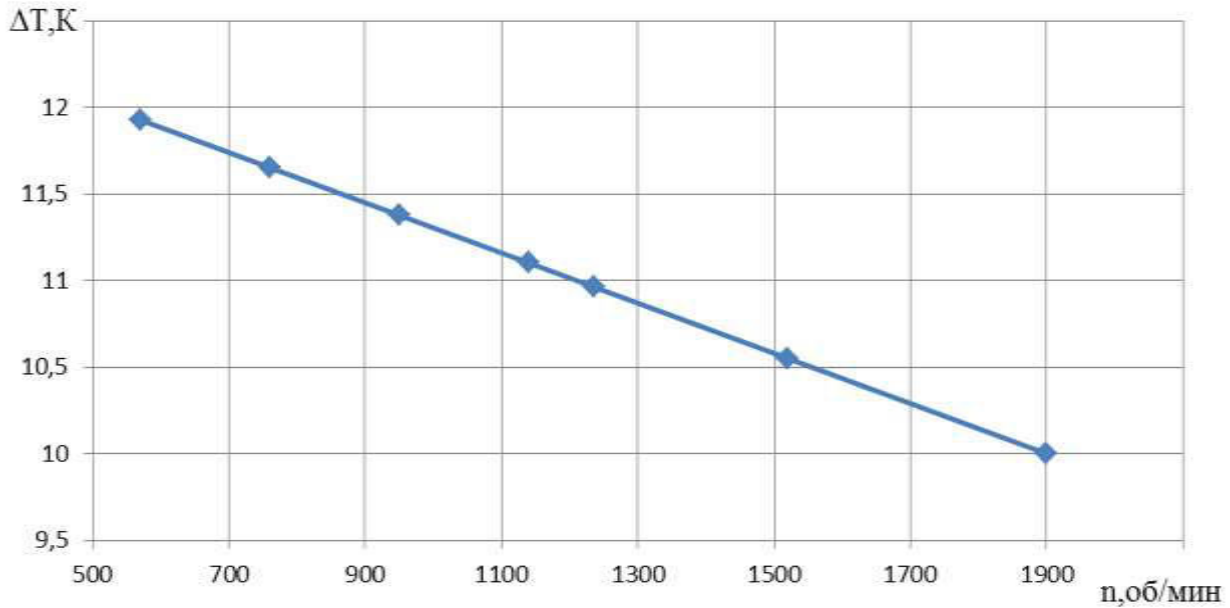


Рисунок 3.3

Потери давления на впуске при учете качественной обработки внутренних поверхностей впускных систем можно принять: $\beta^2 + \xi_{вп} = 2,4$ и $\omega_{вп} = 80$ м/с. Тогда ΔP_a на всех скоростных режимах двигателей рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_a = (\beta^2 + \xi_{вп}) \cdot (\omega_{вп} \cdot n / n_N)^2 \cdot \rho_{тр} \cdot 10^{-6} / 2 = 2,4 \cdot (80 \cdot 1900 / 1900)^2 \cdot 2,599 \cdot 10^{-6} / 2 = 0,01996 \text{ МПа.};$$

Давление в конце впуска:

$$P_a = P_{тр} - \Delta P_a = 0,2335 - 0,01996 = 0,21354 \text{ МПа}$$

Задаемся значением коэффициента $\theta_{доз}[2]$, а также значением коэффициента очистки $\xi_{оч}[2]$ для каждой из расчетных частот вращения, данные которых приведены в таблице 3.2.

Тогда при $n_N = 1900 \text{ мин}^{-1}$:

$$\gamma_r = \frac{T_k' + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{\xi_{оч} P_r}{\varepsilon \theta_{доз} P_a - \xi_{оч} P_r} = \frac{313 + 10}{711} \cdot \frac{0,94 \cdot 0,222}{18 \cdot 1,08 \cdot 0,2135 - 0,94 \cdot 0,222} = 0,024$$

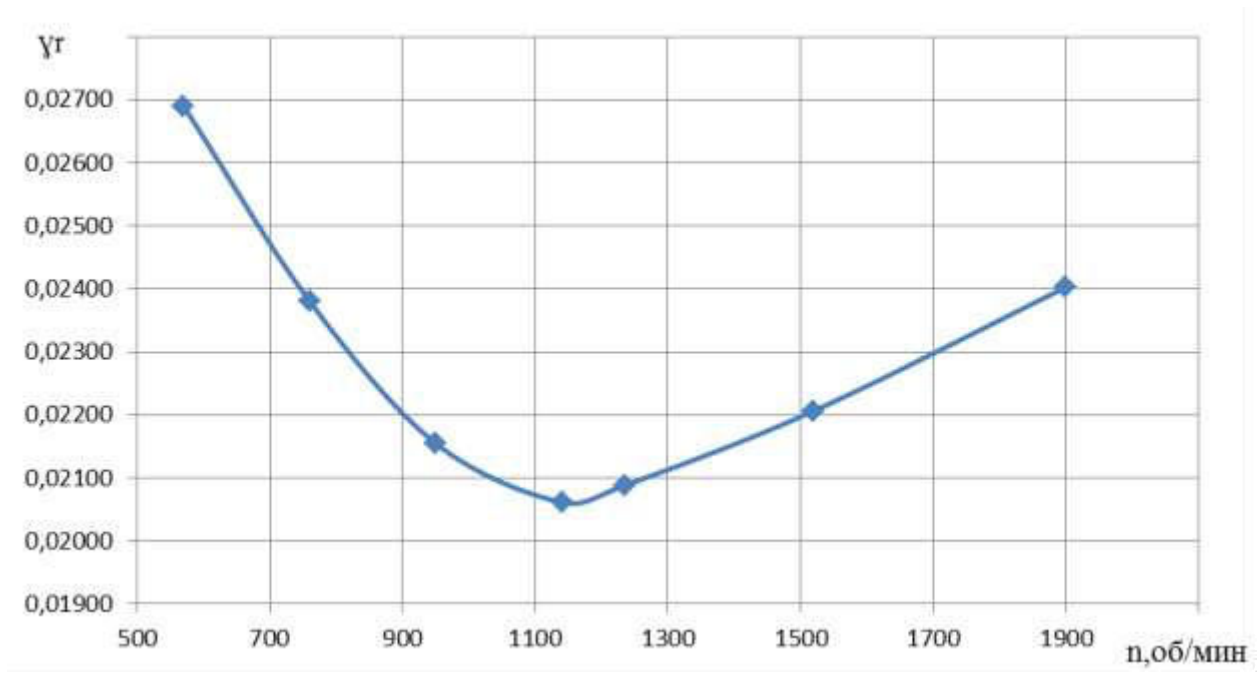
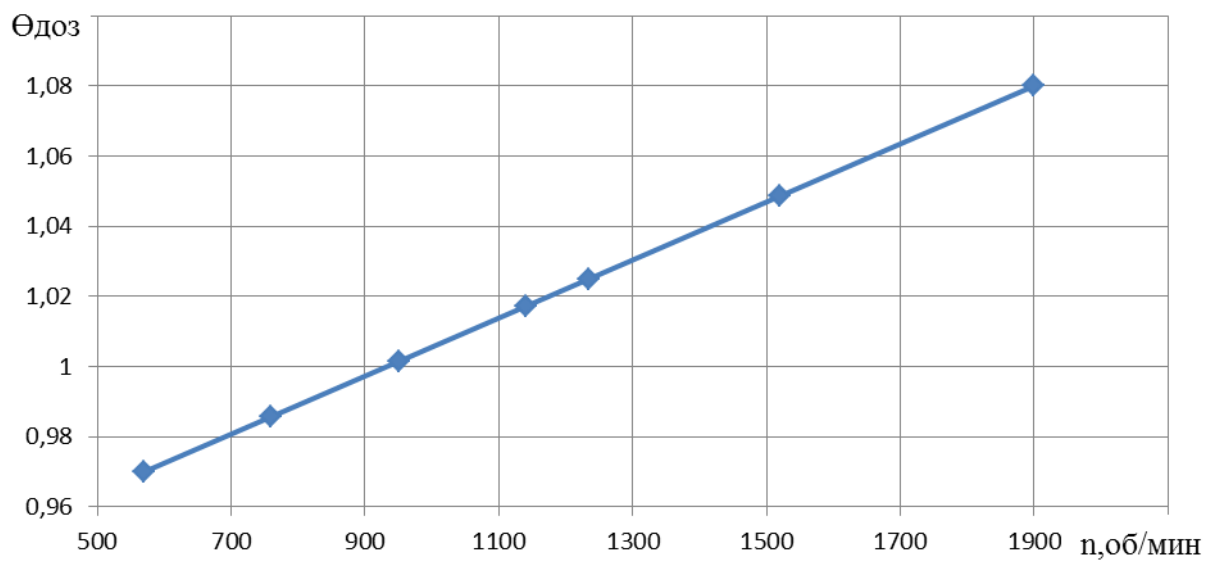


Рисунок 3.4



Рис

унок 3.5

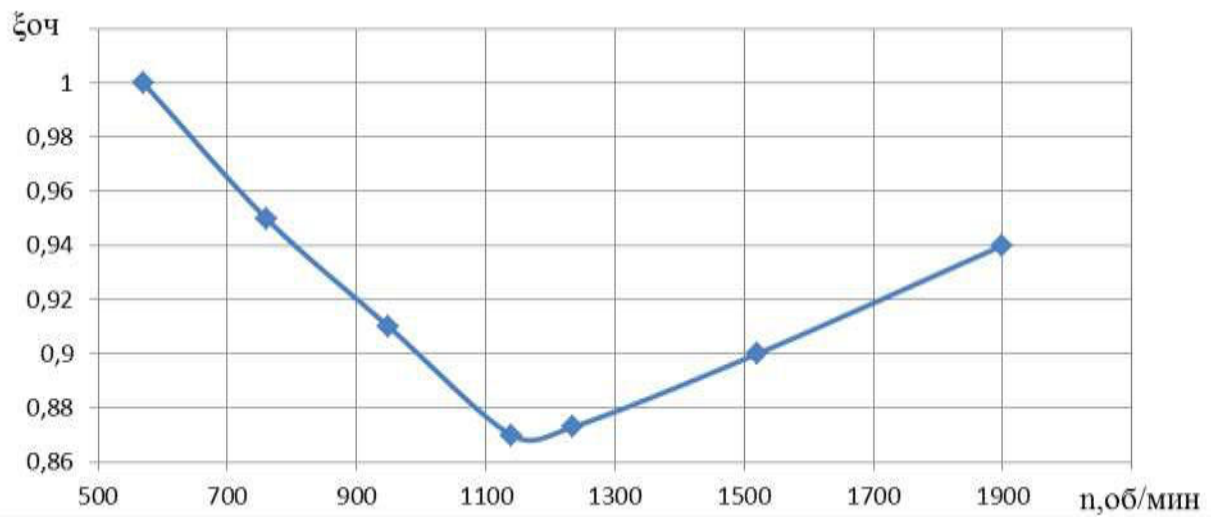


Рисунок 3.6

Температура в конце впуска:

$$T_a = (T_k' + \Delta T + \Theta_{\text{доз}} \gamma_r T_r) / (1 + \gamma_r) = (313 + 10 + 1,08 \cdot 0,2135 \cdot 711) / (1 + 0,024) = 333,438 \text{ K.}$$

Коэффициент наполнения:

$$\eta_v = \Theta_{\text{доз}} \cdot (T_k' / T_k' + \Delta T) \cdot (\varepsilon / \varepsilon - 1) \cdot (P_a / P_k') \cdot (1 - \xi_{\text{оч}} P_r / \varepsilon \cdot P_a) = \\ = 1,08 \cdot (313 / 313 + 10) \cdot (18 / 18 - 1) \cdot (0,2135 / 0,2355) \cdot \\ \cdot (1 - 0,95 \cdot 0,222 / 18 \cdot 0,2135) = 0,950.$$

Значения основных параметров в зависимости от частоты вращения приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

n, об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
α	1,47	1,42	1,38	1,42	1,45	1,55	1,7
T_r , К	700,653	741,625	775,813	768,179	758,997	738,158	711,005
P_k , МПа	0,170	0,180	0,190	0,200	0,205	0,220	0,240
$\Delta P_{\text{в/о}}$	0,0006	0,0008	0,001	0,0012	0,0013	0,0016	0,002
P_0' , МПа	0,1007	0,1005	0,1003	0,1001	0,1	0,0997	0,0993
π_k	1,688	1,79	1,894	1,997	2,049	2,206	2,42
T_k , К	363,468	372,429	381,126	389,581	393,724	405,843	421,344
$\Delta P_{\text{оив}}$	0,0013	0,0018	0,0023	0,0027	0,0029	0,0036	0,0045
P_k' , МПа	0,1687	0,1782	0,1878	0,1973	0,2021	0,2164	0,2355
T_k' , К	313	313	313	313	313	313	313
$\Delta T_{\text{оив}}$	50,47	59,43	68,13	76,58	80,72	92,84	108,34
P_r , МПа	0,160	0,169	0,177	0,186	0,191	0,204	0,222
ΔT , К	11,928	11,652	11,377	11,101	10,964	10,551	10
$p_{\text{тр}}$	1,871	1,975	2,079	2,183	2,235	2,391	2,599
ΔP_a , Па	0,0013	0,0024	0,0040	0,0060	0,0073	0,0118	0,0200
P_a , МПа	0,1668	0,1750	0,1828	0,1901	0,1935	0,2030	0,2135
γ_r	0,02690	0,02380	0,02155	0,02061	0,02088	0,02206	0,02403
T_a , К	334,22	334,10	333,92	333,34	333,25	333,27	333,44
η_v	0,9262	0,9378	0,9471	0,9545	0,9562	0,9571	0,9503
$\xi_{\text{оч}}$	1	0,95	0,91	0,87	0,873	0,9	0,94
$\Theta_{\text{доз}}$	0,970	0,986	1,014	1,017	1,025	1,049	1,08

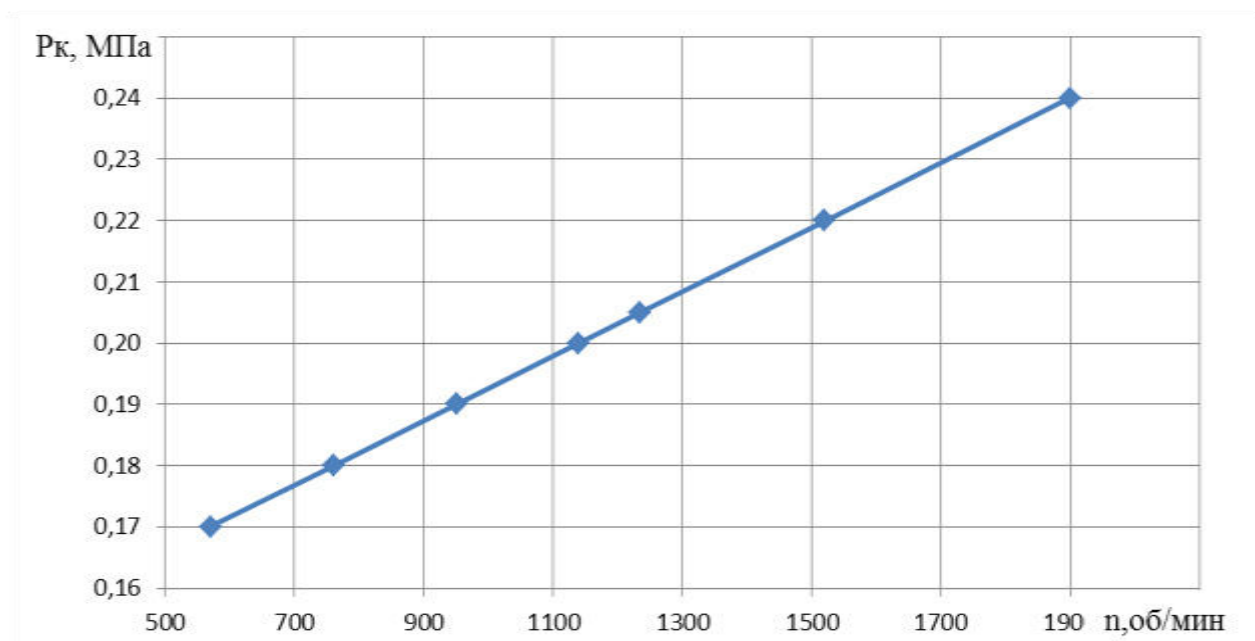


Рисунок 3.7

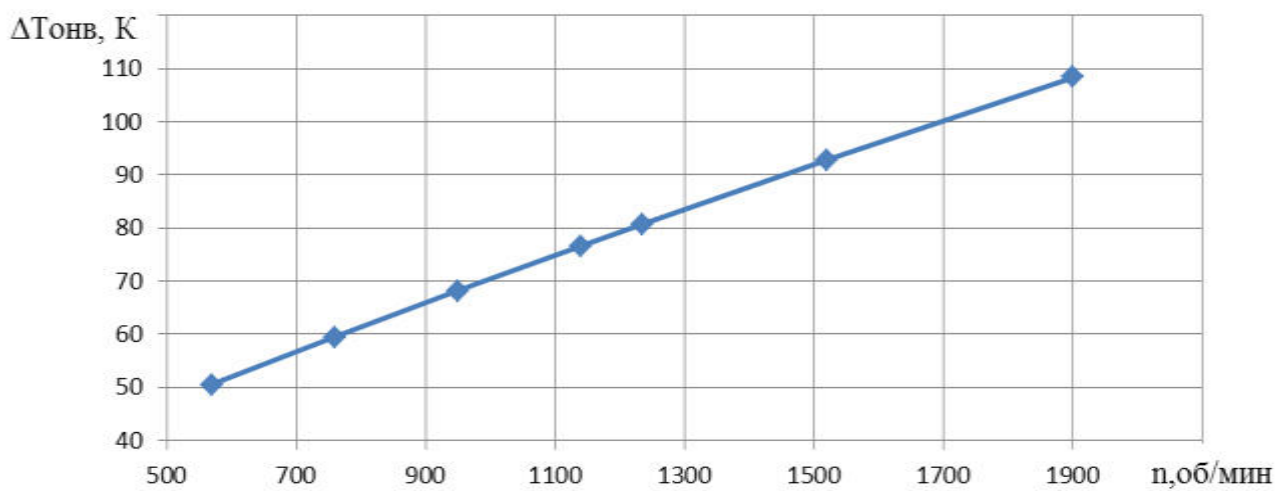


Рисунок 3.8

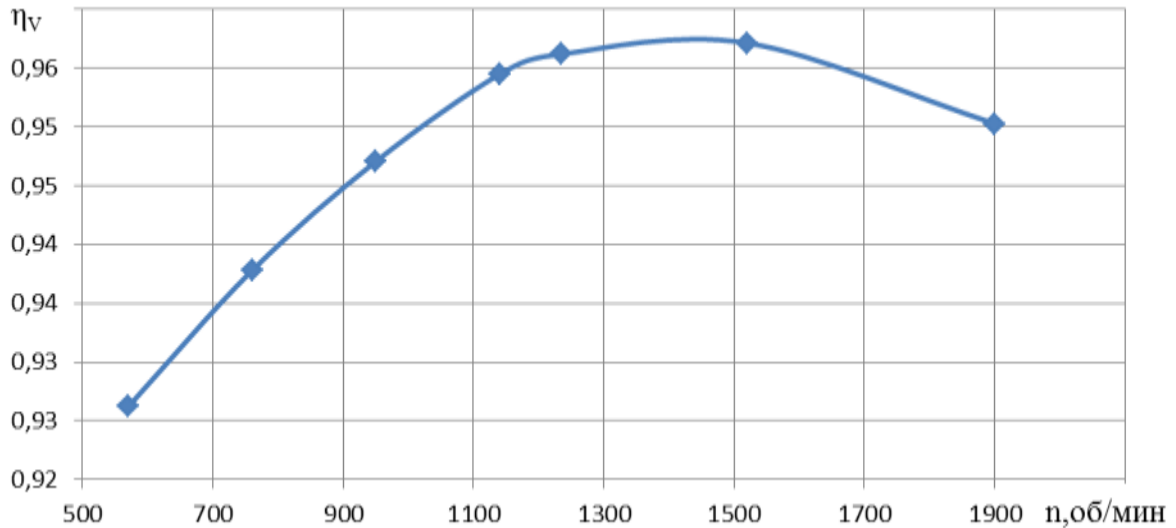


Рисунок 3.9

3.5. Процесс сжатия

Средний показатель адиабаты сжатия k_1 определяется по номограмме (Рис. 4.4, стр. 73, [1]), средний показатель политропы сжатия n_1 принимается несколько меньше k_1 . При выборе n_1 учитывается, что с уменьшением частоты вращения теплоотдача от газов в стенки цилиндра увеличивается, а n_1 уменьшается по сравнению с k_1 более значительно. Так при $n_N = 1900 \text{ мин}^{-1}$, $T_a = 333,44 \text{ К}$ и $\varepsilon = 18$ показатель адиабаты сжатия определен по номограмме (Рис. 4.4, стр. 73, [1]) k_1 .

