

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Голыяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(институт, факультет)

Кафедра «Энергетические машины и системы управления»

(наименование кафедры)

13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Двигатели внутреннего сгорания

(направленность (профиль/специализация))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Стационарная силовая установка для энергообеспечения малых
промышленных объектов

Студент

И.К. Шишин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.В. Смоленский

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

М.И. Фесина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

С.А. Гудкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Зав. кафедрой «ЭМСУ»

к.т.н., доцент Д.А. Павлов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2018 г.

Голыятти 2018

АННОТАЦИЯ

Целью бакалаврской работы является оценка возможностей и эффективности использования в энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания.

По этому в данном бакалаврской работе представлены результаты проектирования двигателя с искровым зажиганием с двухтопливной системой питания, в составе энергетической поршневой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов. Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка состоит из следующих разделов:

- Обзор источников по проблеме создания стационарных силовых установок для энергообеспечения малых промышленных объектов.
- Тепловой расчет и тепловой баланс двигателя, где проведен расчет основных параметров проектируемого двигателя.
- Кинематический расчет показывает изменение кинематических параметров поршневой группы.
- Динамический расчет, где определяются силы и нагрузки действующие в кривошипно-шатунном механизме, а также условия для уравнивания двигателя.
- В разделе специальной части, проведен анализ возможностей эффективной компоновки энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания с элементами генерации электрической энергии.
- Проведена оценка безопасности и экологичности объекта проектирования.

Графическая часть работы содержит 7 листов формата А1 иллюстрирующих материал представленный в пояснительной записке.

ABSTRACT

The aim of the bachelor's work is to assess the possibilities and efficiency of use in an energy piston plant with a bi-fuel power system.

This bachelor's work presents the results of designing a spark-ignition engine with a bi-fuel power system, as part of an energy piston unit for power supply to small industrial facilities. Bachelor's work consists of an explanatory note and a graphic part. The explanatory note consists of the following sections:

- Survey of sources on the problem of creating stationary power plants for power supply of small industrial facilities.

- Thermal calculation and heat balance of the engine, where the calculation of the main parameters of the engine being designed.

- Kinematic calculation shows the change in the kinematic parameters of the piston group.

- Dynamic calculation, which determines the forces and loads acting in the crank mechanism, as well as the conditions for balancing the engine.

- In the section of the special section, an analysis was made of the possibilities of efficient arrangement of an energy piston unit with a bi-fuel power system with elements of electric power generation.

- The safety and ecological compatibility of the design object was assessed.

The graphic part of the work contains 7 sheets of A1 format illustrating the material presented in the explanatory note.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Обзор источников по проблеме создания стационарных силовых установок для энергообеспечения малых промышленных объектов	7
1.1 Стационарные силовые установки для энергообеспечения малых промышленных объектов.....	7
2 Тепловой расчет и тепловой баланс энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания	11
3 Расчет кинематики энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания	26
4 Динамический расчет энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания	27
5 Специальная часть	33
5.1 Принцип работы энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания	33
6 Безопасность и экологичность бакалаврской работы	37
6.1 Оценка безопасности и экологичности энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания	37
6.1.1 Оценка взрыво-пожаробезопасности энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания	37
6.1.2 Оценка экологичности, по нормируемым продуктам отработавших газов, энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания.....	37
6.1.3 Оценка экологичности, по шуму энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания.....	38
6.2 Выводы об безопасности и экологичности энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания	39
Заключение	40
Список используемых источников.....	41

Приложение А	43
Приложение Б	62
Приложение Б	64

ВВЕДЕНИЕ

Двигатели внутреннего сгорания являются наиболее распространенными двигателями, вырабатывающими механическую энергию, необходимую для привода в действие различных видов транспортных средств и других механизмов.