Давление в конце сжатия при $n_N = 1900 \text{ об/мин}$:

$$p_c = p_a \varepsilon^{n_1} = 0,2135 \cdot 18^{1,358} = 10,818 \text{ МПа.}$$

Температура в конце сжатия:

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1-1} = 333,44 \cdot 18^{1,358-1} = 938,43 \text{ К.}$$

Средняя молярная теплоемкость в конце сжатия:

a) Свежей смеси (воздуха)

$$(mc_v)_{t_0}^{t_c} = 20,6 + 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43 = 22,355 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{С},$$

где $t_c = T_c - 273 = 938,43 - 273 = 665,43^\circ\text{С}$;

b) CO_2 в продуктах сгорания

$$\begin{aligned} (mc_v)_{\text{co}_2} &= 27,941 + 0,019 \cdot 665,43 - 0,0005487 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43^2 = \\ &= 38,155 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{С}; \end{aligned}$$

c) CO в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{\text{co}} = 20,597 + 2,67 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43 = 22,374 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{С};$$

d) H_2O в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{\text{H}_2\text{O}} = 24,953 + 5,359 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43 = 28,519 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{С};$$

e) H_2 в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{H_2} = 20,684 + 0,000206 \cdot 665,43 + 0,000588 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43^2 = 21,081 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C};$$

f) N_2 в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{N_2} = 20,398 + 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43 = 22,062 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C};$$

g) O_2 в продуктах сгорания

$$(mc_v)_{O_2} = 20,93 + 0,004641 \cdot 665,43 - 0,000084 \cdot 10^{-3} \cdot 665,43^2 = 23,646 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C};$$

h) $(mc_v'')_{t_0}^{tc}$ остаточных газов

$$\begin{aligned} (mc_v'')_{t_0}^{tc} &= (1/M_2) \cdot (M_{CO_2} \cdot (mc_v)_{CO_2} + M_{H_2O} \cdot (mc_v)_{H_2O} + M_{N_2} \cdot (mc_v)_{N_2} + M_{O_2} \cdot (mc_v)_{O_2}) = \\ &= (1/0,88) \cdot (0,0725 \cdot 38,155 + 0,063 \cdot 28,519 + 0,672 \cdot 22,062 + 0,073 \cdot 23,646) = \\ &= 23,979 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C}; \end{aligned}$$

i) $(mc_v')_{t_0}^{tc}$ рабочей смеси

$$(mc_v')_{t_0}^{tc} = ((mc_v)_{t_0}^{tc} + \gamma_r \cdot (mc_v'')_{t_0}^{tc}) / (1 + \gamma_r) = (22,355 + 0,024 \cdot 23,979) / (1 + 0,024) = 22,394 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Для всех остальных частот вращения значения $(mc_v)_{t_0}^{tc}$, $(mc_v)_{CO_2}$, $(mc_v)_{CO}$, $(mc_v)_{H_2O}$, $(mc_v)_{H_2}$, $(mc_v)_{N_2}$, $(mc_v)_{O_2}$, $(mc_v'')_{t_0}^{tc}$, $(mc_v')_{t_0}^{tc}$ приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

п, об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
k1	1,368	1,368	1,368	1,368	1,368	1,368	1,368
n1	1,358	1,358	1,358	1,358	1,358	1,358	1,358
Pc, МПа	8,448	8,864	9,258	9,629	9,804	10,286	10,818
Tc, К	940,634	940,296	939,793	938,143	937,901	937,971	938,432
tc °C	667,634	667,296	666,793	665,143	664,901	664,971	665,432
$(mc_v)_{t_0}^{tc}$ кДж/кмоль°C	22,361	22,360	22,359	22,355	22,354	22,354	22,355
$(mc_v)_{CO_2}$ кДж/кмоль°C	38,180	38,176	38,170	38,151	38,148	38,149	38,155
$(mc_v)_{CO}$ кДж/кмоль°C	22,380	22,379	22,377	22,373	22,372	22,372	22,374
$(mc_v)_{H_2O}$ кДж/кмоль°C	28,531	28,529	28,526	28,518	28,516	28,517	28,519
$(mc_v)_{H_2}$ кДж/кмоль°C	21,084	21,083	21,083	21,081	21,081	21,081	21,081
$(mc_v)_{N_2}$ кДж/кмоль°C	22,067	22,066	22,065	22,061	22,060	22,060	22,062
$(mc_v)_{O_2}$ кДж/кмоль°C	23,654	23,653	23,651	23,645	23,644	23,645	23,646

$(mc_v'')_{t_0}^{t_c}$ кДж/кмоль $^{\circ}\text{C}$	24,226	24,286	24,337	24,278	24,240	24,125	23,979
$(mc_v')_{t_0}^{t_c}$ кДж/кмоль $^{\circ}\text{C}$	22,410	22,405	22,401	22,393	22,393	22,392	22,394

3.6. Процесс сгорания

Коэффициент молекулярного изменения горючей $\mu_0 = M_2/M_1$ и рабочей смеси $\mu = (\mu_0 + \gamma_r)/(1 + \gamma_r)$.

$$\mu_0 = 0,88 / 0,849 = 1,037;$$

$$\mu = (1,037 + 0,024)/(1 + 0,024) = 1,036.$$

Теплота сгорания рабочей смеси:

$$H_{\text{раб.см}} = (H_u - \Delta H_u) / M_1(1 + \gamma_r) = (42437 - 0) / 0,849 \cdot (1 + 0,024) = 48813,6 \text{ кДж/кмоль раб.см.}$$

Коэффициент использования теплоты выбирается по рис 5.2 (стр, 107, [1]) и строим график изменения по частоте вращения КВ (Рисунок 3.10).



Рисунок 3.10

Температура в конце видимого процесса сгорания находим по формуле:

$$At_z^2 + Bt_z + C = 0;$$

где $A = \mu b$; $B = \mu a$;

$$a = 1/M_2 \cdot (M_{\text{CO}_2} \cdot 39,123 + M_{\text{CO}} \cdot 22,49 + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 26,67 + M_{\text{H}_2} \cdot 19,678 + M_{\text{N}_2} \cdot 21,951 + M_{\text{O}_2} \cdot 23,723) + 8,315 = 1/0,88 \cdot (0,0725 \cdot 39,123 + 0,063 \cdot 26,67 + 0,672 \cdot 21,951 + 0,073 \cdot 23,723) + 8,315 = 32,164 \text{ кДж/кмоль}^{\circ}\text{C};$$

$$b = 1/M_2 \cdot (M_{\text{CO}_2} \cdot 0,003349 + M_{\text{CO}} \cdot 0,00143 + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 0,004438 + M_{\text{H}_2} \cdot$$

$$\begin{aligned} & \cdot 0,001758 + M_{N_2} \cdot 0,001457 + M_{O_2} \cdot 0,00155) = \\ & = 1/0,88 \cdot (0,0725 \cdot 0,003349 + 0,063 \cdot 0,004438 + 0,672 \cdot 0,001457 + 0,073 \cdot \\ & \cdot 0,00155) = 0,0018 \text{ кДж/кмоль} \cdot ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

$$A = 1,036 \cdot 0,0018 = 0,0019$$

$$B = 1,036 \cdot 32,164 = 33,334$$

$$\begin{aligned} C &= -\xi_z \cdot H_{\text{раб.см.}} - ((mc_v)_{t_0}^{tc} + 8,315 \cdot \lambda) \cdot tc - 2270 \cdot (\lambda - \mu) = \\ &= -0,83 \cdot 48813,6 - (22,394 + 8,315 \cdot 1,16) \cdot 665,432 - 2270 \cdot (1,16 - 1,036) = \\ &= -62080,67 \end{aligned}$$

$$t_z = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} = \frac{-33,334 + \sqrt{33,334^2 - 4 \cdot 0,0019 \cdot (-62080,67)}}{2 \cdot (-0,0019)} = 1698,02 ^\circ\text{C}.$$

$$T_z = t_z + 273 = 1698,02 + 273 = 1971,02 \text{ К}$$

Степень повышения давления(задаем $P_z(n_N) = 12,5$):

$$\lambda = p_z / p_c = 12,5 / 10,818 = 1,16.$$

Степень предварительного расширения

$$\rho = \mu \cdot T_z / \lambda \cdot T_c = 1,036 \cdot 1971,02 / 1,16 \cdot 938,432 = 1,884$$

Для остальных режимов значения приведены в таблице 3.4.

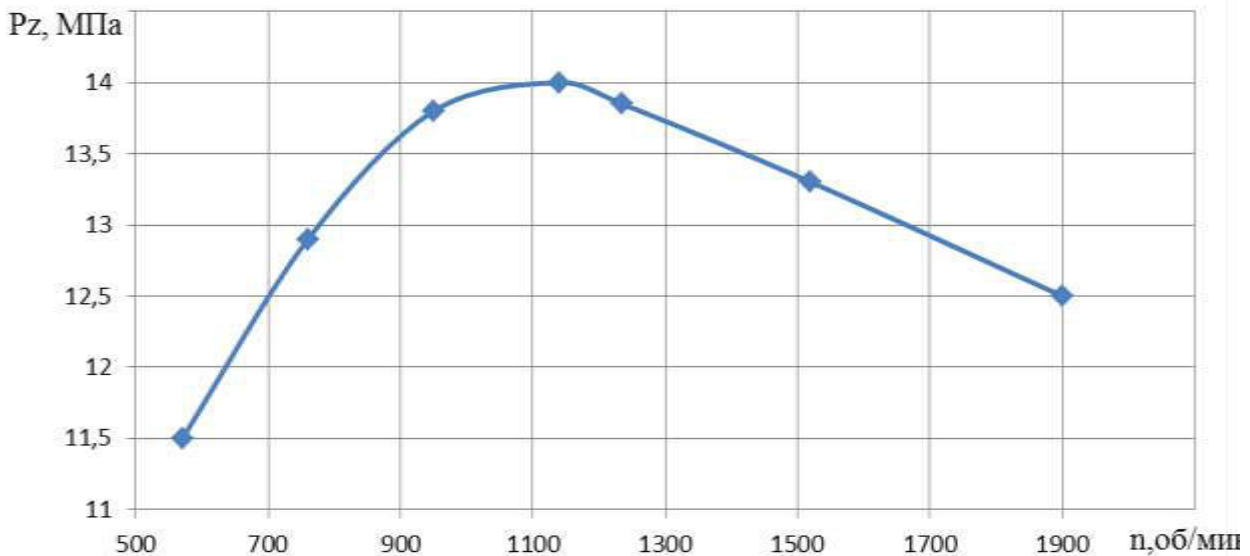


Рисунок 3.11

Таблица 3.4

п об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
ξ_z	0,75	0,82	0,88	0,876	0,87	0,855	0,83
μ_o	1,043	1,045	1,046	1,045	1,044	1,041	1,037
μ	1,042	1,044	1,045	1,044	1,043	1,040	1,036
ΔH_u	0	0	0	0	0	0	0
$H_{\text{раб.см}}$	56293,0	58451,6	60278,7	58634,4	57406,2	53640,4	48813,6
A	0,00197	0,00198	0,00200	0,00198	0,00197	0,00194	0,00190
B	33,752	33,866	33,963	33,870	33,803	33,597	33,334
C	-65463,4	-71890,7	-77257,5	-75231,7	-73482,4	-68476,5	-62080,7
a	32,393	32,452	32,503	32,452	32,416	32,306	32,164

b	0,00189	0,00190	0,00191	0,00190	0,00189	0,00187	0,00183
tz, °C	1759,227	1909,253	2031,805	1989,326	1951,479	1842,065	1698,019
Tz, K	2032,227	2182,253	2304,805	2262,326	2224,479	2115,065	1971,019
Pz, МПа	11,5	12,9	13,8	14	13,85	13,3	12,5
λ	1,36	1,46	1,49	1,45	1,41	1,29	1,16
ρ	1,654	1,664	1,719	1,731	1,751	1,814	1,884

3.7. Процесс расширения и выпуска

Средний показатель адиабаты расширения k_2 определяется по номограмме (см. рис. 4.8, стр. 82, [1]) при заданном ε для соответствующих значений α и T_z , а средний показатель политропы расширения n_2 принимается несколько меньше k_2

Степень последующего расширения:

$$\delta = \varepsilon / \rho = 18/1,884 = 9,555$$

Давление и температура в конце расширения:

$$P_b = P_z / \delta^{n_2} = 12,5 / 9,555^{1,287} = 0,68 \text{ МПа.}$$

$$T_b = T_z / \delta^{n_2-1} = 1971,019 / 9,555^{1,287-1} = 1031,243 \text{ К.}$$

$$T_r' = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} = \frac{1031,243}{\sqrt[3]{\frac{0,68}{0,222}}} = 708,36 \text{ К.}$$

$$\Delta T_r = [T_r - T_r'] / T_r \cdot 100\% = [711 - 708,36] / 711 \cdot 100 = 0,37\%$$

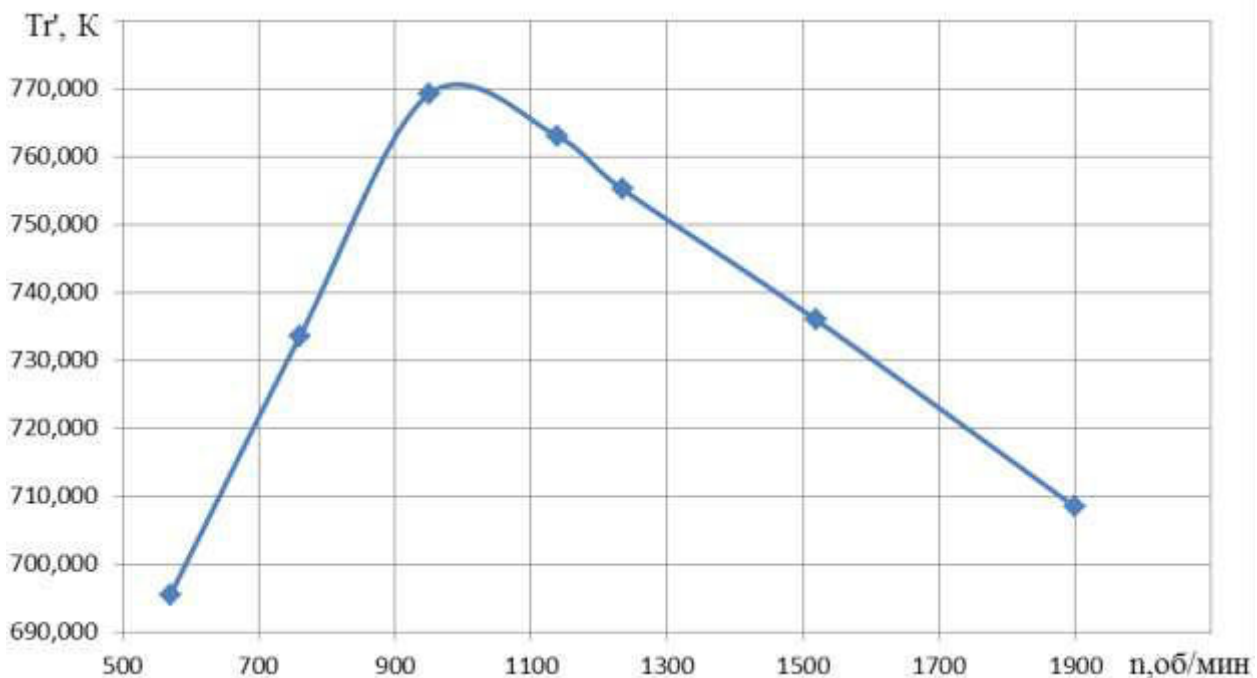


Рисунок 3.12

Для остальных режимов значения k_2 , n_2 , δ , P_b , T_b , T_r' , ΔT_r приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

n об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
k_2	1,279	1,277	1,275	1,275	1,277	1,281	1,288
n_2	1,278	1,276	1,274	1,274	1,276	1,28	1,287
δ	10,885	10,816	10,470	10,399	10,282	9,925	9,555
P_b , МПа	0,544	0,618	0,693	0,709	0,708	0,705	0,684
T_b , К	1046,488	1131,100	1211,083	1190,975	1169,225	1112,358	1031,243
T_r , К	695,415	733,425	769,140	762,906	755,135	735,885	708,357
ΔT_r , %	0,75	1,11	0,86	0,69	0,51	0,31	0,37

3.8. Индикаторные параметры рабочего цикла

Теоретическое среднее индикаторное давление:

$$P_i' = \frac{P_a \cdot \varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[\lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\rho \lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] =$$

$$= \frac{0,2135 \cdot 18^{1,358}}{18 - 1} \left[1,16 \cdot (1,884 - 1) + \frac{1,884 \cdot 1,16}{1,287 - 1} \left(1 - \frac{1}{9,555^{1,287 - 1}} \right) - \frac{1}{1,358 - 1} \left(1 - \frac{1}{18^{1,358 - 1}} \right) \right] = 1,805 \text{ МПа};$$

Среднее индикаторное давление:

$$P_i = \varphi_u P_i' = 0,95 \cdot 1,805 = 1,715 \text{ МПа};$$

Индикаторный КПД и индикаторный удельный расход топлива:

$$\eta_i = (P_i \cdot T_{k'} \cdot M_l \cdot 8,315) / (P_{k'} \cdot H_u \cdot \eta_v \cdot 10^3) =$$

$$= (1,715 \cdot 313 \cdot 8,315 \cdot 0,849) / (42437 \cdot 0,9503 \cdot 0,2355) = 0,399$$

$$g_i = 3600 / (H_u \eta_i) = 3600 / (42,437 \cdot 0,399) = 212,63 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}.$$

Значения P_i' , P_i , η_i , g_i для остальных режимов представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6

n об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
P_i' , МПа	1,499	1,769	2,020	2,046	2,025	1,949	1,805
P_i , МПа	1,424	1,680	1,919	1,944	1,923	1,852	1,715
η_i	0,410	0,437	0,456	0,449	0,442	0,424	0,399
g_i , г/кВт·ч	206,667	193,972	185,953	189,002	191,903	199,854	212,629

3.9. Эффективные показатели двигателя

Среднее давление механических потерь:

$$P_M = (P_{k'}/P_0)^{0,125} \cdot (0,089 + 0,0118 \cdot V_{п.ср.}) + 0,035 \cdot (P_{k'} - P_0);$$

Предварительно принимаем среднюю скорость поршня $V_{п.ср}(n_N) = 8,82$ м/с;

Тогда:

$$P_M = (0,2355/0,101325)^{0,125} \cdot (0,089 + 0,0118 \cdot 8,82) + 0,035 \cdot (0,2355 - 0,101325) = 0,219 \text{ МПа};$$

Среднее эффективное давление и механический КПД:

$$P_e = P_i \cdot \eta_M = 1,715 \cdot 0,872 = 1,496 \text{ МПа};$$

$$\eta_M = (P_i - P_M) / P_i = (1,715 - 0,219) / 1,715 = 0,872.$$

Эффективный КПД и эффективный удельный расход топлива

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_M = 0,399 \cdot 0,872 = 0,348;$$

$$g_e = g_i / \eta_M = 212,629 / 0,872 = 243,8 \text{ г/кВт·ч}.$$

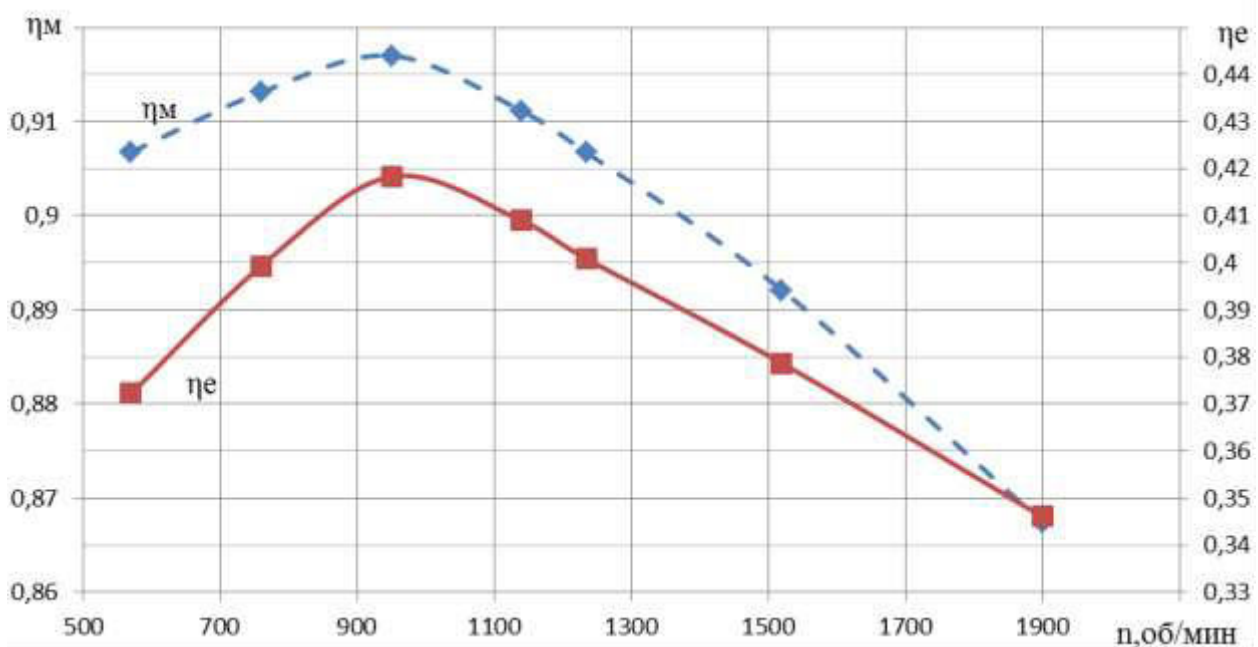


Рисунок 3.13

Значения для остальных режимов представлены в таблице 3.7

Таблица 3.7

n об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
$V_{п\text{ ср}}$, м/с	2,646	3,528	4,41	5,5	5,733	7,056	8,82
P_M , МПа	0,130	0,143	0,155	0,171	0,174	0,193	0,219
P_e , МПа	1,294	1,538	1,764	1,773	1,749	1,659	1,496
η_M	0,908	0,915	0,919	0,912	0,909	0,896	0,872
η_e	0,373	0,400	0,419	0,409	0,402	0,380	0,348
g_e , г/кВт·ч	227,512	211,996	202,332	207,192	211,027	223,163	243,799

3.10. Основные параметры цилиндра и двигателя

Литраж:

$$V_{\text{л}} = 30\tau N_e / P_e n_N = 30 \cdot 4 \cdot 400 / 1,496 \cdot 1900 = 16,89 \text{ л.}$$

Рабочий объем одного цилиндра:

$$V_h = V_{\text{л}} / i = 16,89 / 8 = 2,111 \text{ л.}$$

Диаметр цилиндра:

Принимаем отношение $S/D = 1,1$.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi S / D}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 2,111}{3,14 \cdot 1,1}} = 134,7 \text{ мм}$$

Окончательно принимаем $D=135 \text{ мм}$.

Ход поршня:

$$S = D \cdot \frac{S}{D} = 135 \cdot 1,1 = 149 \text{ мм}$$

Основные параметры и показатели двигателя:

Площадь поршня:

$$F_{\Pi} = \pi(D \cdot 10^{-3})^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,135^2 / 4 = 0,0143 \text{ м}^2$$

Литраж двигателя

$$V_{\text{л}} = \pi D^2 S i / 4 = 3,14 \cdot 135^2 \cdot 149 \cdot 8 / 4 = 17 \text{ л}$$

Рабочий объем одного цилиндра:

$$V_h = V_{\text{л}} / i = 17 / 8 = 2,12 \text{ л}$$

Мощность двигателя:

$$N_e = P_e V_{\text{л}} n / 30\tau = (1,533 \cdot 17 \cdot 1900) / (30 \cdot 4) = 400,5 \text{ кВт.}$$

Литровая мощность двигателя:

$$N_{\text{л}} = N_e / V_{\text{л}} = 400,5 / 17 = 23,56 \text{ кВт/л.}$$

Крутящий момент;

$$M_e = (N_e \cdot 3 \cdot 10^4) / (\pi \cdot n) = (400,5 \cdot 3 \cdot 10^4) / (3,14 / 1900) = 2012,874 \text{ Н·м.}$$

Часовой расход топлива

$$G_T = N_e g_e \cdot 10^{-3} = 400,5 \cdot 243,8 \cdot 10^{-3} = 98,171 \text{ кг/ч.}$$

Коэффициент приспособляемости:

$$K_M = M_{e_{\text{max}}} / M_{e_n} = 2396,26 / 2012,874 = 1,2$$

Скоростной коэффициент:

$$K_n = n_N / n_M = 1900 / 1140 = 1,67$$

Значения для остальных режимов представлены в таблице 3.8 и на рисунках 3.14, 3.15.

Таблица 3.8

п об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
Ne, кВт	104,307	165,261	236,926	286,067	305,193	355,862	400,497
Me, Нм	1747,472	2076,483	2381,559	2396,260	2359,822	2235,679	2012,874
ge, г/кВтч	227,922	212,427	202,784	207,435	211,651	224,027	245,124
GT, кг/ч	23,774	35,106	48,045	59,340	64,594	79,723	98,171

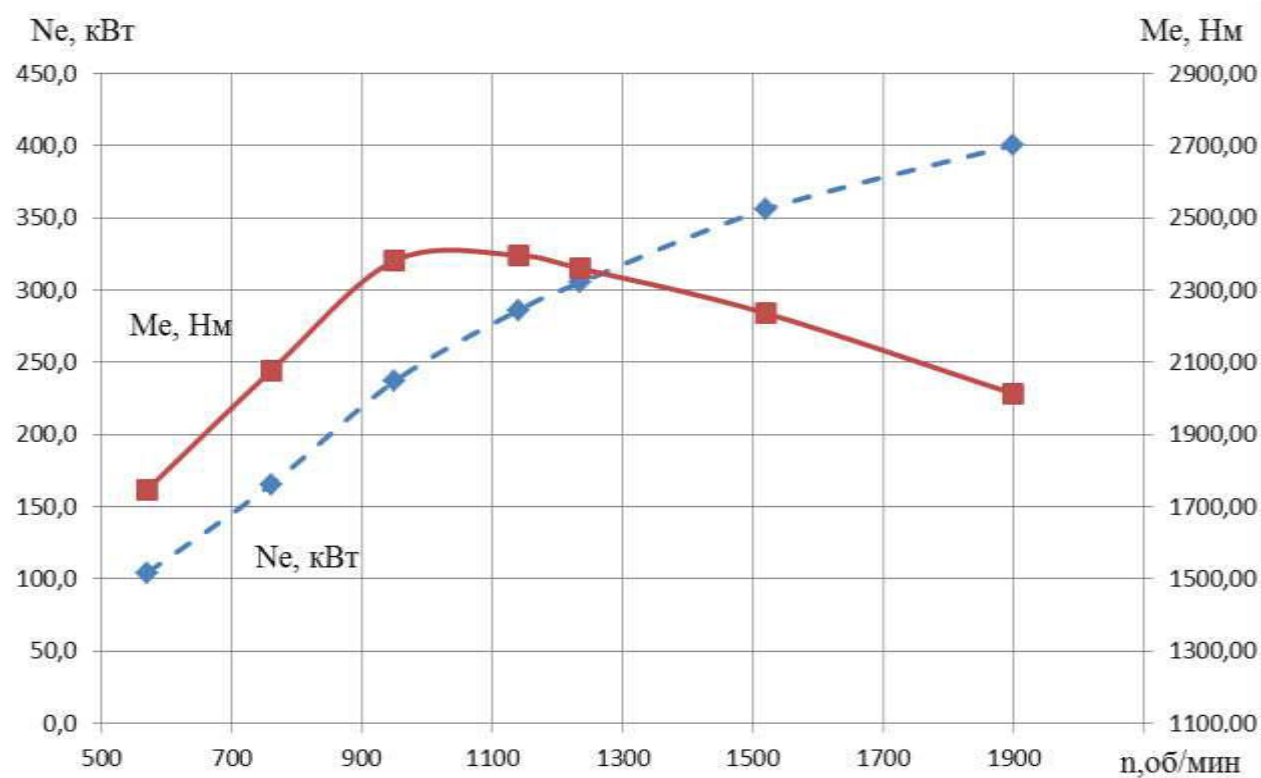


Рисунок 3.14

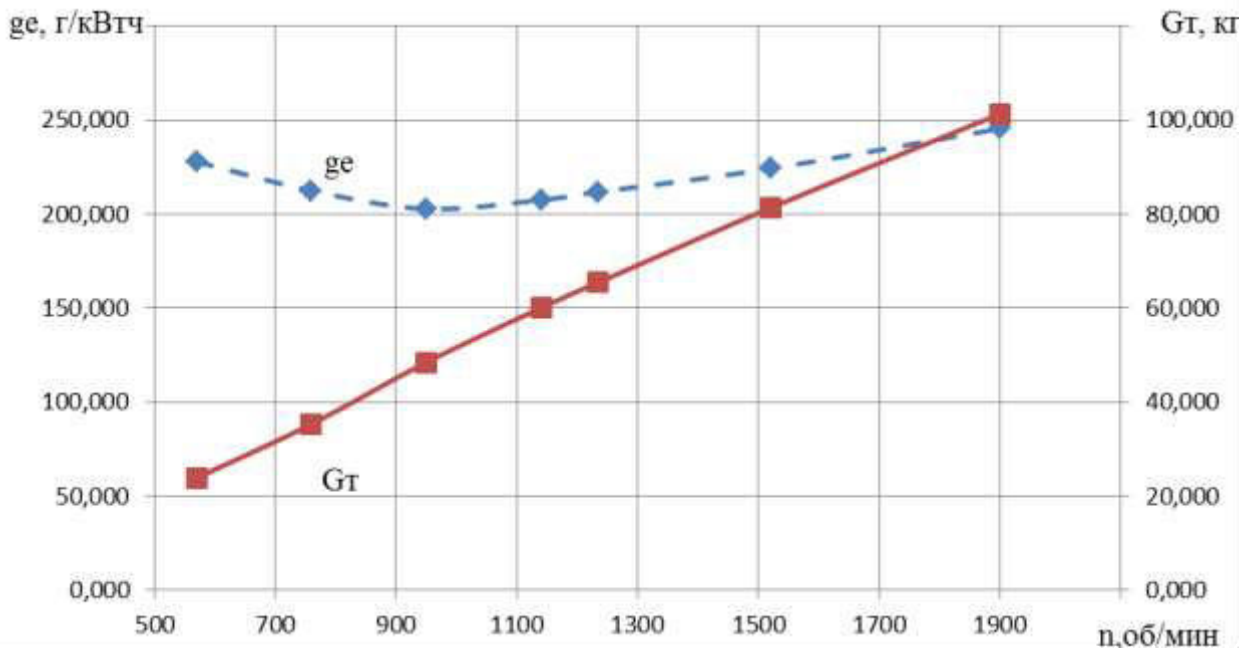


Рисунок 3.15

3.11. Построение индикаторной диаграммы

Строим индикаторную диаграмму для номинального режима работы двигателя, т.е. при $N_e = 400,5$ кВт и $n = 1900$ об/мин.

Находим объем камеры сгорания

$$V_c = V_h / \varepsilon - 1 = 2,13 / (18 - 1) = 0,125 \text{ л.}$$

Полный объем цилиндра $V_a = V_h + V_c = 2,13 + 0,125 = 2,25$ л.

Принимаем безразмерный коэффициент КШМ $\lambda = 0,3$

Далее по углу поворота КВ φ с шагом 10° находим:

- ход поршня

$$x = \frac{S}{2} \left[(1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\varphi) \right]$$

$$x(10^\circ) = \frac{149}{2} \left[(1 - \cos 10^\circ) + \frac{0,3}{4} (1 - \cos 2 \cdot 10^\circ) \right] = 1,468 \text{ мм}$$

- объем надпоршневого пространства

$$V(x) = V_c + \frac{x}{100} \cdot \frac{\pi \left(\frac{D}{100} \right)^2}{4}$$

$$V(x) = 0,125 + \frac{1,468}{100} \cdot \frac{3,14 \cdot \left(\frac{135}{100} \right)^2}{4} = 0,146 \text{ л}$$

- давление не скругленной диаграммы

- a) если $\varphi \leq 180^\circ$
- b) если $180^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$
- c) если $360^\circ \leq \varphi \leq 540^\circ$
- d) если $540^\circ \leq \varphi \leq 720^\circ$

Остальные значения для других положений КВ представлены в таблице 3.9. По полученным данным строим график не скругленной индикаторной диаграммы (рис. 3.16).

Полученную диаграмму необходимо скруглить. Для этого необходимо установить фазы газораспределения, с учетом получения хорошей очистки цилиндра от отработавших газов и обеспечения дозарядки в пределах, принятых в расчете. В связи с этим начало открытия впускного клапана (точка r') устанавливается за 20° до в.м.т., а закрытие (точка a'') через 50° после прохождения н.м.т.; начало открытия выпускного клапана (точка b') принимается за 60° до прихода в н.м.т., а закрытие (точка r'') – через 20° после прохода поршня в.м.т. Учитывая быстроходность двигателя, угол опережения впрыска топлива φ (точка c') принимается равным 20° , а продолжительность задержки воспламенения (точка f) – $\Delta\varphi=10^\circ$.

Принимаем что действительное давление сгорания (точка z) достигает через 10° после в.м.т., т.е. при повороте КВ на 370° . В соответствии с принятыми фазами газораспределения и углом опережения зажигания определяется положение точек r', a', b', r'', c', z' и f . Результаты расчета этих точек представлены в таблице 3.10.

Скругляем диаграмму по полученным точкам и получаем скругленную индикаторную диаграмму (рис 3.16).

Таблица 3.9

$\varphi, ^\circ$	$S, \text{ мм}$	$V, \text{ л}$	$P_{\text{расч}}, \text{ МПа}$	$P_{\text{скруг}}, \text{ МПа}$
1	0,0000	0,1250	0,2135	0,2355
0	1,4688	0,1461	0,2135	0,2135
10	5,8001	0,2081	0,2135	0,2135
20	12,7749	0,3079	0,2135	0,2135
30	22,0469	0,4406	0,2135	0,2135
40	33,1701	0,5998	0,2135	0,2135
50	45,6313	0,7782	0,2135	0,2135
60	58,8873	0,9679	0,2135	0,2135
70	72,4012	1,1614	0,2135	0,2135
80	85,6750	1,3514	0,2135	0,2135
90	98,2748	1,5317	0,2135	0,2135
100	109,8483	1,6974	0,2135	0,2135

 r''

110	120,1313	1,8446	0,2135	0,2135	a''
120	128,9454	1,9707	0,2135	0,2135	
130	136,1876	2,0744	0,2135	0,2135	
140	141,8126	2,1549	0,2135	0,2135	
150	145,8143	2,2122	0,2135	0,2135	
160	148,2051	2,2464	0,2135	0,2135	
170	149,0000	2,2578	0,2135	0,2135	
180	148,2051	2,2464	0,2141	0,2141	
190	145,8143	2,2122	0,2186	0,2186	
200	141,8126	2,1549	0,2265	0,2265	
210	136,1876	2,0744	0,2385	0,2385	
220	128,9454	1,9707	0,2557	0,2557	
230	120,1313	1,8446	0,2798	0,2798	
240	109,8483	1,6974	0,3132	0,3132	
250	98,2748	1,5317	0,3601	0,3601	
260	85,6750	1,3514	0,4269	0,4269	
270	72,4012	1,1614	0,5244	0,5244	
280	58,8873	0,9679	0,6716	0,6716	
290	45,6313	0,7782	0,9032	0,9032	
300	0,0000	0,1250	0,2135	0,2355	
1	2	3	4	5	
310	33,1701	0,5998	1,2863	1,2863	
320	22,0469	0,4406	1,9556	1,9556	
330	12,7749	0,3079	3,1817	3,1817	
340	5,8001	0,2081	5,4177	5,4177	
350	1,4688	0,1461	8,7594	8,7594	c'
360	0,0000	0,1250	10,8180	11,8994	
360	0,0000	0,1250	12,5000	11,8994	c''
370	1,4688	0,1461	12,5000	12,5000	
380	5,8001	0,2081	12,5000	12,3000	z
390	12,7749	0,3079	8,8549	8,8549	
400	22,0469	0,4406	5,5828	5,5828	b'
410	33,1701	0,5998	3,7535	3,7535	
420	45,6313	0,7782	2,6849	2,6849	
430	58,8873	0,9679	2,0275	2,0275	
440	72,4012	1,1614	1,6037	1,6037	
450	85,6750	1,3514	1,3196	1,3196	
460	98,2748	1,5317	1,1231	1,1231	
470	109,8483	1,6974	0,9841	0,9841	
480	120,1313	1,8446	0,8842	0,8842	
490	128,9454	1,9707	0,8120	0,8000	
500	136,1876	2,0744	0,7602	0,7500	b''
510	141,8126	2,1549	0,7238	0,7100	
520	145,8143	2,2122	0,6998	0,6200	
530	148,2051	2,2464	0,6861	0,5600	
540	149,0000	2,2578	0,6817	0,4490	

540	149,0000	2,2578	0,2218	0,4490
550	148,2051	2,2464	0,2218	0,4600
560	145,8143	2,2122	0,2218	0,3800
570	141,8126	2,1549	0,2218	0,3200
580	136,1876	2,0744	0,2218	0,2218
590	128,9454	1,9707	0,2218	0,2218
600	120,1313	1,8446	0,2218	0,2218
610	109,8483	1,6974	0,2218	0,2218
620	98,2748	1,5317	0,2218	0,2218
630	85,6750	1,3514	0,2218	0,2218
640	72,4012	1,1614	0,2218	0,2218
650	58,8873	0,9679	0,2218	0,2218
660	45,6313	0,7782	0,2218	0,2218
670	33,1701	0,5998	0,2218	0,2218
680	22,0469	0,4406	0,2218	0,2218
690	12,7749	0,3079	0,2218	0,2218
700	5,8001	0,2081	0,2218	0,2218
710	1,4688	0,1461	0,2218	0,2218
720	0,0000	0,1250	0,2218	0,2355

r'

Таблица 3.10

Точка	$\varphi, ^\circ$	S, мм	V, л	Рскр, МПа
r'	700	5,800	0,208	0,222
r''	20	5,800	0,208	0,214
a''	230	128,945	1,971	0,256
c''	360	0,000	0,125	11,899
f	350	1,469	0,146	8,759
c'	340	5,800	0,208	5,418
z	370	1,469	0,146	12,500
b'	480	120,131	1,845	0,884
b''	540	149,000	2,258	0,449

$$P_{c''} = 1,15 \cdot P_c = 1,1 \cdot 10,818 = 11,899 \text{ МПа};$$

$$P_{b''} = (P_b + P_a)/2 = (0,684 + 0,2135)/2 = 0,449 \text{ МПа}$$

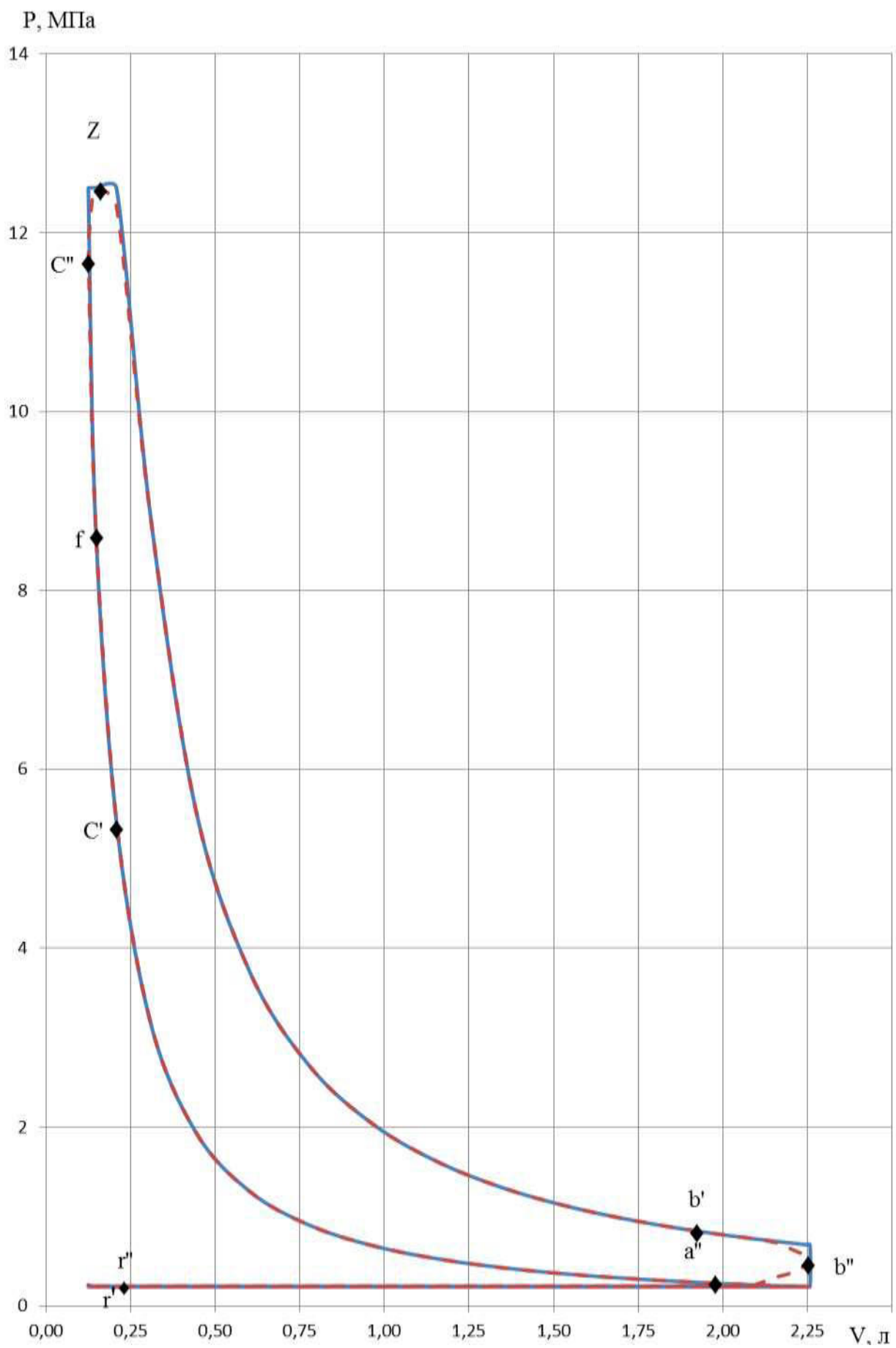


Рисунок 3.16

4. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДВИГАТЕЛЯ

Тепло, выделяющееся при сгорании топлива в цилиндрах двигателя, не может быть полностью преобразовано в полезную механическую работу.

Тепловой баланс позволяет определить тепло, превращенное в полезную эффективную работу, т.е. установить степень достигнутого совершенства теплоиспользования и наметить пути уменьшения имевшихся потерь.

В общем виде тепловой баланс двигателя может быть представлен в виде:

$$Q_0 = Q_e + Q_r + Q_B + Q_{н.с} + Q_{ост} = H_u G_T / 3,6$$

Где Q_0 - общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом.

Теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя за 1с:

$$Q_e = 1000 N_e$$

Теплота, потерянная с отработавшими газами:

$$Q_r = \left(\frac{G_T}{3,6} \right) \cdot \left\{ M_2 \left[(mc_v)_{t_0}^r + 8,315 \right] - M_1 \left[(mc_v)_{t_0}^{20} + 8,315 \right] \right\}$$

Теплота, передаваемая охлаждающей среде:

$$Q_B = \frac{c i D^{1+2m} n^m (H_u - \Delta H_u)}{\alpha H_u}$$

Где $c=0,53$ - коэффициент пропорциональности для четырехтактного двигателя, выбираем по рекомендациям; i – число цилиндров; D – диаметр цилиндра, см; n – частота вращения КВ, мин^{-1} ; $m = 0,6 - 0,7$ – показатель степени для 4-х тактного двигателя.

Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания топлива:

$$Q_{н.с} = \Delta H_u G_T / 3,6$$

Неучтенные потери теплоты:

$$Q_{ост} = Q_0 - (Q_e + Q_r + Q_B + Q_{н.с}).$$

Для удобства сравнения распределения теплоты или оценить степень теплоиспользования, то удобнее относительные величины, в процентах.