В настоящее время, для двигателей, используемых в качестве производителей электроэнергии существуют следующие основные тенденции оптимизации конструкции и показателей направленных на:

- снижение потребления горюче-смазочных материалов;
- увеличение моторесурса;
- удобство эксплуатации, простоту и удобство технического обслуживания;
- снижение себестоимости двигателя;
- снижение выброса вредных веществ;
- снижение уровня шума;
- быструю приспособляемость к работе на переменных режимах в зависимости от условий эксплуатации;
- улучшение технико-экономических показателей систем, обслуживающих двигатель.

С учетом вышесказанного была спроектирована генераторная установка с поршневым двигателем с искровым зажиганием.

1 Обзор источников по проблеме создания стационарных силовых установок для энергообеспечения малых промышленных объектов

1.1 Стационарные силовые установки для энергообеспечения малых промышленных объектов

Бензо-, газо- и дизель-генераторы состоят из первичного двигателя, генератора, водяного радиатора, блока аппаратуры, блока приборов, рамы, соединительной муфты и металлического кожуха [1-3]. Примерный вид представлен на рисунке 1.1.

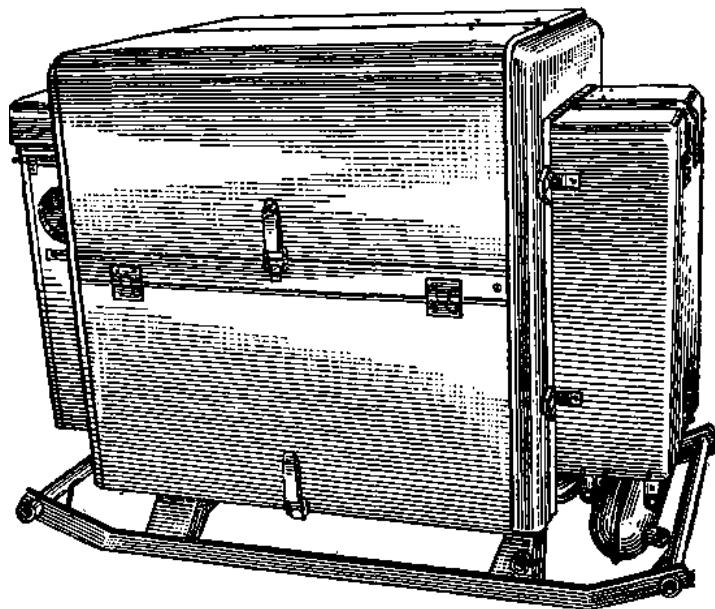


Рисунок 1.1 - Схема генераторной установки

Отличительными особенностями современных электростанций являются экономичность, компактные размеры, различные конструктивные решения шумоподавления, наличие интеллектуальных устройств мониторинга и управления процессом выработки электроэнергии, переключения нагрузки, синхронизации генераторов с сетью и между собой [3-4].

Существует множество терминов для обозначения одного и того же оборудования, которое понимается под термином электростанция; вот этот несложный перечень:

- портативная электростанция;
- переносная электростанция;
- бензиновая электростанция;
- дизельная электростанция;
- газовая электростанция;
- бензогенератор;
- дизель-генератор;
- стационарная, промышленная, передвижная и контейнерная электростанция;
- генераторная установка.

Все они объединяются общим принципом работы - преобразованием тепловой энергии топлива в электрическую. КПД таких электростанций невысок: 25-30%.

Кроме того, на выходе устройства мы получаем скорее скачкообразно меняющуюся амплитуду тока, нежели стабильную синусоиду, как, к примеру, в достаточно всем знакомой осветительной сети с напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Бензоэлектростанция тоже дает частоту тока с незначительными колебаниями в пределах 45- 60 Гц (на выходном гнезде для подключения потребителей 220 В), однако прямое подключение (без стабилизирующего устройства) высокочувствительной к колебаниям напряжения бытовой радио- и электроаппаратуры (телевизора, музыкального центра и других устройств) может повредить эти устройства. Поэтому к простым и бюджетным (не имеющим в своем составе встроенного стабилизатора) бензоэлектростанциям рекомендуется подключать дополнительный стабилизатор напряжения. На внешней панели бензоэлектростанции находится стрелочный вольтметр, показывающий колебания выходного напряжения; даже по его показаниям очевидна мысль о стабилизаторе [5].