Проведем пример расчета для номинального режима, для всех остальных режимов результаты приведены в таблице 4.1.

$$Q_0 = 42437 \cdot 98,171 / 3,6 = 1157260,7 \text{ Дж/с;}$$

$$Q_e = 1000 \cdot 400,5 = 400500 \text{ Дж/с;}$$

$$Q_r = \left(\frac{98,171}{3,6} \right) \cdot \{ 0,88 \cdot [23,1459 + 8,315] \cdot 438 - 0,849 \cdot [20,6528 + 8,315] \cdot 20 \} =$$

$$= 330420,3 \text{ Дж/с;}$$

$$Q_B = 0,53 \cdot 8 \cdot 135^{1+2 \cdot 0,66} \cdot 1900^{0,66} \cdot (42437 - 0) / (1,7 \cdot 42437) = 254006,9 \text{ Дж/с;}$$

$$Q_{н.с} = \Delta H_u \cdot G_T / 3,6 = 0;$$

$$Q_{\text{ост}} = 1157260,7 - 40046,7 - 330420,3 - 181273,1 = 245070,6 \text{ Дж/с};$$

Переведем абсолютные величины в относительные величины:

$$q_e = (Q_e \cdot 100\%) / Q_0 = 34,61\%;$$

$$q_r = (Q_r \cdot 100\%) / Q_0 = 28,55\%;$$

$$q_b = (Q_b \cdot 100\%) / Q_0 = 15,66\%;$$

$$q_{\text{ост}} = (Q_{\text{ост}} \cdot 100\%) / Q_0 = 21,18\%;$$

Таблица 4.1

п об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
Q ₀ , Дж/с	280250,2	413834,7	566360,3	699512,6	761449,1	939785,3	1157260,7
Q _e , Дж/с	104307,1	165261,1	236926,5	286066,8	305193,1	355862,1	400496,6
Q _r , Дж/с	67970,8	107383,3	154495,6	192749,2	209660,1	262595,6	330420,3
m	0,650	0,660	0,670	0,690	0,695	0,698	0,700
c	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Q _b , Дж/с	70979,8	99721,5	134135,2	188163,9	207111,4	232402,4	254006,9
Q _{ост} , Дж/с	36992,4	41468,9	40803,0	32532,7	39484,5	88925,2	172336,8
q _e	37,22	39,93	41,83	40,90	40,08	37,87	34,61
q _r	24,25	25,95	27,28	27,55	27,53	27,94	28,55
q _b	25,33	24,10	23,68	26,90	27,20	24,73	21,95
q _{н.с}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
q _{ост}	13,20	10,02	7,20	4,65	5,19	9,46	14,89

Строим график зависимости составляющих теплового баланса двигателя от частоты вращения КВ.

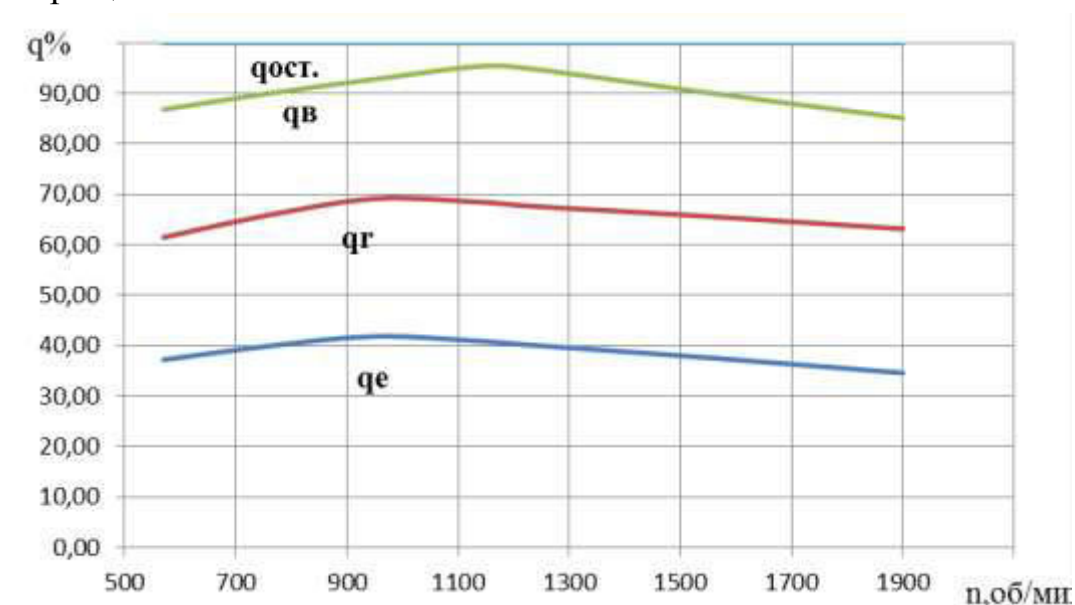


Рисунок 4.1

5. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СО СПРОЕКТИРОВАННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Исходные данные

1. Марка автомобиля и его колесная формула. КамАЗ 65115, 315/60 R22,5
2. Полная масса автомобиля – 14300 кг;
3. База автомобиля – 4470 мм;
4. Колея автомобиля
 - колея спереди – 2040 мм;
 - колея сзади – 2040 мм;
5. Высота автомобиля – 2955 мм;
6. Ширина автомобиля – 2500 мм;
7. Передаточные числа трансмиссии:
 - первой передачи – 6,38;
 - второй передачи – 3,29;
 - третьей передачи – 2,04;
 - четвертой передачи – 1,25;
 - пятой передачи – 0,815;
 - шестой передачи – 0,63;
 - главной передачи – 5,43;
8. Коэффициент аэродинамического сопротивления – 1;
9. Значения максимальной мощности $N_{\max} = 400$ кВт при $n_N = 1900$ об/мин; максимального крутящего момента $M_{\max} = 2396,26$ Нм при $n_M = 1140$ об/мин;
10. Скорость встречного ветра – $v_B = 0$ м/с.

Внешняя скоростная характеристика двигателя

Значения N_e и M_e взяты из теплового расчета и предоставлены в Таблице

5.1. График внешней скоростной характеристики представлен на Рис.5.1.

Таблица 5.1.

n , об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
N_e , кВт	104,3	165,3	236,9	286,1	305,2	355,9	400,5
M_e , Нм	1747,35	2076,97	2381,29	2396,54	2359,87	2235,92	2012,89

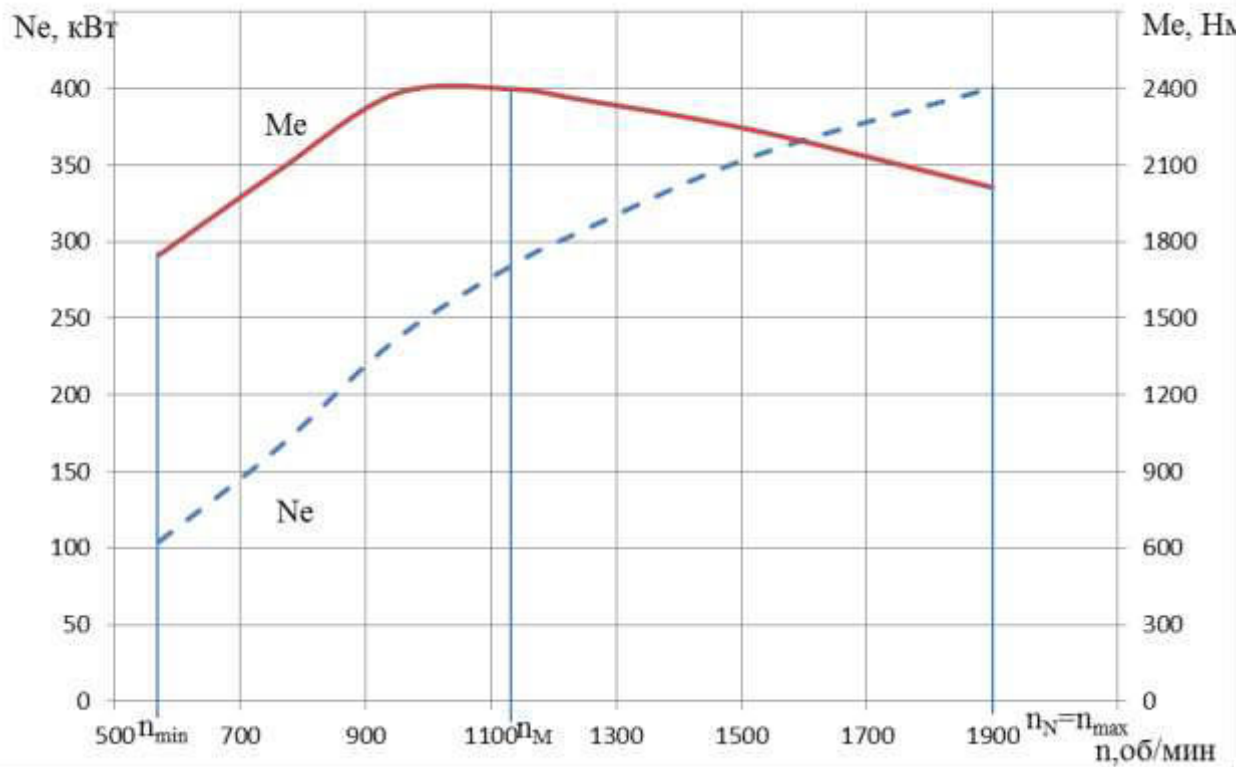


Рис.5.1. Внешняя скоростная характеристика

Силовой баланс

Силовой баланс рассмотрим на примере движения автомобиля на первой передаче при номинальной частоте вращения коленчатого вала $n=1900$ об/мин. Для остальных передач и частот вращения коленчатого вала расчет аналогичен.

Передаточное число трансмиссии:

$$u_{тр} = u_K \cdot u_{Г} \cdot u_D = 6,38 \cdot 5,43 \cdot 1 = 34,643$$

Радиус качения колеса:

$$r_k = d \cdot 0,0254 / 2 + \Delta(1 - \lambda)B = 22,5 \cdot 0,0254 / 2 + 0,6 \cdot (1 - 0,13) \cdot 0,315 = 0,45 \text{ м}$$

где $\lambda=0,13$ – коэффициент радиальной деформации; $\Delta=60\%$;

$d=22,5$ дюйм – посадочный диаметр; $B=315$ мм – ширина колеса

Скорость движения автомобиля:

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot r_k}{30 \cdot u_{тр}} = \frac{\pi \cdot 1900 \cdot 0,450}{30 \cdot 34,643} = 2,58 \text{ м/с}$$

Сила тяги на ведущих колёсах:

$$P_T = \frac{M_e \cdot \eta_{тр} \cdot u_{тр}}{r} = \frac{2012,89 \cdot 0,9 \cdot 34,643}{0,450} = 139069,9 \text{ Н}$$

КПД механической трансмиссии при передаче тягового момента выбирается из рекомендаций: $\eta_{тр} = 0,9$

Площадь лобового сопротивления автомобиля:

$$F = B \cdot H_a = 2040 \cdot 2955 \cdot 10^{-6} = 6,028 \text{ м}^2,$$

где B – колея автомобиля, H_a – высота автомобиля.

Так как скорость воздуха $V_B = 0$ м/с, то относительная скорость автомобиля:

$$V_{от} = V + V_B = 2,58 + 0 = 2,58 \text{ м/с}$$

Сила сопротивления воздуха:

$$P_B = c_x \cdot F \cdot \frac{\rho_B \cdot V_{от}^2}{2} = 1 \cdot 6,028 \cdot \frac{1,225 \cdot 2,58^2}{2} = 24,7 \text{ Н}$$

где $\rho_B = 1,225 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха.

Для удобства решения и графического представления уравнение силового баланса может быть записано с использованием свободной силы тяги:

$$P_{св} = P_T - P_B = 139069,9 - 24,7 = 19045,2 \text{ Н}$$

Сила $P_{т.сц}$ тяги по сцеплению ведущих колес с данной дорогой определяется с учетом изменения нормальных реакций дороги при движении автомобиля:

$$P_{т.сц} = \frac{Ga\varphi_x \cos \alpha}{L - h(\varphi_x + f)} = \frac{140283 \cdot 2,91 \cdot 0,85 \cdot \cos 0}{4,47 - 0,9 \cdot (0,85 + 0,01)} = 93738,5 \text{ Н}$$

где $\varphi_x = 0,85$ – коэффициент сцепления ведущих колес с дорогой в продольном направлении.

$$a = 0,65L = 0,65 \cdot \frac{4470}{1000} = 2,906 \text{ м} – \text{расстояние от центра масс до передней}$$

оси

$$b = L - a = \frac{4470}{1000} - 2,906 = 1,564 \text{ м} – \text{расстояние от центра масс до задней}$$

оси

$h = 0,9 \text{ м}$ – высота центра масс

Свободная сила тяги:

$$P_{св.сц} = P_{т.сц} - P_B = 93738,5 - 24,7 = 93713,8 \text{ Н}$$

Определение силы сопротивления дороги:

$$\begin{aligned} P_D &= G \cdot ((f_0 + k_f \cdot V^2) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) = \\ &= 140283 \cdot ((0,01 + 7 \cdot 10^{-6} \cdot 2,33^2) \cdot \cos 0 + \sin 0) = 1409,4 \text{ Н} \end{aligned}$$

где $k_f = 7 \cdot 10^{-6}$; $G = m \cdot g = 14300 \cdot 9,81 = 140283 \text{ Н}$ – вес автомобиля

Остальной ход решения силового баланса для каждой передачи представлен в Таблице 5.2 и Рис.5.2.

Таблица 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8
n, об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
Ne, кВт	104,3	165,3	236,9	286,1	305,2	355,9	400,5
Me, Нм	1747,35	2076,97	2381,29	2396,54	2359,87	2235,92	2012,89
I передача ($u_{\text{тр1}}=34,643$)							
V, м/с	0,8	1,0	1,3	1,6	1,7	2,1	2,6
Р _т , Н	120724,0	143497,2	164522,6	165575,9	163042,8	154478,7	139069,9
Р _в , Н	2,2	3,9	6,2	8,9	10,4	15,8	24,7
Р _{св1} , Н	120721,8	143493,3	164516,5	165567,0	163032,4	154462,9	139045,2
Р _{т.сц} , Н	93737,5	93737,6	93737,7	93737,8	93737,8	93738,1	93738,5
Р _{св.сц} , Н	93735,3	93733,6	93731,5	93728,9	93727,4	93722,3	93713,8
Р _д , Н	1403,4	1403,9	1404,5	1405,2	1405,6	1407,0	1409,4
f	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
II передача ($u_{\text{тр2}}=17,865$)							
V, м/с	1,5	2,0	2,5	3,0	3,3	4,0	5,0
Р _т , Н	62254,2	73997,8	84840,0	85383,2	84077,0	79660,6	71714,7
Р _в , Н	8,4	14,9	23,2	33,4	39,2	59,4	92,8
Р _{св2} , Н	62245,9	73982,9	84816,8	85349,8	84037,7	79601,2	71621,9
Р _{т.сц} , Н	93737,8	93738,0	93738,4	93738,8	93739,1	93740,0	93741,4
Р _{св.сц} , Н	93729,4	93723,2	93715,2	93705,4	93699,9	93680,6	93648,6
Р _д , Н	1405,1	1406,8	1409,0	1411,7	1413,3	1418,6	1427,5
f	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
III передача ($u_{\text{тр3}}=11,078$)							
V, м/с	2,4	3,2	4,0	4,9	5,3	6,5	8,1
Р _т , Н	38601,4	45883,1	52606,0	52942,8	52132,8	49394,4	44467,5
Р _в , Н	21,7	38,6	60,4	86,9	102,0	154,5	241,4
Р _{св3} , Н	38579,7	45844,5	52545,6	52855,9	52030,8	49239,9	44226,1
Р _{т.сц} , Н	93738,3	93739,1	93740,0	93741,2	93741,8	93744,1	93747,8
Р _{св.сц} , Н	93716,6	93700,4	93679,7	93654,2	93639,8	93589,6	93506,4
Р _д , Н	1408,6	1413,1	1418,9	1425,9	1430,0	1443,9	1467,0
f	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
IV передача ($u_{\text{тр4}}=6,788$)							
V, м/с	4,0	5,3	6,6	7,9	8,6	10,6	13,2
Р _т , Н	23652,8	28114,7	32234,1	32440,4	31944,1	30266,2	27247,2
Р _в , Н	57,9	102,9	160,7	231,5	271,7	411,5	643,0
Р _{св4} , Н	23595,0	28011,8	32073,3	32208,9	31672,5	29854,7	26604,2
Р _{т.сц} , Н	93739,9	93741,8	93744,4	93747,4	93749,2	93755,2	93765,2
Р _{св.сц} , Н	93682,0	93639,0	93583,6	93515,9	93477,5	93343,7	93122,2
Р _д , Н	1418,2	1430,2	1445,6	1464,4	1475,1	1512,3	1573,8
f	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
V передача ($u_{\text{тр5}}=4,425$)							
V, м/с	6,1	8,1	10,1	12,1	13,2	16,2	20,2

Р _{т,Н}	15421,6	18330,8	21016,6	21151,2	20827,6	19755,6	17755,2
1	2	3	4	5	6	7	8
Р _{в,Н}	136,1	242,0	378,1	544,5	639,1	968,0	1512,6
Р _{св5,Н}	15285,5	18088,7	20638,5	20606,6	20188,5	18765,5	16252,6
Р _{т.сц,Н}	93743,3	93747,9	93753,8	93761,0	93765,1	93779,3	93802,9
Р _{св.сц,Н}	93607,2	93505,9	93375,6	93216,4	93126,0	92811,3	92290,3
Р _{д,Н}	1439,0	1467,2	1503,4	1547,6	1572,8	1660,3	1805,1
f	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
VI передача (u _{гp6} =3,4209)							
V,м/с	7,9	10,5	13,1	15,7	17,0	20,9	26,2
Р _{т,Н}	11921,0	14169,8	16246,0	16350,0	16099,8	15254,2	13732,6
Р _{в,Н}	227,8	405,0	632,8	911,3	1069,5	1620,1	2531,3
Р _{св6,Н}	11693,2	13764,8	15613,1	15438,7	15030,4	13634,1	11201,3
Р _{т.сц,Н}	93747,3	93754,9	93764,8	93776,8	93783,7	93807,6	93847,1
Р _{св.сц,Н}	93519,4	93349,9	93132,0	92865,6	92714,2	92187,5	91315,7
Р _{д,Н}	1463,4	1510,5	1571,1	1645,2	1687,3	1833,7	2076,1
f	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

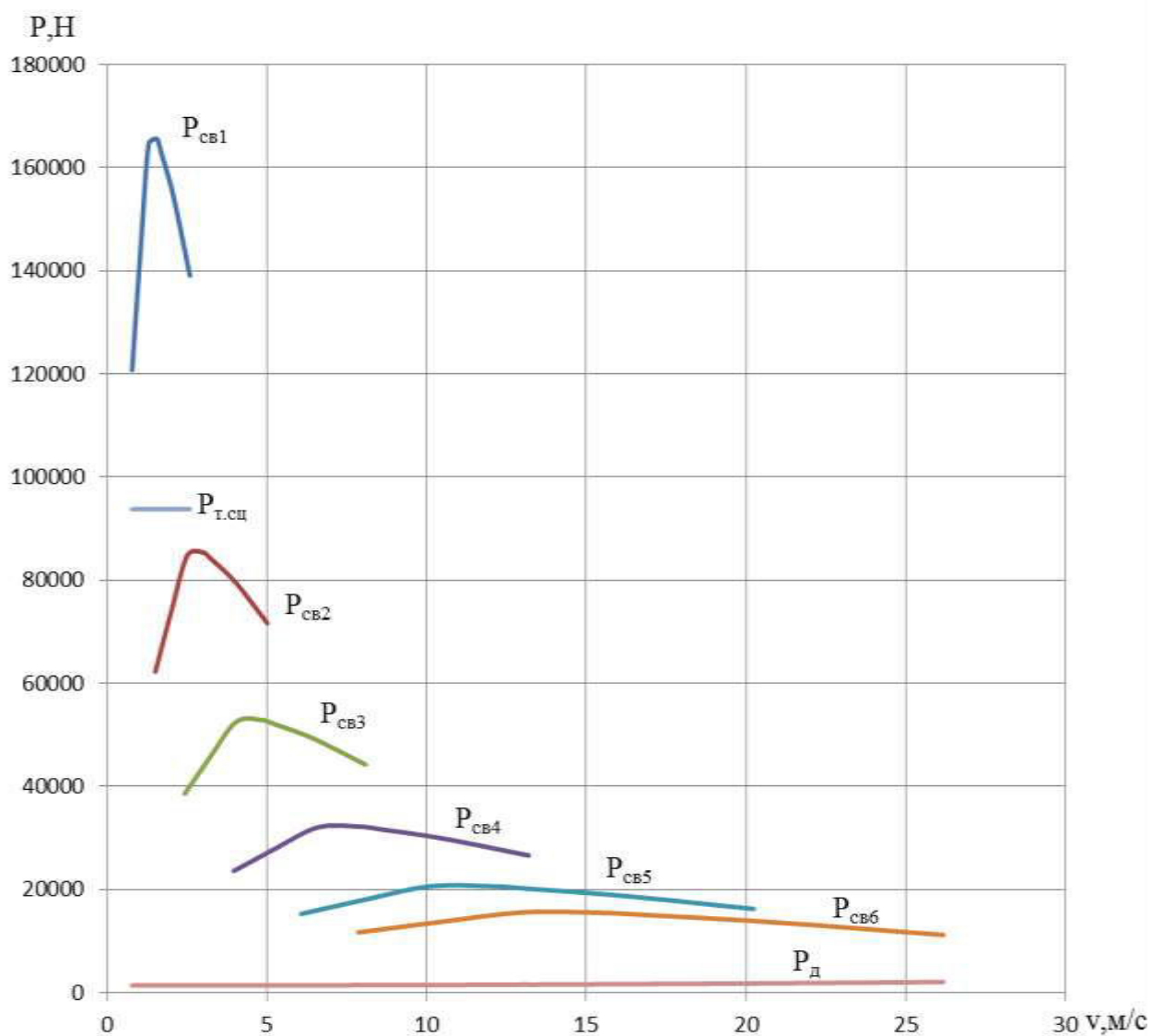


Рис.5.2. График силового баланса

Динамическая характеристика автомобиля

Динамической характеристикой автомобиля называется зависимость динамического фактора

$$D_a = \frac{P_{св}}{G} = \frac{139045,2}{140283} = 0,991$$

Таблица 5.3.

п, об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
Da1	0,861	1,023	1,173	1,180	1,162	1,101	0,991
Da2	0,444	0,527	0,605	0,608	0,599	0,567	0,511
Da3	0,275	0,327	0,375	0,377	0,371	0,351	0,315
Da4	0,168	0,200	0,229	0,230	0,226	0,213	0,190
Da5	0,109	0,129	0,147	0,147	0,144	0,134	0,116
Da6	0,083	0,098	0,111	0,110	0,107	0,097	0,080

Определяем динамический фактор по условию равномерного движения на данной дороге:

$$\psi = D = f \cos \alpha + \sin \alpha = 0,01 \cos 0^\circ + \sin 0^\circ = 0,01$$

Таблица 5.4.

п, об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
Ψ 1	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Ψ 2	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Ψ 3	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Ψ 4	0,010	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011	0,011
Ψ 5	0,010	0,010	0,011	0,011	0,011	0,012	0,013
Ψ 6	0,010	0,011	0,011	0,012	0,012	0,013	0,015

Динамический фактор по сцеплению:

$$D_{сц} = \frac{a\varphi_x \cos \alpha}{L - h(\varphi_x + f)} - \frac{P_g}{G} = \frac{2,906 \cdot 0,85 \cdot \cos 0^\circ}{4,47 - 0,9 \cdot (0,85 + 0,01)} - \frac{24,7}{14470} = 0,668$$

Таблица 5.5.

п, об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
D _{сц} 1	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668
D _{сц} 2	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668
D _{сц} 3	0,668	0,668	0,668	0,668	0,668	0,667	0,667
D _{сц} 4	0,668	0,668	0,667	0,667	0,666	0,665	0,664
D _{сц} 5	0,667	0,667	0,666	0,664	0,664	0,662	0,658
D _{сц} 6	0,667	0,665	0,664	0,662	0,661	0,657	0,651

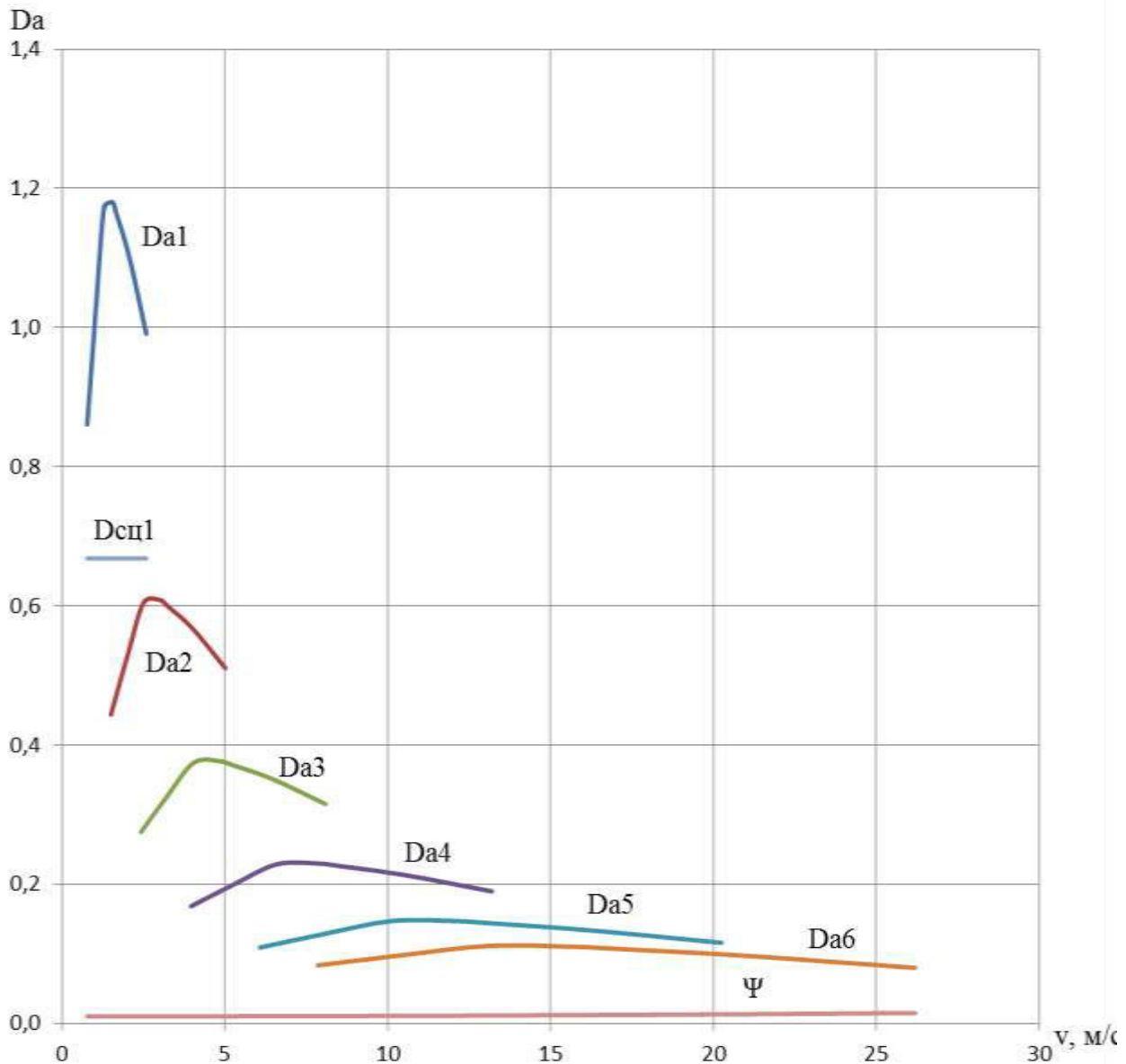


Рис.5.3. График динамической характеристики

Мощностной баланс автомобиля

Для определения тягово-скоростных свойств автомобиля можно пользоваться графиком мощностного баланса, являющегося графическим представлением уравнения мощностного баланса:

$$N_T = N_D + N_B + N_{II}$$

где $N_T = N_e \cdot \eta_{mp}$ - тяговая мощность;

$N_D = N_K + N_{II}$ - мощность, необходимая для преодоления сопротивления дороги;

$N_K = P_K \cdot V$ - мощность, необходимая для преодоления сопротивления качению;

$N_{II} = P_{II} \cdot V$ - мощность, необходимая для преодоления сопротивления подъёму;

$N_B = P_B \cdot V$ - мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха;

$N_H = P_H \cdot V$ - мощность, потребная для преодоления сопротивления разгона;

$$N_{д1} = P_{д1} \cdot V = 1409,4 \cdot 2,6 = 3644,02 \text{ Вт}$$

$$N_{д} + N_{в} = N_{д1} + P_{в} \cdot V = 3644,02 + 24,7 \cdot 2,6 = 3707,83 \text{ Вт}$$

$$N_{т} = N_{д} + (P_{т} - P_{в} - P_{д}) \cdot V = 3644,02 + (139069,9 - 24,7 - 1409,4) \cdot 2,5 = 359568 \text{ Вт}$$

Таблица 5.6.

п, об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
Ne, кВт	104,3	165,3	236,9	286,1	305,2	355,9	400,5
I передача							
N _{д1} , Вт	1088,57	1451,90	1815,64	2179,89	2362,24	2910,33	3644,02
N _{д+Nв} , Вт	1090,29	1455,99	1823,62	2193,68	2379,77	2943,00	3707,83
N _{т1} , Вт	93640,3	148406,0	212688,3	256859,9	274007,9	319526,2	359568,0
II передача							
N _{д2} , Вт	2113,42	2821,36	3532,27	4246,90	4605,83	5690,25	7157,37
N _{д+Nв} , Вт	2125,99	2851,15	3590,45	4347,42	4733,64	5928,53	7622,76
N _{т2} , Вт	93640,3	148406,0	212688,3	256859,9	274007,9	319526,2	359568,0
III передача							
N _{д3} , Вт	3417,04	4570,59	5736,60	6918,19	7515,79	9340,54	11862,59
N _{д+Nв} , Вт	3469,75	4695,53	5980,62	7339,85	8051,90	10340,04	13814,72
N _{т3} , Вт	93640,3	148406,0	212688,3	256859,9	274007,9	319526,2	359568,0
IV передача							
N _{д4} , Вт	5614,66	7549,41	9538,31	11594,92	12652,84	15965,39	20769,16
N _{д+Nв} , Вт	5843,77	8092,47	10598,98	13427,75	14983,13	20309,89	29254,51
N _{т4} , Вт	93640,3	148406,0	212688,3	256859,9	274007,9	319526,2	359568,0
V передача							
N _{д5} , Вт	8737,83	11878,42	15214,42	18794,68	20691,67	26883,40	36535,40
N _{д+Nв} , Вт	9564,42	13837,74	19041,22	25407,40	29099,17	42558,01	67149,87
N _{т5} , Вт	93640,3	148406,0	212688,3	256859,9	274007,9	319526,2	359568,0
VI передача							
N _{д6} , Вт	11495,25	15820,56	20568,93	25846,13	28716,08	38410,03	54358,38
N _{д+Nв} , Вт	13284,79	20062,44	28853,84	40162,45	46918,03	72345,03	120637,7
N _{т6} , Вт	93640,3	148406,0	212688,3	256859,9	274007,9	319526,2	359568,0

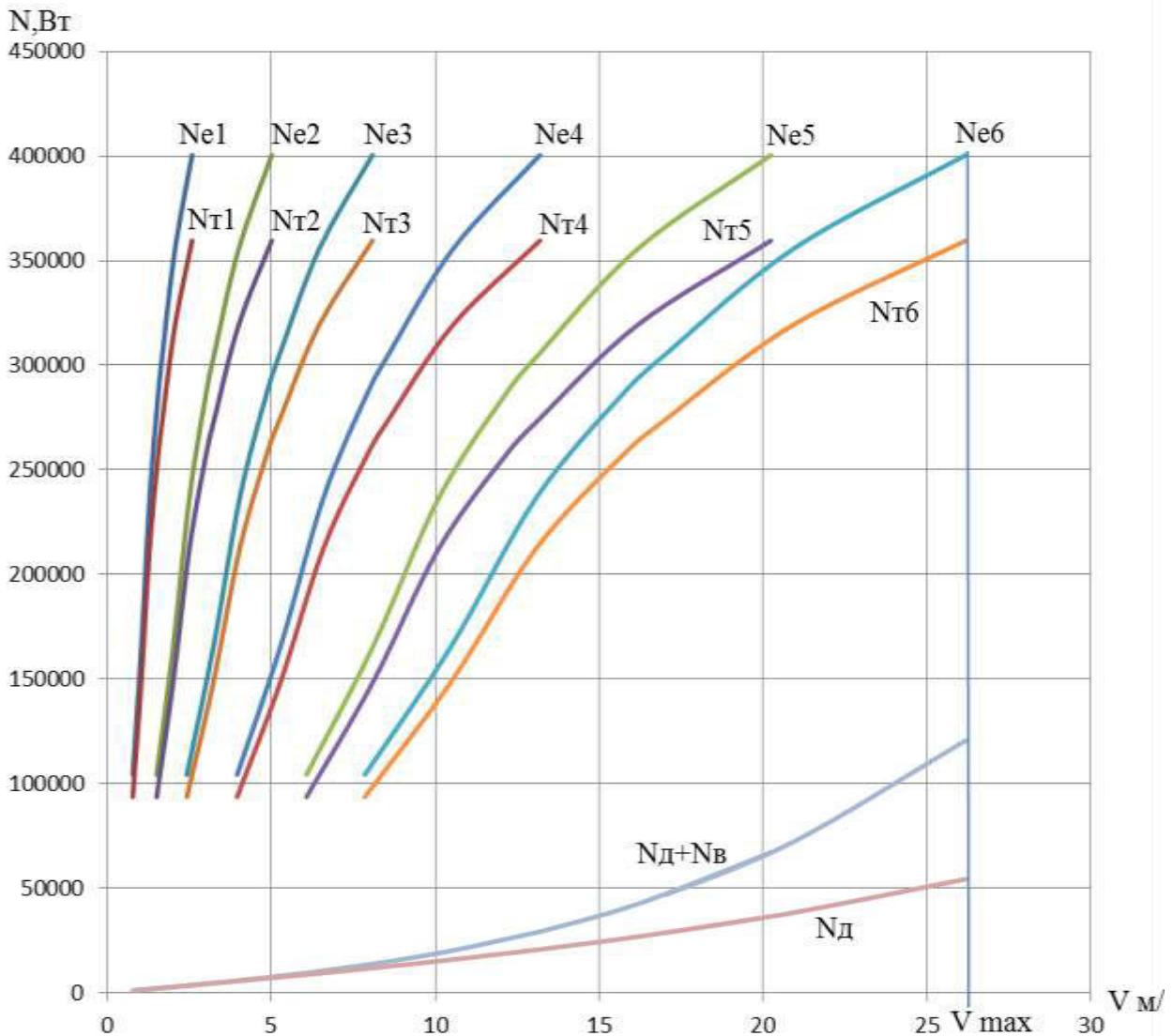


Рис.5.4. Мощностной баланс автомобиля

Абсцисса точек пересечения кривых N_T и $(N_d + N_v)$ является максимальной скоростью ($V_{\max} = 26,2$ м/с) равномерного движения автомобиля в заданных условиях.

Приемистость автомобиля

Приемистость автомобиля – это его способность увеличивать скорость движения. Определим зависимость ускорения от скорости движения при разгоне, происходящем при полной подаче топлива в двигатель. Вычисляем ускорение автомобиля.

Коэффициент учета вращающихся масс:

$$\delta_{вр} = 1 + \left[\delta_1 + \delta_2 (u_k u_d)^2 \right] \frac{G_a}{G} = 1 + \left[0,4 + 0,4 \cdot (6,38)^2 \right] \cdot \frac{140283}{140283} = 2,668$$

где $\delta_1 \approx \delta_2 = 0,4$

Таблица 5.7.

δвр1	2,668
δвр2	1,473
δвр3	1,206
δвр4	1,103
δвр5	1,067
δвр6	1,056

Ускорение автомобиля:

$$j = \frac{D_a - \psi}{\delta_{вр}} g = \frac{0,991 - 0,01}{2,668} 9,81 = 3,607 \text{ м/с}^2$$

Таблица 5.8.

n, об/мин	570	760	950	1140	1235	1520	1900
j1, м²/с	3,127	3,724	4,275	4,303	4,236	4,011	3,607
j2, м²/с	2,888	3,446	3,960	3,985	3,923	3,712	3,333
j3, м²/с	2,155	2,575	2,963	2,981	2,933	2,770	2,478
j4, м²/с	1,407	1,686	1,943	1,950	1,915	1,798	1,588
j5, м²/с	0,908	1,090	1,255	1,250	1,221	1,122	0,947
j6, м²/с	0,678	0,812	0,930	0,914	0,884	0,782	0,604

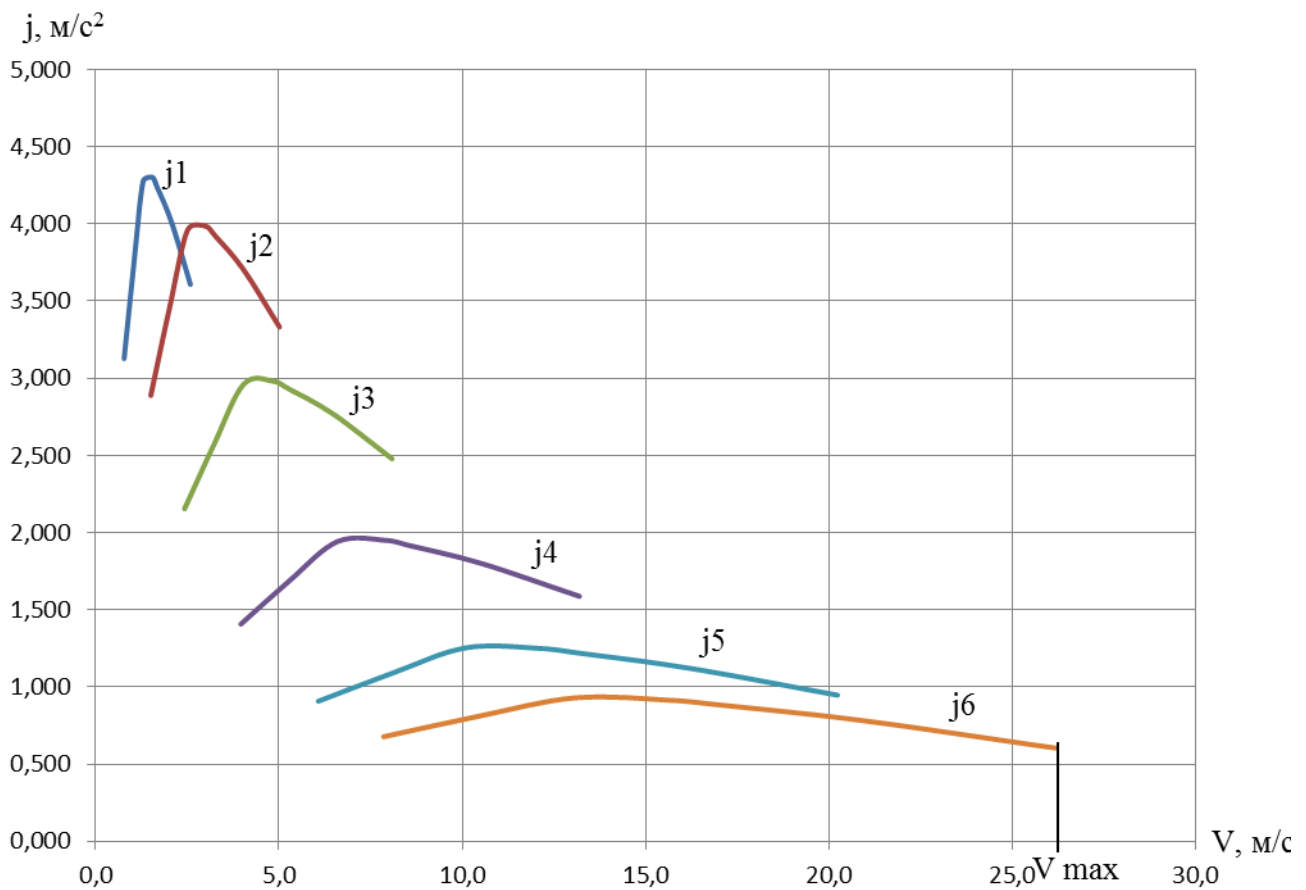


Рис.5.5. График ускорений

Для определения времени разгона автомобиля на графике ускорений весь диапазон изменения скорости от v_{min} до v_{max} разбиваем на z участков. Для этого описываем график полиномиальной функцией второй степени и по полученному уравнению находим ускорение в начале участка разбиения и в конце участка. Разбиваем скорость на первой передачи 0,45 м/с, на второй 1,2 м/с, на третьей 1,35 м/с, на четвертой 1,12 м/с, на пятой 1,22 м/с, на высшей 2,59 м/с.

Вычисляем среднее ускорение автомобиля на участках разбиения:

$$j_{cp} = 0,5 \cdot (j_n + j_k)$$

j_n – ускорение в начале участка, а j_k – ускорение в конце участка.

j_n и j_k находим вручную по графику ускорений (Рис.11.5).

На первой передаче примем за начало $v_n = v_{min} = 0,776$ м/с и

$$j_n = 3,127 \text{ м/с}^2.$$

С шагом 0,45 м/с скорость в конце участка $v_k = 1,226$ м/с, ускорение в конце участка $j_k = 4,236 \text{ м/с}^2$:

$$j_{cp} = 0,5 \cdot (3,127 + 4,236) = 1,007 \text{ м/с}^2$$

Вычисляем время разгона автомобиля при изменении скорости на участках от v_n в начале участка, до скорости v_k в конце участка разбиения:

$$\Delta t = \frac{(v_k - v_n)}{j_{cp}} = \frac{1,226 - 0,776}{1,007} = 0,45 \text{ с}$$

Полное время разгона автомобиля до скорости V_{max} рассчитывается как:

$$\tau_p = \sum_{i=1}^z \Delta t_i + (6 - 1) \tau_n = 28,33 + 5 \cdot 1,5 = 35,83 \text{ с},$$

где время переключения передач $\tau_n = 1,5 \text{ с}$.

Определим путь пройденный автомобилем при разгоне.

Путь разгона при изменении скорости на каждом участке разбиения от v_n в начале участка, до скорости v_k в конце участка:

$$\Delta s = 0,5 \Delta t (v_n + v_k) = 0,5 \cdot 0,45 \cdot (0,776 + 1,226) = 0,45 \text{ м}$$

Падение скорости за время переключения передач автомобиль движется накатом:

$$\Delta v = \frac{-(g \tau_n \psi)}{\delta_n} = \frac{-9,81 \cdot 1,5 \cdot 0,01}{1,4} = -0,105 \text{ м/с},$$

где $\delta_n = 1 + \delta_I (G_d / G) = 1 + 0,4 \cdot 1 = 1,4$.

Путь, пройденный автомобилем за время переключения передач:

$$S_{II} = \tau_n \cdot (v_n - 0,5 \cdot \Delta v) = 1,5 \cdot (2,13 - 0,5 \cdot (-0,105)) = 3,143 \text{ м},$$

где v_H - скорость автомобиля в момент переключения данной передачи.

Полный путь разгона находится как:

$$S_p = \sum_{i=1}^z \Delta S + \sum_{j=1}^n S_{\pi} = 354,08 + 72,5 = 426,58 \text{ м}$$

Остальные расчеты приведены в Таблице 5.9 и Таблице 5.10.

Таблица 5.9.