К слову, заряжать аккумуляторы, «запитывать» любую активную нагрузку (от выхода 220 В бензоэлектростанции) в виде ламп накаливания и нагревательных элементов можно напрямую - без стабилизатора напряжения.

Основными и самыми популярными являются бензиновые и дизельные электростанции.

В качестве первичного двигателя используется карбюраторный двигатель внутреннего сгорания (далее - ДВС) с внешним смесеобразованием и искровым зажиганием. Часть энергии, которая выделяется при сгорании топлива, в ДВС преобразуется в механическую работу, а оставшаяся часть - в теплоту. Механическая работа на валу двигателя используется для выработки электроэнергии генератором электрического тока [6].

Топливо для бензогенератора - высокооктановые сорта бензина (А92, А95).

Бензиновый генератор - это источник электроэнергии относительно небольшой мощности. Он подойдет в том случае, если планируется осуществлять резервное, сезонное или аварийное энергообеспечение объекта.

Поэтому бензиновая электростанция - идеальный выбор для собственников малых предприятий (бензоколонка, магазин, коммерческая палатка), владельцев загородных домов, туристов, строительных бригад, телекомпаний и других желающих иметь автономный источник энергоснабжения небольшой мощности. Компактная и надежная, экономичная и малошумная автономная бензостанция возьмет на себя решение проблем с энергообеспечением.

Основные средние характеристики бензоэлектроагрегата

Удельный расход топлива, кг/кВт-ч - 0,3-0,45 Удельный расход масла, г/кВт-ч - 0,4-0,45 КПД, % - 0,18-0,24

Диапазон мощности бензоэлектроагрегатов, кВт - 0,5-15,00 Допустимое напряжение, В - 240/400 Диапазон рабочих режимов, % от ном. мощности - 15-100 Требуемое давление газа, кг/см² - 0,02-15 Ресурс до текущего ремонта (не менее), тыс. ч. - 2,5-4,0 Ресурс до капитального ремонта (не менее), тыс. ч. - 6,0-

8,0 Затраты на ремонт, % от стоимости - 5-20 Вредные выбросы (CO), % - 2,55

Уровень шума на расстоянии 1 м (не более), дБ - 80.

Основные достоинства бензиновых электростанций следующие:

- относительно низкая стоимость оборудования по сравнению с дизельными и газовыми электростанциями;
- компактность и хороший показатель соотношения массы оборудования к величине вырабатываемой энергии;
- легкий пуск в условиях низких температур;
- невысокий уровень шума электростанции;
- простота эксплуатации.

2 Тепловой расчет и тепловой баланс энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания

Исходные данные для теплового расчета: $V_L = 1.2$ л; $n_N = 5600$ мин⁻¹; $i = 8$; $\tau = 4$; $\varepsilon = 10,5$, при частоте вращения: $n_{\min} = 900$ мин⁻¹, $n = 2000$ мин⁻¹, $n_M = 3500$ мин⁻¹, $n_N = 5000$ мин⁻¹, $n_{\max} = 5600$ мин⁻¹.

Средний элементарный состав и молекулярная масса топлива: Бензина $C = 0,855$; $H = 0,145$ и $m_T = 115$ кг/кмоль. Молекулярная масса СПГ по объему $m_T = 17,717$ м³/кмоль, по массе $m_T = 17,717$ кг/кмоль.

Низшая теплота сгорания топлива:

$$H_u = 33,91C + 125,6H - 10,89(O - S) - 2,51 \cdot (9H + W); \text{ кДж/кг} \quad (2.1)$$

$$H_u = 33,91 \cdot 0,855 + 125,6 \cdot 0,145 - 2,51 \cdot 9 \cdot 0,145 = 43930 \text{ кДж/кг.}$$

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания топлива:

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,208} \left(\frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} \right) = 0,516 \text{ кмоль возд/кг топл; } (2.2)$$

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O \right) = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \cdot 0,855 + 8 \cdot 0,145 \right) = 14,957 \text{ кг возд/кг топл. } (2.3)$$

Примем $\alpha = 1$ на всех режимах, как для базового, так и для спроектированного двигателя.