I передача ($\Delta V=-0,105, S_{\pi}=3,27$)					V передача ($\Delta V=-0,137, S_{\pi}=30,45$)				
V, м/с	j, м ² /с	j _{ср} , м ² /с	Δt , с	ΔS , м	V, м/с	j, м ² /с	j _{ср} , м ² /с	Δt , с	ΔS , м
0,776	3,127	1,001	0,45	0,45	13,084	1,230	1,205	1,012	13,865
1,226	4,236	4,228	0,106	0,154	14,304	1,18	1,160	1,052	15,686
1,676	4,220	4,100	0,110	0,209	15,524	1,14	1,115	1,094	17,654
2,126	3,980				16,744	1,09	1,065	1,146	19,880
II передача ($\Delta V=-0,105, S_{\pi}=6,71$)					17,937	1,04	0,995	2,277	43,484
2,021	3,440	3,685	0,326	0,853	20,230	0,95			
3,221	3,930	3,735	0,321	0,1227	VI передача				
4,421	3,540	3,435	0,172	0,809	20,093	0,8	0,765	3,386	72,413
5,010	3,330				22,683	0,73	0,665	5,288	129,252
III передача ($\Delta V=-0,105, S_{\pi}=12,23$)					26,200	0,6			
4,905	2,98	2,89	0,467	2,607					
6,255	2,8	2,64	0,699	5,016					
8,100	2,48								
IV передача ($\Delta V=-0,115, S_{\pi}=19,89$)									
7,995	1,95	1,92	0,583	4,990					
9,115	1,89	1,855	0,604	5,841					
10,235	1,82	1,775	0,631	6,811					
11,355	1,73	1,660	1,112	13,647					
13,200	1,59								

Таблице 5.10.

V, м/с	0	0,776	1,226	1,676	2,126	2,021	3,221	4,421	4,905	6,255
τ , с	0	0	0,450	0,556	0,666	2,166	2,492	2,813	4,313	4,780
S, м	0	0	0,450	0,604	0,813	4,080	4,934	6,161	12,871	15,477
V, м/с	8,100	7,995	9,115	10,235	11,355	13,200	13,084	14,304	15,524	16,744
τ , с	5,479	6,979	7,562	8,166	8,797	9,908	11,408	12,421	13,473	14,567
S, м	20,494	32,723	37,713	43,554	50,366	64,012	83,899	97,764	113,450	131,103
V, м/с	17,964	20,230	20,093	22,683	26,200					
τ , с	15,712	17,989	19,489	22,875	28,163					
S, м	150,98	194,47	224,92	297,33	426,58					

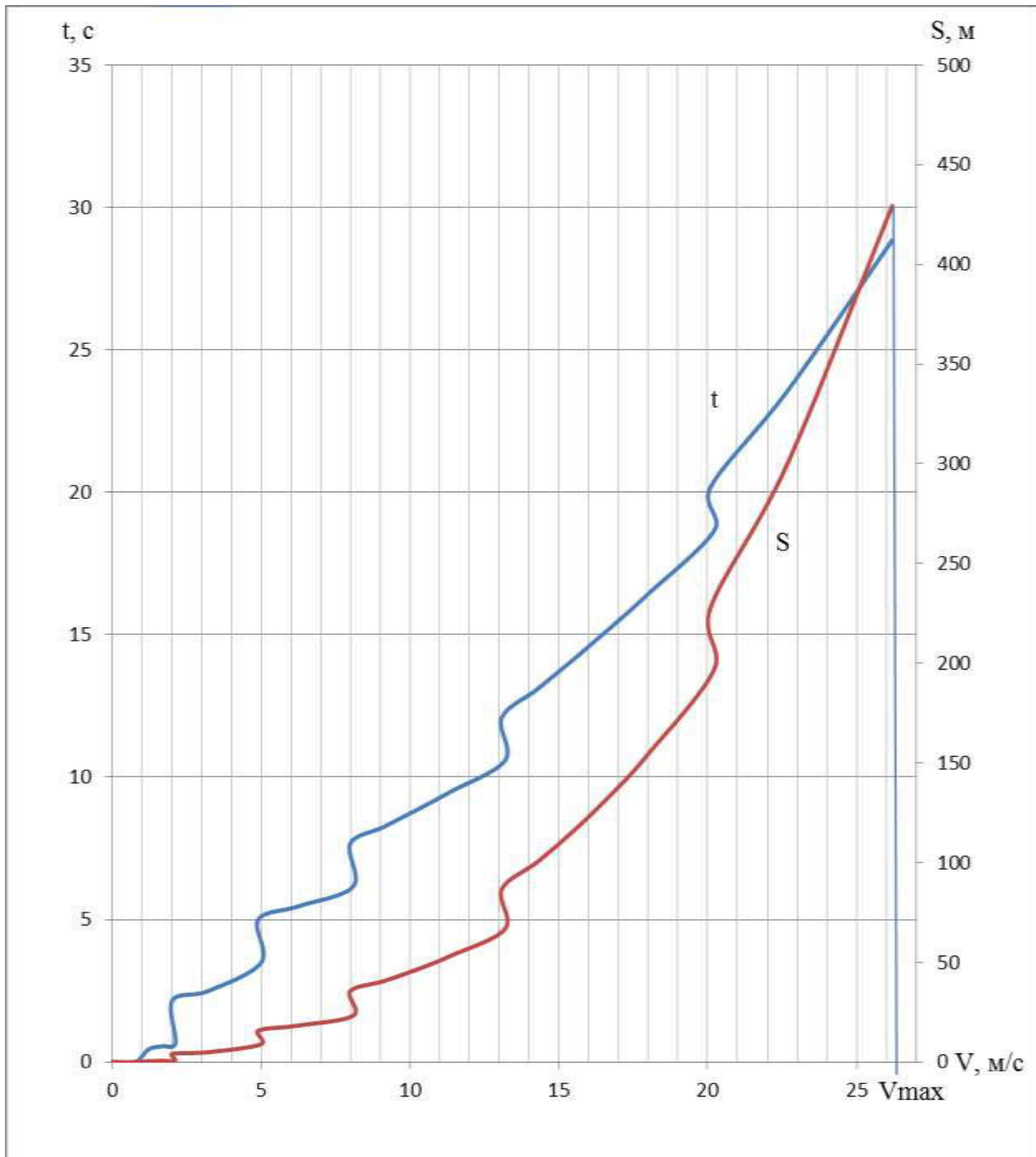


Рис.5.6. График полного времени и пути разгона

Заключение

Автомобиль КАМАЗ-5490 при заданных условиях движения ($V_0=0$, $\alpha_d=0$, поверхность дороги асфальт в удовлетворительном состоянии) достигает максимальной скорости на 6 передаче равной $V_{max} = 26,2 \text{ м/с}$ ($94,32 \text{ км/ч}$), за $\tau_p = 28,163 \text{ с}$ проходит путь равный $S_p = 427 \text{ м}$. Скорость равную 100 км/ч автомобиль не достигает.

6. Конструкторская часть

6.1 Патентный поиск

Патентный поиск необходим при разработке новой конструкции какой-либо детали или агрегата. Патентный поиск позволяет оценить шансы патентования объекта интеллектуальной собственности, оценить работы, позволяет установить новизну изобретения. Патентный поиск необходим - как для тех, кто желает получить патент, так и для тех, кто хочет использовать уже запатентованное изобретение.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ  ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ	(19) RU (11) 2 388 950 (13) C2 (51) МПК <i>F16F 15/173</i> (2006.01)
(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ	
(21), (22) Заявка: 2007111911/11, 31.08.2005 (24) Дата начала отсчета срока действия патента: 31.08.2005 (30) Конвенционный приоритет: 13.07.2005 DE 10 2005 032 639.0 (43) Дата публикации заявки: 10.10.2008 (45) Опубликовано: 10.05.2010 Бюл. № 13 (56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2225955 C2, 20.03.2004. US 5445049 A, 29.08.1995. US 5979390 A, 09.11.1999. GB 1357200 A, 19.06.1974. US 3512612 A, 19.05.1970. (85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 02.04.2007 (86) Заявка РСТ: EP 2005/009374 (31.08.2005) (87) Публикация РСТ: WO 2006/024515 (09.03.2006) Адрес для переписки: 103735, Москва, ул.Ильинка, 5/2, ООО "Союзпатент", А.А.Силаевой	(72) Автор(ы): КИНЕР Вольфганг (DE) (73) Патентообладатель(и): ХАССЕ УНД ВРЕДЕ ГМБХ (DE)

1)

1. **Патент на изобретение №:2238451**

(Патент RU 2238451):

F16D13/75 - отличия, относящиеся к регулировке, например приспособления для регулировки зазора

Авторы патента: МАУХЕР Пауль (DE)

Владельцы патента: ЛУК ЛАМЕЛЛЕН УНД КУППЛЮНГСБАУ ГМБХ (DE)

Изобретение относится к области транспортного машиностроения и предназначено для передачи крутящего момента между валами с возможностью плавного включения и выключения потока мощности. Новым в устройстве фрикционной муфты с автоматической компенсацией износа является то, что по периметру нажимной пластины предусмотрены чувствительные элементы или датчик износа, который через соответствующую обращенную радиально внутрь зону воздействует на подвижный орган компенсации износа регулировочного устройства. Датчик зазора установлен в нажимной пластине параллельно оси вращения, имеет возможность фиксироваться трением и взаимодействует с осевым упором, неподвижным относительно корпуса муфты, ограничивающим его перемещение в направлении махового колеса. Регулировочное устройство в процессе расцепления, следующем в результате возникающего износа, осуществляет регулируемое увеличение расстояния между направленной радиально внутрь зоной датчика износа и нажимной пластиной. Диск сцепления имеет обкладочные пружинные элементы, которые во время процесса расцепления вызывают на части рабочего хода фрикционной муфты постепенное уменьшение момента, передаваемого от фрикционной муфты или диска сцепления. Техническим результатом является повышение технических характеристик и срока службы фрикционной муфты. 5 с. и 29 з.п. ф-лы, 37 ил.

Изобретение касается фрикционной муфты, в частности для автомобилей, с прижимной пластиной, которая без вращения, однако с возможностью ограниченного осевого смещения соединена с корпусом, причем между корпусом и прижимной пластиной действует, по крайней мере, одна сжимаемая прижимная пружина, которая нагружает прижимную пластину в направлении зажимаемого между последней и пластиной противодействия, как маховым колесом, диска сцепления.

Такого рода муфты стали известны, например, из выложенной заявки ФРГ №2460963, патента ФРГ №2441141 и 898531, а также опубликованной заявки ФРГ №1267916.

В основу данного изобретения положена задача улучшения таких фрикционных муфт относительно функционирования и срока службы. В частности, должны быть понижены необходимые для срабатывания такого рода фрикционных муфт силы и гарантироваться практически неизменная эпюра сил выключения на протяжении всего срока службы. Задачей является также упрощение изготовления и снижение его стоимости.

Согласно изобретению, это достигается тем, что имеется автоматически компенсирующее износ фрикционных обкладок диска муфты регулирующее приспособление, которое производит практически неизменное силовое нагружение прижимной пластины посредством прижимной пружины, а фрикционная муфта имеет исполнительные средства для сцепления и расцепления, а также предохранительное устройство, которое, по меньшей мере, на части рабочего пути исполнительных средств и/или пути распределения прижимной пластины производит постепенное уменьшение момента, передаваемого фрикционной муфтой соответствующим диском муфты. Посредством такого рода предохранительных устройств достигается равным образом то, что во время процесса включения фрикционной муфты и при начале зажима фрикционных обкладок между прижимной пластиной и пластиной противодавления происходит постепенный соответствующий прогрессивный рост передаваемого фрикционной муфтой момента.

2. *Патент на изобретение №:2548208*

(Патент RU 2548208):

F16D13/75 - отличия, относящиеся к регулировке

Авторы патента:

Халиуллин Ф.Х., Егоров Н.М., Колбин С.И.

Тороидальная пружина угловых деформаций

Изобретение относится к машиностроению, а именно к витым пружинам и может быть использовано в различных отраслях хозяйственной деятельности.

Технической задачей предлагаемого изобретения является приспособление пружины к работе в положении изгиба для наиболее эффективного использования рабочих свойств пружины, то есть равномерное распределение нагрузки на витки пружины, и сохранение несущей способности пружины во время ее работы.

Технический результат достигается тем, что тороидальная пружина угловых деформаций выполнена из прута переменного диаметра, а сама пружина имеет такую форму, при которой угловая нагрузка действует на пружину в направлении оси пружины. Указанная совокупность позволяет

использовать пружину в положении изгиба, устраняя дополнительные нагрузки и не теряя при этом ее упругих свойств.

На фиг. 1 изображен вид прута из которого состоит пружина. Данный прут имеет переменный диаметр сечения $D_{\max}$ и $d_{\min}$ соответственно максимальный и минимальный диаметры сечения прута. Промежуточные значения диаметров равномерно меняются от минимального диаметра к максимальному, образуя тем самым «волнообразную» поверхность прута

На фиг. 2 изображено сечение пружины в свободном состоянии. Пружина имеет форму части тора, с осью в виде дуги. Навивку пружины производят таким образом, чтобы участки прута с наибольшим диаметром сечения находились на наружном радиусе изгиба пружины, а участки с наименьшим диаметром, во внутреннем радиусе.

Тороидальная пружина угловых деформаций работает следующим образом. Под действием угловой силы пружина начинает сжиматься. Нагрузка на витки распределяется равномерно, поэтому витки замыкаются одновременно. Все это происходит за счет того, что нагрузка действует параллельно оси пружины, которая имеет вид дуги, а значит предлагаемая пружина наиболее приспособлена для восприятия угловых деформаций.

4. Патент №161500 Ведомый диск Сцепления

Патент RU 161500

Авторы патента:

Халиуллин Фарит Ханафиевич, Абдуллин Айрат Лесталевич, Егоров Николайц Михайцлович

Ведомый диск сцепления, содержащий фрикционные накладки, ступицу с фланцем, пружины, отличающийся тем, что пружины имеют тороидальную форму с осью в виде дуги и выполнены из прута с переменным диаметром сечения, навитым таким образом, что участки прута с наибольшим диаметром сечения находятся на наружном радиусе изгиба пружины, а участки с наименьшим диаметром сечения – на внутреннем радиусе

7. Технологическая часть.

7.1 Введение.

Целью представленной технологической части работы являлось проектирование техпроцесса изготовления детали «втулка клапана». В результате был разработан техпроцесс, состоящий из смеси операций, к которому приведены расчёты режимов резания, припусков, дано описание станочного оборудования, приведены расчеты нормирования труда.

Анализ назначения детали и ее технологичность.

По функциональному назначению втулка является направляющей клапана в поршневом двигателе внутреннего сгорания.

Материалом втулки клапана служит серый чугун СЧ15, что обеспечивает износостойкость детали даже при работе на повышенных температурах.

Достоинством выбора этого материала для детали является легкость обработки деталей из данного материала, и относительная дешевизна самого материала.

Анализ технологичности детали, произведенной с позиций стандартизации и унификации элементов детали, показал, что установлено соответствие стандартам резьбовых соединений и соответствие размеров детали нормальному ряду чисел и допустимых отклонений от размеров ГОСТов. Наличие унифицированных элементов и параметров детали значительно сокращает потребную номенклатуру режущего и мерильного инструментов, а в ряде случаев и приспособлений.

7.2 Анализ рабочего чертежа детали.

Анализ рабочего чертежа детали позволил определить конструкторские требования на точность размеров и шероховатость поверхности детали, что в свою очередь позволило рассчитать количество необходимых этапов каждого вида обработки, для получения соответствующей точности.

Так было получено, что для выхода на требуемую шероховатость поверхности отдельных элементов детали надо произвести три ступени токарной обработки на двух поверхностях.

7.3 Назначение припусков и расчет размерных цепей.

Назначение припусков и расчет размерных цепей это – этап технологической части дипломного проекта, который позволяет определить размеры отдельных элементов детали на каждом этапе ее обработки от заготовки к конечной детали. Знание данных параметров на этапах обработки

позволяет нам правильно подобрать необходимый инструмент, верно назначить режим резания и определить время на выполнение данной операции. Кроме того, для получения детали нам прежде всего надо знать размеры самой заготовки, без которых она не может быть получена.

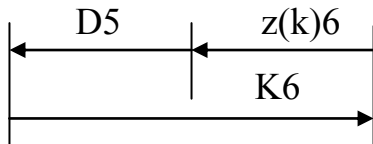
Назначение припусков производится путем анализа конструкторских требований на точность размеров детали и шероховатость поверхности по рабочему чертежу детали.

Назначение припусков и расчет размерных цепей в данном курсовом проекте были проведены в соответствии с рекомендациями.

Назначение припусков и расчет размерных цепей возможны только после построения плана выполнения операций, в котором указывается последовательность обработки детали от заготовительной операции 000 к конечному получению детали и ее контролю в операции 035. Кроме того, для облегчения выполнения расчетов размерных цепей составляется ЭСП (эскиз совмещенных переходов), по которому легко выявить и рассчитать необходимые размерные цепи.

Расчет размерных цепей:

Диаметральные размеры.

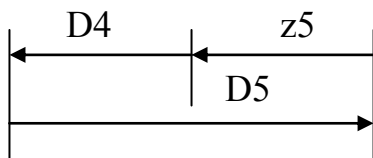


$$K6 = D5 + z(k)6.$$

$$K6 = 7,1H^{+0,008} \text{ мм} - \text{конструкторский размер.}$$

$$z(k)6 = 0,05 - \text{припуск.}$$

$$D5 = K6 - z(k)6 = 7,1 - 0,05 = 7,05 \text{ мм.}$$

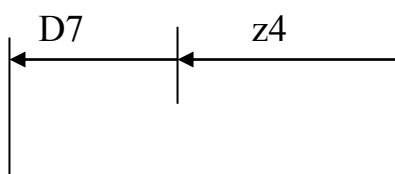


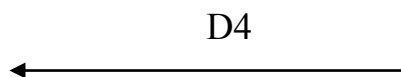
$$D5 = D4 + z5.$$

$$D5 = 7,05 \text{ мм.}$$

$$Z5 = 0,2 \text{ мм} - \text{припуск.}$$

$$D4 = D5 - z5 = 7,05 - 0,2 = 6,85 \text{ мм.}$$



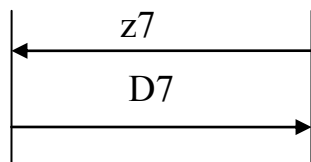


$$D4 = D7 + z4.$$

$$D4 = 6,85 \text{ мм.}$$

$$Z4 = 0,8 \text{ мм} - \text{припуск.}$$

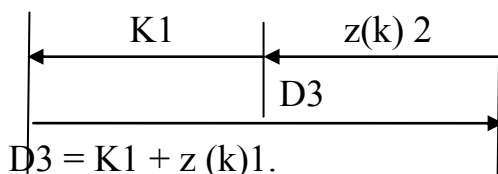
$$D7 = D4 - z4 = 6,85 - 0,8 = 6,05 \text{ мм.}$$



$$D7 = z7.$$

$$D7 = 6,05 \text{ мм.}$$

$$Z7 = 6,05 \text{ мм} - \text{напуск.}$$

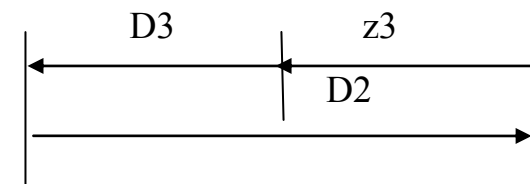


$$D3 = K1 + z(k)1.$$

$$K1 = 12,4 \text{ Н}^{-0,018} \text{ мм} - \text{конструкторский размер.}$$

$$Z(k)1 = 0,15 \text{ мм} - \text{припуск.}$$

$$D3 = K1 + z(k)1 = 12,4 + 0,15 = 12,55 \text{ мм.}$$

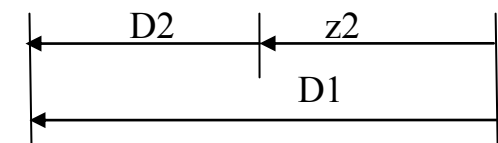


$$D2 = D3 + z3.$$

$$D3 = 12,55 \text{ мм.}$$

$$Z3 = 9,3 \text{ мм} - \text{припуск.}$$

$$D2 = D3 + z3 = 12,55 + 0,3 = 12,85 \text{ мм.}$$

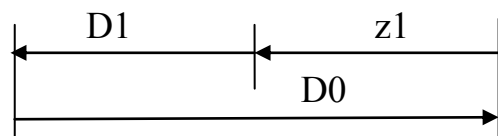


$$D1 = D2 + z2.$$

$$D2 = 12,85 \text{ мм.}$$

$Z2 = 0,5$ мм – припуск.

$$D1 = D2 + z2 = 12,85 + 0,5 = 13,35 \text{ мм.}$$



$$D0 = D1 + z1.$$

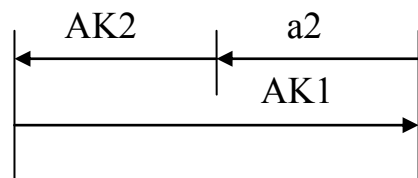
$$D1 = 13,35 \text{ мм.}$$

$z1 = 1,3$ мм – припуск.

$$D0 = D1 + z1 = 13,35 \text{ мм} + 1,3 = 14,65 \text{ мм.}$$

Расчет размерных цепей.

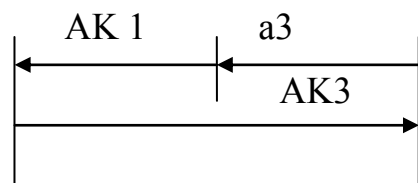
Линейные размеры.



$a2 = 0,6$ мм – припуск.

$AK2 = 48$ мм – конструкторский размер.

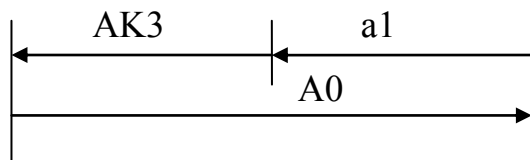
$$AK1 = a2 + AK2 = 0,6 + 48 = 48,6 \text{ мм.}$$



$a3 = 0,6$ мм – припуск.

$$AK1 = 48,6 \text{ мм.}$$

$$AK3 = AK1 + a3 = 48,6 + 0,6 = 49,2 \text{ мм.}$$



$a1 = 0,2$ мм – припуск.

$$AK3 = 49,2 \text{ мм.}$$

$$AO = AK3 + a1 = 49,2 + 0,2 = 49,4 \text{ мм.}$$

7.4 Выбор станков.

Выбор станков в первую очередь обуславливается видами операций, которые они могут выполнять. А уже потом определяющим фактором становится его технические характеристики. Станки выбирались по справочнику. Для сложной 005 операции был выбран станок токарно – револьверный 1В340Ф30 ($N_{e_{ст}} = 1,7$ кВт).

Таблица 7.1

Основные технические характеристики		Модель
		1В340Ф30
Максимальный диаметр обрабатываемого изделия, мм	над статиной	250
	над суппортом	80
Максимальный диаметр обрабатываемого прутка, мм		16
Максимальная длина обрабатываемого изделия, мм		300
Число позиций (инструментов) револьверной головки, мм		16
Диаметр отверстия револьверной головки для крепления инструмента, мм		20
Число оборотов шпинделя в минуту, об/мин		100; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1600; 2000; 4000
Подача, мм/об	продольная	0,04 – 0,4
	поперечная	0,04 – 0,4
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт		1,7
Габаритные размеры, L x B, м		3,6 x 0,75

Для последующих операций был выбран станок токарный САК3665id.

Таблица 7.2

Наименование показателей	Показатели
--------------------------	------------

Наибольший диаметр обрабатываемой детали, в мм :	40
прутка	40
заготовки в патроне	400
Пределы частоты вращения шпинделя, об/мин	60 - 4000
Пределы подач револьверной головка, об/мин	
продольных	0,05 – 1,6
круговых	0,03 – 0,48
Число гнезд в револьверной головке	
Мощность электродвигателя главного	16
движения, кВт	4,5

7.5 Расчет режимов резания.

Расчет режимов резания по операциям 005, переход 2й.

Для начала выберем режущий инструмент – сверло спиральное.

Материал обрабатываемой поверхности – серый чугун СЧ15. Для обработки данного материала инструмент выберем по справочнику.

Расчет режимов резания будем проводить так же по этому справочнику.

Диаметр сверла $D = 6,05$ мм.

Поскольку надо просверлить 49 мм, то сверление будет идти за три захода:

1й на 29мм;

2й на 10мм;

3й на 10мм.

1. Глубина точения: $t = 6,05/2 = 3,025\text{мм}$.

2. 2я группа подач: $S_T=0,08$ мм/об.

Выполним корректировку, задаваясь табличными поправочными коэффициентами.

$$K_{sj} = \Pi K_j$$

условия обработки:

глубина 1 = 48мм – 0,6.

Жесткость технологической системы – 0,75.

Материал инструмента (быстрорежущая сталь) - 1.

Тип отверстия – 0,5.

Материал заготовки – 2.

$$K_{si} = 0,6 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 2 = 0,27.$$

Тогда $S_i = 0,08 \times 0,27 = 0,036 \text{ мм / об } S_j$.

Выбор стойкости резца:

$$V = 52 \text{ м/мин.}$$

Выполним корректировку.

Условия обработки:

Материал заготовки (СЧ15) – 1,42.

Материал инструмента – 1,15.

Тип отверстия – 1.

СОЖ – 1.

Стойкость инструмента – 1.

Глубина сверления – 0,75.

$$K_{si} = 1,42 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 1,22,$$

Тогда $V_t = 52 \times 1,22 = 63,44 \text{ м / мин.}$

3. Расчет частоты вращения заготовки.

$$N = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D_3) = 1000 \cdot 63,44 / (3,14 \cdot 6,05) = 3340 \text{ – об/мин.}$$

Учитывая стандартный ряд частот станка : 100; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1600; 2000; 4000

Выбираем ближайшую минимальную частоту: 4000 об/мин.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = 3,14 \times D_3 \times n_{cm} / 1000 = 3,14 \times 6,05 \times 4000 / 1000 = 76 \text{ м/мин.}$$

4. Расчет основного времени.

$$\tau_0 = (L_1 + L + L_2) / (S \cdot n).$$

L_1 и L_2 - величины врезания и перебега резца.

$$L_2 = 0.$$

$$L_1 = 2 \text{ мм.}$$

$$L = 23 _ 2 + 2 _ 10 + 10 = 76 \text{ мм.}$$

$$\tau_0 = (2 + 76) / (0,036 \cdot 4000) = 0,541 \text{ мин.}$$

5. Расчет момента.

$$M_{e\delta} = 10 \cdot C_i \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{\delta},$$

$$C_m = 0,021.$$

$$q = 2.$$

$$y = 0,8.$$

$$K_p = K_{pm} = (HB / 190)^n = (150 / 190)^1 = 0,78$$

$$HB = 150.$$

$$N = 0,6/0,6 = 1$$

$$M_{кр} = 10 \times 0,021 \times 6,05^2 \times 0,08^{0,8} \times 0,78 = 0,795 H \times m.$$

6. Расчет мощности резания.

$$Ne = M_{кр} \times N / (9750) = 0,795 \times 4000 / 9750 = 0,33 \text{ кВт}.$$

Что удовлетворяет требованиям станка ($Ne_{ст} = 1,7 \text{ кВт}$).

Расчет режимов резания по операции 0005, переход 4й.

Для начала выберем режущий инструмент – развертка.

Материал обрабатываемой поверхности – серый чугун СЧ15. Для обработки данного материала инструмент (материал Р6М5) выберем по справочнику.

Расчет режимов будем проводить так же по этому справочнику.

Диаметр развертки $D = 6,85 \text{ мм}$.

1. Глубина точения: $t = 0,2/2 = 0,1 \text{ мм}$.

2. 1я группа подач: $S_T - 0,8 \text{ мм/об}$, при $R_a = 2,5$

Выполним корректировку, задаваясь табличным поправочными коэффициентами.

$$K_{sj} = \Pi K_j$$

Условия обработки:

Тип отверстия – 0,5.

Материал заготовки – 2.

$$K_{si} = 0,5 \cdot 2 = 1$$

Тогда $S_i = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ мм/об}$.

3. Выбор стойкости резца:

$$V = 12,5 \text{ м/мин}.$$

Выполним корректировку.

Условия обработки:

Материал заготовки (СЧ15) – 1,42.

Материал инструмента – 1.

СОЖ – 1.

$$K_{si} = 1,42 \cdot 1 \cdot 1 = 1,42.$$

Тогда $V_T = 12,5 \cdot 1,42 = 17,75 \text{ м/мин}$.

4. Расчет частоты вращения заготовки.

$$N = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D_3) = 1000 \cdot 17,75 / (3,14 \cdot 6,85) = 825 \text{ об/мин}.$$

Учитывая стандартный ряд частот станка: 100; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1600; 2000; 4000

Выберем ближайшую минимальную частоту: 800 об/мин.

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = 3,14 \times D_3 \times n_{cm} / 1000 = 3,14 \times 6,85800 / 1000 = 17,2 \text{ м/мин.}$$

Расчет основного времени.

$$\tau_0 = (L_1 + L + L_2) / (S \cdot n),$$

L_1 и L_2 - величины врезания и перебега резца.

$$L_2 = 0$$

$$L_2 = 2 \text{ мм.}$$

$$L = 48 \text{ мм.}$$

$$\tau_0 = (2 + 48) / (0,8 \cdot 800) = 0,078 \text{ мин.}$$

5. Расчет момента.

$$M_{кр} = 10 \times C_m \times D^q \times s^y \times K_p,$$

$$q = 2$$

$$y = 0,8$$

$$K_p = K_{pm} = (HB / 190)^n = (150 / 190)^1 = 0,78$$

$$HB = 150.$$

$$n = 0,6 / 0,6 = 1$$

$$M_{ед} = 10 \cdot 0,005 \cdot 6,85^2 \cdot 0,8^{0,8} \cdot 0,78 = 1,53. \text{ Н м.}$$

6. Расчет мощности резания.

$$Ne = M_{кр} \times N / (9750) = 1,53 \times 800 / 9750 = 0,125 \text{ кВт.}$$

Что удовлетворяет требованиям станка ($Ne_{ст} = 1,7 \text{ кВт}$).

Расчет режимов резания точения получистого по операции 010.

Для начала выберем режущий инструмент – резец.

Материал обрабатываемой поверхности – серый чугун СЧ15. Для обработки данного материала инструмент (материал ВК6) выберем по справочнику.

Расчет режимов резания будет проводить так же по этому справочнику.

Диаметр $D = 13,35 \text{ мм.}$

1. Глубина точения: $t = 0,5 / 2 = 0,25 \text{ мм.}$

2. 1я группа подач: $S_T = 0,13 \text{ мм/об, при } R_a = 3,2.$

Выполним корректировку, задаваясь табличными поправочными коэффициентами.

$$K_{sj} = PK_j$$

Условия обработки:

Поверхность -1.

Инструмент -1.

ТО – 0,8.

Форма поверхности - 0,85.

Жесткость системы – 0,45.

Материал заготовки – 1,25.

$$K_{st} = 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,45 \cdot 1,25 = 0,3825.$$

$$\text{Тогда } S_i = 0,13 \cdot 0,3825 = 0,049 \text{ мм/об.}$$

3. Выбор стойкости резца:

$$V = 200 \text{ м/мин}$$

Выполним корректировку.

Условия обработки: материал заготовки (СЧ15) – 1,42.

Материал инструмента – 1.

Вид точения -1,5

Главный угол в плане 45 град – 1.

Состояние поверхности -1.

СОЖ – 1,2.

$$K_{st} = 1,42 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,556,$$

$$\text{Тогда } V_r = 200 \cdot 2,556 = 511 \text{ м/мин.}$$

4. Расчет частоты вращения заготовки.

$$N = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D_3) = 1000 \cdot 511 / (3,14 \cdot 13,35) = 12190 \text{ об/мин.}$$

Учитывая стандартный ряд частот станка: 100; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1600; 2000; 4000

Выбираем ближайшую минимальную частоту: 4000 об/мин.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = 3,14 \times D_3 \times n_{cm} / 1000 = 3,14 \times 13,35 \times 4000 / 1000 = 168 \text{ м/мин.}$$

5. Расчет основного времени.

$$\tau_0 = (L_1 + L + L_2) / (S \cdot n)$$

L_1 и L_2 – величины врезания и перебега резца.

$$L_2 = 0.$$

$$L = 25 \text{ м.}$$

$$\tau_0 = (2 + 25) / (0,049 \cdot 4000) = 0,1377 \text{ мин.}$$

6. Расчет момента.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p,$$

$$C_p = 300$$

$$x = 1$$

$$n = -0,15$$

$$y = 0,75$$

$$t = 2 \text{ мм}$$

$$K_p = 1,08 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot K_{di} = 0,78 \cdot 1,004 = 0,783,$$

Главный угол 10 град -1.

Угол наклона главного лезвия 5 град – 1.

Радиус при вершине 1 мм – 0,93

$$K_p = (HB/190)^n = (150/190)^1 = 0.78$$

$$HB = 150$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,049^{0,75} \cdot 168^{-0,15} \cdot 0,783 = 229 \text{ Н.}$$

7. Расчет мощности резания.

$$N_t = P_z \cdot v / (1020 \cdot 60) = 229 \cdot 168 / (1020 \cdot 60) = 0,628 \text{ кВт.}$$

Что удовлетворяет требованиям станка ($N_{e \text{ ст}} = 4,5 \text{ кВт}$).

Расчет режима резания по операции 005, переход 9й.

Для начала выберем режущий инструмент – резец отрезной.

Материал обрабатываемой поверхности – серый чугун СЧ15. Для обработки данного материала инструмент(материал ВК6) выберем по справочнику, ширина резца 3мм.

Расчет режимов резания будем проводить так же по этому справочнику.

$$\text{Диаметр } D = 14,65 \text{ мм.}$$

$$1. \text{ Ширина точения: } t = 3.$$

$$2. \text{ Подача: } S_T = 0,11 \text{ мм/об.}$$

Выполним корректировку, задаваясь табличными поправочными коэффициентами.

$$K_{sj} = \Pi K_j$$

Условия обработки:

Поверхность -1.

Инструмент -1.

$$TO = 0,8.$$

$$\text{Форма поверхности} = 0,85.$$

$$\text{Жесткость системы} = 0,45.$$

Материал заготовки – 1,25.

$$K_{st} = 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,45 \cdot 1,25 = 0,3825,$$

Тогда $S_i = 0,11 \cdot 0,3825 = 0,042$ мм/об.

3.Выбор стойкости резца:

$$V = 152 \text{ м/мин.}$$

Выполним корректировку.

Условия обработки:

Материал заготовки (СЧ15) – 1,42.

Материал инструмента – 1.

Вид точения – 1,5.

Главный угол в плане 45 град – 1.

Состояние поверхности – 1.

СОЖ – 1,2

$$K_{st} = 1,42 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,556,$$

Тогда $V_T = 152 \cdot 2,556 = 338,5$ м/мин.

4.Расчет частоты вращения заготовки.

$$N = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D_3) = 1000 \cdot 338,5 / (3,14 \cdot 14,65) = 7360 \text{ об/мин.}$$

Учитывая стандартный ряд частот станка: 100; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1600; 2000; 4000

Выберем ближайшую минимальную частоту: 4000 об/мин.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = 3,14 \times D_3 \times n_{cm} / 1000 = 3,14 \times 14,65 \times 4000 / 1000 = 184 \text{ м/мин.}$$

5.Расчет основного времени.

$$\tau_0 = (L_1 + L + L_2) / (S \cdot n),$$

L_1 и L_2 – величины врезания и перебега резца.

$$L_2 = 0.$$

$$L_1 = 3 \text{ мм.}$$

$$L = 14,65 / 2 = 7,375 \text{ мм.}$$

$$\tau_0 = (3 + 7,375) / (0,042 \cdot 4000) = 0,0615 \text{ мин.}$$

6.Расчет момента.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p,$$

$$C_p = 247$$

$$x = 1$$

$$n = 0$$

$$y = 1$$

$$t = 3 \text{ мм}$$

$$K_p = 1,08 \times 1 \times 1 \times 0,93 \times K_{pm} = 0,78 \times 1,004 = 0,783 ;$$

Главный угол в плане 45 град – 1,08.

Передний угол 10 град - 1.

Угол наклона главного лезвия 5 град – 1.

$$K_{pm} = (HB/190)^n = (150/190)^1 = 0,78.$$

$$HB = 150$$

$$P_z = 10 \cdot 240 \cdot 3^1 \cdot 0,042^1 \cdot 184^0 \cdot 0,783 = 81,22 \text{ Н.}$$

7. Расчет мощности резания.

$$Ne = P_z \cdot v / (1020 \cdot 60) = 81 \cdot 184 / (1020 \cdot 60) = 0,24 \text{ кВт.}$$

Что удовлетворяет требованиям станка ($Ne_{ст} = 1,7 \text{ кВт}$).

Расчет режимов резания точения чистового по операции 015.

Для начала выберем режущий инструмент – резец.

Материал обрабатываемой поверхности – серый чугун СЧ15. Для обработки данного материала инструмент (материал ВК6) выберем по справочнику.

Расчет режимов резания будем проводить так же по этому справочнику.

Диаметр $D = 12,85 \text{ мм}$.

1. Глубина точения: $t = 0,3/2 = 0,15 \text{ мм}$.

2. Подача резца: $S_t = 0,08 \text{ мм/об}$, при $R_a = 1,6$.

Выполним корректировку, задаваясь табличными поправочными коэффициентами.

$$K_{sj} = \Pi K_j$$

Условия обработки:

Поверхность – 1.

Инструмент – 1.

ТО – 0,8.

Форма поверхности – 0,85.

Жесткость системы – 0,45.

Материал заготовки – 1,25.

$$K_{st} = 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,45 \cdot 1,25 = 0,3825,$$

Тогда $S_i = 0,08 \cdot 0,3825 = 0,0306 \text{ мм/об}$.

3. Выбор стойкости резца: $V = 200 \text{ м/мин}$.

Выполним корректировку.

Условия обработки.

Материал заготовки (СЧ15) – 1,42.

Материал инструмента – 1.

Вид точения – 1,5.

Главный угол в плане 45 град – 1.

Состояние поверхности – 1.

СОЖ – 1,2

$$K_{si} = 1,42 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,556,$$

$$\text{Тогда } V_T = 200 \cdot 2,556 = 511 \text{ м/мин.}$$

4.Расчет частоты вращения заготовки.

$$N = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D_3) = 1000 \cdot 511 / (3,14 \cdot 12,85) = 12664 \text{ об/мин.}$$

Учитывая стандартный ряд частот станка : 100; 160; 200; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1600; 2000; 4000

Выбираем ближайшую минимальную частоту: 4000об/мин.

Фактическая скорость резания

$$V_\phi = 3,14 \times D_3 \times n_{cm} / 1000 = 3,14 \times 12,85 \times 4000 / 1000 = 161,4 \text{ м/мин.}$$

5.Расчет основного времени.

$$\tau_0 = (L_1 + L + L_2) / (S \cdot n),$$

L_1 и L_2 – величины врезания и перебега резца.

$$L_2 = 0.$$

$$L_1 = 2 \text{ мм.}$$

$$L = 25 \text{ мм.}$$

$$\tau_0 = (2 + 25) / (0,0306 \cdot 4000) = 0,2205 \text{ мин.}$$

6.Расчет момента.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_{p^*},$$

$$C_p = 300$$

$$x = 1$$

$$n = - 0,15$$

$$y = 0,75.$$

$$t = 2 \text{ мм.}$$

$$K_p = 1,08 \times 1 \times 1 \times 0,87 \times K_{pm} = 0,939 \times 1,004 = 0,943.;$$

Главный угол в плане 45 град – 1,08.

Передний угол 10 град – 1.

Угол наклона главного лезвия 5 град – 1.

Радиус при вершине 0,5 мм – 0,87

$$K_{pm} = (HB / 190)^n = (150 / 190)^1 = 0,78$$

HB – 150

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,0306^{0,75} \cdot 161,4^{-0,15} \cdot 0,943 = 97 \text{ Н.}$$

7.Расчет мощности резания.

$$N_e = P_z \cdot v / (1020 \cdot 60) = 97 \cdot 161,4 / (1020 \cdot 60) = 0,256 \text{ кВт.}$$

Что удовлетворяет требованиям станка ($N_{e_{ст}}=4,5 \text{ кВт}$).

Техническое нормирование предусматривает определение нормы штучно – калькуляционного времени $T_{ш.к.}$, которое для любого вида производства деталей является функцией от штучного времени $T_{ш}$ - это время определяют по формуле:

$$T_{ш} = T_0 + T_n + T_{т.о.} + T_{орг.} + T_{отд.},$$

где:

T_0 – основное время, мин.

T_n – вспомогательное время, мин.

$T_{т.о.}$ – время технического обслуживания, мин.

$T_{орг.}$ – время организационного обслуживания рабочего места, мин.

$T_{отд.}$ – время на отдых, мин.

Сумма $T_0 + T_n$ называют оперативными временем $T_{оп.}$, которое учитывает время станочника на все приемы его работы, повторяемые в каждой операции;

Сумму $T_{т.о.} + T_{орг.} + T_{отд.}$ называют прибавочным временем $T_{пр.}$

Для определения основного времени необходимо знать размеры, которые участвуют в «образовании» данного перехода. Так нам всегда необходимо знать расчетную длину прохода L_p , которая определяется по формуле:

$$L_p = L_1 + L + L_{p2},$$

где:

L_1 – путь подхода инструмента (путь на врезание) к обрабатываемой поверхности детали, мм.

L_2 – путь пробега инструмента (путь выхода) за обработанную поверхность детали, мм.

L – расчетная длина обработки, мм.

Величины L_1 , L_2 определяют по справочным данным. Для этого был использован справочник (3).

При известной величине L_p основное время для многих видов обработки рассчитывается по формуле:

$$T_0$$

где:

i – число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя станка;

s – подача на один оборот шпинделя станка.

Время технического обслуживания исчисляют в процентах от основного времени, а время организационного обслуживания, время на отдых – в процентах от оперативного. Исходя из этого:

$$T_{\text{ш.м.}} = T_{\text{о.п.}} + T_{\text{о.}} \frac{\alpha}{100} + T_{\text{о.п.}} \frac{\beta + \gamma}{100}, \text{ мин.}$$

где:

α - процент от основного времени, выражающий время технического обслуживания рабочего времени;

β, γ - проценты от оперативного времени, выражающие соответственно время организационного обслуживания рабочего места и время на отдых.

Ориентировочно, в зависимости от типа и размера станка принимают для единичного и серийного производства:

$$\alpha = 1,0 \dots 3,5\% = 1\%$$

$$\beta = 0,8 \dots 2,5\% = 1\%$$

$$\gamma = 4 \dots 6\% = 4\%$$

Заключение

Итак, нами достигнута основная цель данной части работы, который являлось построение технологического процесса изготовления детали «втулка клапана».

В ходе работы был разработан технологический процесс, состоящий из семи операций.

В работе приведены все расчеты режимов резания, назначения припусков и расчеты размерных цепей с иллюстрированным пояснением, дано описание принципа выбора станочного оборудования, приведены расчеты нормирования труда.

8. Безопасность жизнедеятельности

8.1 Безопасность жизнедеятельности на производстве

Охрана труда — система законодательных актов, а также предупредительных и регламентирующих социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, средств и методов, направленных на обеспечение безопасных условий труда.

Непосредственно с темой данной работы связаны недостатки, относящиеся к эксплуатации мобильных машин (прежде всего тракторов и автомобилей). Наиболее распространенные опасные действия работников, приводящие к их травмированию при ремонте и техническом обслуживании сельскохозяйственных машин согласно исследований ВНИИОТ [ПОТ Р О-97300-11-97]:

- 1) Использование машин, оборудования, инструмента не по прямому назначению и в неисправном состоянии;
- 2) Несоблюдение требований инструкций по охране труда, технических описаний и инструкций по эксплуатации;
- 3) Перевозка ремонтных бригад к месту работы в кабинах тракторов, шасси, в которых заводом-изготовителем не предусмотрена установка дополнительного сидения для перевозки людей;
- 4) Перевозка ремонтных бригад в кузовах автомобилей, не оборудованных согласно требованиям действующих правил дорожного движения, шасси и тракторных прицепов;
- 5) Буксировка неисправных машин и машинно-тракторных агрегатов по искусственным сооружениям, не соответствующим требованиям строительных норм и правил;
- 6) работа без средств индивидуальной защиты или в специальной одежде, не соответствующей требованиям инструкций по охране труда;
- 7) работа на высоте без предохранительного пояса или организации страховки;
- 8) Выполнение работ при неблагоприятных атмосферных условиях (гроза, ураган, град и т.п.);

- 9) Выполнение работ в состоянии алкогольного или наркотического опьянения;
- 10) Отдых ремонтных бригад в неустановленных местах;
- 11) Работа или нахождение под поднятыми грузом, платформой, рабочим органом и др.;
- 12) Проведение разгерметизации гидросистем механизмов подъема грузовых платформ, сельскохозяйственных орудий и др. без установки под ними прочных опорных страховочных конструкций;
- 13) Устранение технических отказов при работающем двигателе;
- 14) Использование случайных предметов в качестве опор и подставок во время ремонта машин и оборудования.

8.2 Основные мероприятия для улучшения охраны труда при работе на технике

В рамках данного раздела будут освещены только те мероприятия, которые непосредственно влияют на уровень охраны труда при работе на тракторе.

Трактора, автомобили, оборудование и другая сельскохозяйственная техника должны применяться только в тех технологических процессах, для которых они предназначены, в соответствии с паспортными характеристиками. В исключительных случаях они могут применяться на работах, которые изначально официально признаны безопасными [10].

На оборудовании должны использоваться технические средств защиты и устройства, предотвращающие или снижающих тяжесть последствий действия опасных и вредных производственных факторов.

Организация выполнения работ должна исключать или ограничивать физические и нервно-психические перегрузки работников, особенно при контроле за ходом протекания технологического процесса.

Запрещается работать на любом тракторном агрегате, если его топливная система неисправна. Любой тракторный агрегат должен быть оборудован

медицинской аптечкой, термосом для питьевой воды объемом не менее 3л, а также средствами пожаротушения.

Обязательно использование средств индивидуальной и коллективной защиты, предусмотренных инструкциями по технике безопасности для различных категорий сотрудников при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте тракторов и других мобильных машин.

В связи с повышенной опасностью отработавших газов (в частности, содержащихся там окисей азота и углерода), не допускается работа трактора в закрытом помещении.

Безопасность также должна достигаться профессиональным отбором, обучением работников, в том числе трактористов, проверкой их знаний и навыков безопасности труда в соответствии с требованиями ГОСТ 2.0.004.

8.3 Общие требования безопасности

1. К управлению и обслуживанию колесных тракторов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие специальную подготовку и получившие в установленном порядке удостоверение на право управления трактором.

1.2. Все вновь поступающие на работу работники, независимо от предыдущего трудового стажа и вида работ, допускаются к работе только после прохождения медицинского осмотра, вводного и первичного (на рабочем месте) инструктажей с росписью в журнале регистрации проводимых инструктажей по охране труда. В дальнейшем работники проходят повторные инструктажи и проверку знаний по охране труда не реже одного раза в три месяца и периодические медицинские осмотры в соответствии с приказом Минздрава РФ.

1.3. Закрепление лиц за определенной машиной должно оформляться приказом по цеху или предприятию.

1.4. Машинист должен знать Правила внутреннего распорядка предприятия и точно их выполнять.

1.5. Машинист должен работать в спецодежде, спецобуви, которую ему выдает администрация предприятия.

1.6. При движении колесных тракторов по дорогам общего пользования и лесовозным дорогам необходимо руководствоваться" Правилами дорожного движения" Российской Федерации.

Требования безопасности перед началом работы

2.1. Перед началом работы машинист-тракторист обязан проверить техническую исправность:

- ходовой части трактора и прицепного технологического оборудования;
- рулевого управления и тормозного устройства;
- приборов освещения и звукового сигнала.

2.2. Одеть спецодежду и средства индивидуальной защиты в предусмотренном порядке.

2.3. Полностью заправить трактор ГСМ, специальными и охлаждающими жидкостями.

2.4. Перед запуском двигателя проверить рычаги управления трактором и технологическим оборудованием и убедиться в том, что они находятся в нейтральном положении, а гидросистема отключена.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

4.1. При показаниях приборов, оповещающих о недостаточном давлении масла в двигателе или повышенной температуре охлаждающей жидкости, необходимо немедленно остановить машину и выключить двигатель. Далее принять меры к устранению выявленных неисправностей:

- после охлаждения двигателя измерить уровень масла, осмотреть систему маслопровода и устранить выявленные дефекты;

- открыть крышку радиатора без резкого ее откручивания, остерегаясь сильного выхода горячих паров (руки должны быть защищены рукавицами), и залить охлаждающую жидкость.

При необходимости устранения возникшей неисправности в процессе работы и проведения технического обслуживания тракторист-машинист обязан выключить двигатель машины.

4.2. При вынужденной остановке тягача на дороге (по причине неисправности) тракторист-машинист обязан выставить сзади трактора знак аварийной остановки и принять меры к устранению неисправности, а в необходимых случаях прибегнуть к помощи других водителей, и, если неисправность устранить не удалось, следовать в гараж с соблюдением мер предосторожности. В случаях, когда не работают тормоза, поврежден карданный вал, неисправно тягово-сцепное устройство, а также в случае съезда трактора с колеяного покрытия или в кювет и невозможности самостоятельно выехать тракторист-машинист должен довести об этом до сведения руководителя работ.

8.4 Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация(ЧС) — обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [37]. Под источником ЧС понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может произойти ЧС.

Главной задачей при обеспечении БЖ в ЧС является защита населения от современных средств поражения и последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, также функционирование народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.

В зоне ЧС проводятся аварийно-спасательные и другие неотложные работы (АСДНР) — совокупность первоочерёдных работ в зоне ЧС, направленных на спасение жизней и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также на локализацию зон ЧС и прекращение действия их поражающих факторов [13].

Своевременное выдвижение невоенизированных формирований в район ведения работ может быть достигнуто только при должном транспортном обеспечении. Силами транспортного обеспечения являются в том числе предприятия АПК.

Невоенизированные формирования первой и второй очереди доставляют в район ведения работ автомобильным транспортом, последующие — с использованием других видов транспорта.

При проведении АСДНР к технике предъявляются особые требования. Перед проведением таких работ необходимо провести очередное техническое обслуживание в полном объеме, необходимо провести тщательную герметизацию кабин тракторов и автомобилей.

8.5 Охрана здоровья и производственная гимнастика

Производственная гимнастика — это комплексы специальных упражнений, применяемых в режиме рабочего дня, чтобы повысить общую и профессиональную работоспособность, а также с целью профилактики и восстановления.

Видами (формами) производственной гимнастики являются: вводная гимнастика, физкультурная пауза, физкультурная минутка, микропауза активного Отдыха.

При построении комплексов упражнения необходимо учитывать:

- 1) рабочую позу (стоя или сидя), положение туловища (согнутое или прямое, свободное или напряженное);
- 2) рабочие движения (быстрые или медленные, амплитуда движения, их симметричность или асимметричность, однообразие или разнообразие, степень напряженности движений);
- 3) характер трудовой деятельности (нагрузка на органы чувств, психическая и нервно-мышечная нагрузка, сложность и интенсивность мыслительных процессов, эмоциональная нагрузка, необходимая точность и повторяемость движений, монотонность труда);
- 4) степень и характер усталости по субъективным показателям(рассеянное внимание, головная боль, ощущение болей в мышцах, раздражительность);
- 5) возможные отклонения в здоровье, требующие индивидуального подхода при составлении комплексов производственной гимнастики;
- 6) санитарно-гигиеническое состояние места занятий (обычно комплексы проводятся на рабочих местах).

Вводная гимнастика.

С нее рекомендуется начинать рабочий день. Она проводится до начала работы и состоит из 5—8 общеразвивающих и специальных упражнений продолжительностью 5—7 мин.

9. Охрана окружающей среды

В соответствии с требованиями Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ при осуществлении хозяйственной и иной деятельности должны предусматриваться мероприятия по охране окружающей среды, восстановлению природной среды, рациональному

использованию и воспроизводству природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности [38].

Деятельность любых предприятий должна осуществляться в соответствии с «Системой стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов», которая включает в себя следующие государственные стандарты и нормативные акты:

- 1) ГОСТ 17.0.0.01-76 "Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения".
- 2) ГОСТ 17.1.1.01-77* (СТ СЭВ 3544-82) " Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения"
- 3) ГОСТ 17.1.1.04-80 "Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования"
- 4) ГОСТ 17.2.1.01-76* " Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу"
- 5) ГОСТ 17.2.3.01-86 "Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов"
- 6) ГОСТ 17.2.3.02-78 "Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями"
- 7) ГОСТ Р ИСО 14004-98 "Системы управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования"
- 8) Законом РФ «Об охране атмосферного воздуха» № 96-ФЗ от 13.12.2005г.

9) Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изменениями на 22 августа 2004 года)

10) Водный кодекс Российской Федерации (в ред. Федеральных законов от 04.12.2006 N 201-ФЗ, от 19.06.2007 N 102-ФЗ, от 14.07.2008 N 118-ФЗ)

Кроме того, деятельность хозяйствующих субъектов регулируется республиканским законодательством. В частности Экологическим кодексом РТ от 15 января 2009 г. № 5–ЗРТ с изменениями от 12.05.2010 (Закон РТ № 20-ЗРТ «О внесении изменений в Экологический кодекс РТ от 15 января 2009 г. № 5–ЗРТ»).

Предлагаемая в работе конструкция – электрогидравлическая форсунка с двухзатворным управляющим клапаном – позволит несколько снизить удельный и часовой расход топлива мобильными машинами и энергосредствами за счет сокращения количества топлива, необходимого для управления форсункой, что приведет к сокращению потерь топлива, повышению мощности и в конечном итоге – к сокращению выбросов в атмосферу. Кроме того, общее внедрение системы Common Rail с такого рода форсунками позволит отечественной технике достичь мировых стандартов в области экологии.

10. Экономическое обоснование конструкции гасителя крутильных колебаний.

В качестве базы для сравнения выбрана конструкция по авторскому свидетельству № .

10.1 Расчет массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле [7]:

$$G_k = (G_c + G_r) \cdot K,$$

(10.1)

где G_c – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

G_r – масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

K – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов (для расчетов принимается $K=1,05 \dots 1,15$).

Таблица 10.1 – Расчет массы сконструированных деталей

Наименование деталей	Объем детали, см ³	Кол-во, шт	Масса, кг
Корпус	431	1	3,39
Крышка	148	1	1,2
Втулка	37	1	0,29
Маховик	558	1	4,38
Пластина	9	4	0,28
Пружина	1,2	8	0,032
Всего	1184,2	16	9,57

$$G_k = (9,57 + 0,13) \cdot 1,15 = 11,12 \text{ кг.}$$

Балансовая стоимость проектируемой установки определяется по формуле [7]:

$$C_b = [G_k \cdot (C_z \cdot E + C_m) + C_{pd}] \cdot K_{нац},$$

(10.2)

где G_k – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

C_z – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы конструкции, руб;

E – коэффициент измерения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска;

C_m – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб/кг;

C_{pd} – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб;

$K_{\text{нац}}$ - коэффициент, учитывающий отклонение преysкурантной цены от балансовой стоимости конструкции ($K_{\text{нац}}=1,15\dots1,5$).

$$C_6 = [9,57 \cdot (0,75 \cdot 1,8 + 12) + 7000] \cdot 1,5 = 10691,6 \text{ руб.}$$

10.2 Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

10.2.1 Исходные данные для расчета технико-экономических показателей

Таблица 10.2 – Исходные данные, сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемый	Базовый
Масса конструкции, кг	11,12	12
Балансовая стоимость, руб.	10691,6	13000
Потребная мощность, кВт	0,4	0,5
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка, руб/ч.	120	120
Норма амортизации, %	20	20
Норма затрат на ремонт ТО, %	5	5
Годовая загрузка конструкции, ч	2240	2240

С помощью этих данных рассчитываются технико-экономические показатели эффективности конструкции, и дается их сравнение.

Часовая производительность конструкции определяется по формуле [7]:

$$W_{\text{ч}} = \frac{60 \cdot t}{T_{\text{ц}}}, \quad (6.3)$$

где t – коэффициент использования рабочего времени смены ($t=0,6\dots0,9$);

$T_{\text{ц}}$ – время одного рабочего цикла, мин.

Время одного рабочего цикла находится из выражения:

$$T_{\text{ц}}^{\text{п}} = t_{\text{с}} \cdot n_{\text{вкл}}, \quad (10.4)$$

где $t_{\text{с}}$ – время срабатывания гасителя крутильных колебаний, с.;

$n_{\text{вкл}}$ – среднее количество включений гасителя ($n_{\text{вкл}}=120^{\text{вкл}}/\text{час}$).

$$T_{\text{ц}}^{\text{п}} = 1,5 \cdot 120 = 180 \text{ сек} = 3 \text{ мин.};$$

$$T_{\text{ц}}^{\text{с}} = 2 \cdot 120 = 240 \text{ сек} = 4 \text{ мин.};$$

$$W_q^n = \frac{60 \cdot 0,9}{3} = 18 \text{ мин} = 0,3 \text{ час}$$

$$W_q^\delta = \frac{60 \cdot 0,9}{4} = 13,5 \text{ мин} = 0,225 \text{ час}$$

Как видно из расчета величины W_q^n , в результате работы проектируемого стояночного тормозного привода – за 120 включений его время работы составляет 0,3 часа.

Энергоемкость процесса определяется из выражения [7]:

$$\mathfrak{E}_e = \frac{N_e}{W_q}, \quad (10.5)$$

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

W_q – время работы гасителя крутильных колебаний, час.

$$\mathfrak{E}_e^n = \frac{0,4}{0,3} = 1,33 \text{ кВт} / \text{ед.};$$

$$\mathfrak{E}_e^\delta = \frac{0,5}{0,225} = 2,22 \text{ кВт} / \text{ед.}$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_q \times T_{год} \times T_{сл}}, \quad (10.6)$$

где G – масса конструкции, кг;

$T_{год}$ – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{сл}$ – срок службы конструкции, лет.

$$M_e^n = \frac{11,12}{0,3 \cdot 2240 \cdot 5} = 0,003 \text{ кг} / \text{ед.},$$

$$M_e^\delta = \frac{12}{0,225 \cdot 2240 \cdot 5} = 0,004 \text{ кг} / \text{ед.}$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле [7]:

$$F_e = \frac{C_\delta}{W_q \cdot T_{год}}, \quad (10.7)$$

где C_δ – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_e^n = \frac{10691,6}{0,3 \cdot 2240} = 15,9 \text{ руб} / \text{ед.}$$

$$F_e^\delta = \frac{13000}{0,225 \cdot 2240} = 25,8 \text{ руб} / \text{ед.}$$

Трудоемкость процесса определяется по формуле:

$$T_e = \frac{n_p}{W_q}, \quad (10.8)$$

где n_p – количество обслуживающего персонала, чел.

$$T_e^n = \frac{1}{0,3} = 3,33 \text{ чел.час / ед.}$$

$$T_e^b = \frac{1}{0,225} = 4,44 \text{ чел.час / ед.}$$

Себестоимость работ определяется по формуле:

$$S = C_{\text{зн}} + C_{\text{э}} + C_{\text{пто}} + A, \quad (10.9)$$

Затраты на заработную плату определяем по формуле:

$$C_{\text{зн}} = Z_{\text{ч}} \cdot T_e, \quad (10.10)$$

где $Z_{\text{ч}}$ – средняя часовая тарифная ставка, руб/час.

$$C_{\text{зн}}^n = 120 \cdot 3,33 = 399 \text{ руб./ед.},$$

$$C_{\text{зн}}^b = 120 \cdot 4,44 = 532,8 \text{ руб./ед.},$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле [7]:

$$C_{\text{э}} = \Pi_{\text{э}} \cdot \Delta_e, \quad (10.11)$$

где $\Pi_{\text{э}}$ – комплексная цена электроэнергии, руб/кВт;

$$C_{\text{э}}^n = 2,95 \cdot 1,33 = 3,92 \text{ руб/ед.};$$

$$C_{\text{э}}^b = 2,95 \cdot 2,22 = 6,55 \text{ руб/ед.};$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/ед:

$$C_{\text{пто}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot H_{\text{пто}}}{100 \cdot W_q \cdot T_{\text{год}}}, \quad (10.12)$$

где $H_{\text{пто}}$ – суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %

$$C_{\text{пто}}^n = \frac{10691,6 \cdot 5}{100 \cdot 0,3 \cdot 2240} = 0,79 \text{ руб / ед.};$$

$$C_{\text{пто}}^b = \frac{13000 \cdot 5}{100 \cdot 0,225 \cdot 2240} = 1,29 \text{ руб / ед.};$$

Амортизационные отчисления определяют по формуле:

$$A = \frac{C_{\delta} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (10.13)$$

где a – норма амортизации, %;

$$A_n = \frac{10691,6 \cdot 20}{100 \cdot 0,3 \cdot 2240} = 3,18 \text{ руб/ед};$$

$$A_{\delta} = \frac{13000 \cdot 20}{100 \cdot 0,225 \cdot 2240} = 5,16 \text{ руб/ед};$$

Себестоимость работы определяется по формуле (6.9):

$$S_{\Pi} = 399 + 3,92 + 0,79 + 3,18 = 406,89 \text{ руб/ед};$$

$$S_{\delta} = 532,8 + 6,55 + 1,29 + 5,16 = 545,8 \text{ руб/ед}.$$

Приведенные затраты определяются по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_e, \quad (10.14)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений

($E_{\text{н}} = 0,15$);

F_e – фондоемкость процесса, руб/ед;

$$C_{\text{прив}}^n = 406,89 + 0,15 \cdot 15,9 = 409,28 \text{ руб/ед};$$

$$C_{\text{прив}}^{\delta} = 545,8 + 0,15 \cdot 25,8 = 549,67 \text{ руб/ед}.$$

Годовая экономия определяется по формуле [7]:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_{\delta} - S_{\Pi}) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (10.15)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (545,8 - 406,89) \cdot 0,3 \cdot 2240 = 93347,52 \text{ руб}.$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$E_{\text{год.эф.}} = \mathcal{E}_{\text{год.}} - E_{\text{н}} \cdot \Delta K, \quad (10.16)$$

где ΔK – дополнительные капитальные вложения, руб.

$$E_{\text{год.эф.}} = 93347,52 - 0,15 \cdot 15,9 = 93345,14$$

Срок окупаемости капиталовложений определяется из выражения:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{бп}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (10.17)$$

где $C_{\text{бп}}$ – балансовая стоимость спроектированной конструкции, руб.

$$T_{\text{ок}} = \frac{10691,6}{93347,52} = 0,11 \text{ года}.$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений определяется из выражения:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{\text{зод}}}{C_{\text{бн}}} ; \quad (10.18)$$

$$E_{эф} = \frac{93347,52}{10691,6} = 8,7 .$$

Таблица 10.3 – Сравнительные технико-экономические показатели

эффективности конструкций

№ пп	Наименование показателей	Проект	Базовый	Проект в % к базовому
1	Часовая производительность, вкл/ч.	0,3	0,225	133
2	Фондоемкость процесса, руб/ед	15,9	25,8	61
3	Энергоемкость процесса, кВт/ед	1,33	2,22	60
4	Металлоемкость процесса, кг/ед	0,003	0,004	75
5	Трудоемкость процесса, чел. час/ед	3,33	4,44	75
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб/ед	406,89	545,8	75
7	Уровень приведенных затрат, руб/ед	409,28	549,67	74
8	Годовая экономия, руб.	93347,52	-	-
9	Годовой экономический эффект, руб.	93345,14	-	-
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,1	-	-
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	8,7	-	-

Общие выводы

1. Повышение эффективности использования автомобильного транспорта при ужесточающих требованиях по экологии невозможно без применения новых прогрессивных конструктивных схем.

2. Современные энергетические установки, отвечающие требованиям высоких экологических классов, содержат в своей конструкции в том числе и гасители крутильных колебаний.

3. При проектировании гасителя крутильных колебаний были проанализированы основные достоинства и недостатки существующих конструкций, определена схема конструкции и его основные параметры.

4. Произведены необходимые конструктивные расчеты, составлен сборочный чертеж конструкции и рабочие чертежи деталей.

5. Произведены расчеты технико-экономических показателей, из которых видно, что внедрение данной конструкции дает годовой экономический эффект на единицу изделия 93347,52 рубля, а срок окупаемости составляет 0,1 года.

Список использованной литературы

1) Сведения о наличии, состоянии сельскохозяйственной техники и поступлении топлива на 1 января 2010-2016 года. / Министерство сельского хозяйства и Продовольствия Республики Татарстан. Государственное унитарное предприятие республиканский информационно-вычислительный центр.

2) Годовой отчет о наличии и возрастном составе сельскохозяйственной техники на 1 января 2010-2016 года. / Министерство сельского хозяйства и Продовольствия Республики Татарстан. Государственное унитарное предприятие республиканский информационно-вычислительный центр.

3) Булгариев Г.Г., Методические указания по анализу хозяйственной деятельности предприятий в дипломных проектах (для студентов ИМ и ТС). / Г.Г. Булгариев; Р.К. Абдрахманов; М.Н. Калимуллин; Н.В. Булатова. – Казань, 2011. – 21-25 с.

4) Булгариев Г.Г., Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. – Казань: 2009.

5) Республика Татарстан. Транспорт и связь // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан. URL: http://tatstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/tatstat.ru/statistics/enterprises/transport/ (Дата обращения: 10.03.2016).

6) Н.В. Барановский, Л.М. Коваленко "Пластинчатые и спиральные теплообменники"; Бажан П. И "Справочник по теплообменным аппаратам" 2003 – с. 472 .

7) Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники. М.: Машиностроение, 1973. - 288 с.

8) Машиностроение. Энциклопедия //Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др.; Под общ. ред. А.А. Александрова и Н.А. Иващенко. — М.: Машиностроение, 2013. - 784 с.

9) Салова Т.Ю. Кудласевич А.А. Метод оценки тепломассообменных процессов энергетических установок //Словацкий международный научный журналСловакия. Slovak international scientific journal Partizanska, 1248/2 Bratislava, Slovakia 811 03 email: info@sis-journal.com site: http://sis-journal.com 2016, №1, с.64-67.

10) Государственные доклады о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан за 2016 год // Официальный сайт Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. URL: <http://eco.tatarstan.ru/>

11) Панов А. А. и др. Обработка металлов резанием. М: Машиностроение, 1988. 736 с.