Количество горючей смеси:

$$M_1 = \alpha L_0 + 1/m_T; \text{ кмоль гор. см/кг топл.} \quad (2.4)$$

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания при $K = 0,5$:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} - 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 ; \text{ кмоль } CO_2/\text{кг топл}; \quad (2.5)$$

$$M_{CO} = 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 ; \text{ кмоль } CO/\text{кг топл}; \quad (2.6)$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} - 2K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 ; \text{ кмоль } H_2O/\text{кг топл}; \quad (2.7)$$

$$M_{H_2} = 2K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 ; \text{ кмоль } H_2/\text{кг топл}; \quad (2.8)$$

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0 ; \text{ кмоль } N_2/\text{кг топл}. \quad (2.9)$$

Общее количество продуктов сгорания:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{CO} + M_{H_2O} + M_{H_2} + M_{N_2} ; \text{ кмоль пр.сг/кг топл}. \quad (2.10)$$

Коэффициент молекулярного изменения свежей смеси

$$\mu_0 = M_2 / M_1 \quad (2.11)$$

В таблице 2.1 приведены параметры расчета рабочего тела для одного режима, так как состав смеси одинаков, то и на остальных режимх расчет не целесообразен.

Таблица 2.1 - Параметры рабочего тела

Коэффициент избытка воздуха	M_1 , кмоль гор.см./кг топл.	M_{CO_2} , кмоль CO_2 /кг топл.	M_{CO} , кмоль CO /кг топл.	M_{H_2O} , кмоль H_2O /кг топл.	M_{H_2} , кмоль H_2 /кг топл.	M_{N_2} , кмоль N_2 /кг топл.	M_2 , кмоль пр.сг./кг топл.	μ_0
1	0,525523	0,07125	0	0,0725	0	0,409327	0,553077	1,052432

Атмосферные условия: $p_0 = 0,1$ МПа и $T_0 = 293$ К.

Давление остаточных газов:

$$p_r = p_k(1,035 + A_p \cdot 10^{-8} n^2), \quad (2.12)$$

где $p_{rN} = 1,18p_0 = 1,18 \cdot 0,1 = 0,118$ МПа; $A_p = (p_{rN} - p_0 \cdot 1,035) 10^8 / (n_N^2 p_0)$.

В таблице 2.2 приведены результаты расчета параметров окружающей среды и остаточных газов.

Таблица 2.2 - Параметры окружающей среды и остаточных газов

Давление остаточных газов, МПа	Частота вращения, мин ⁻¹	Плотность воздуха, кг/м ³	Температура воздуха при впуске, К	Давление при впуске, Мпа	Температура ОГ, К
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на бензине					
0,103875	900	1,189	293	0,1	1160
0,105349	2000	1,189	293	0,1	1170
0,109164	3500	1,189	293	0,1	1195
0,115059	5000	1,189	293	0,1	1235
0,118	5600	1,189	293	0,1	1300
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на газе					
0,109	900	1,189	293	0,1	1080
0,112	2600	1,189	293	0,1	1161
0,114	3700	1,189	293	0,1	1245
0,116	5000	1,189	293	0,1	1265
0,118	5600	1,189	293	0,1	1305

Принимается $\Delta T_N = 10^\circ C$, тогда, $A_T = \Delta T_N / (110 - 0,0125n_N)$, следовательно ΔT :

$$\Delta T = A_T(110 - 0,0125n). \quad (2.13)$$

Плотность заряда на впуске: $\rho_k = p_k \cdot 10^6 / (R_B T_k)$; кг/м³.

Потери давления на впуске:

$$\Delta p_a = \left(\beta^2 + \xi_{BII} \right) \frac{A_n^2 n^2 \rho_k \cdot 10^{-6}}{2} \text{ МПа.} \quad (2.14)$$

Давление в конце впуска:

$$p_a = p_k - \Delta p_a; \text{ МПа.} \quad (2.15)$$

Коэффициент остаточных газов:

$$\gamma_r = \frac{T_k + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{\varphi_{оч} p_r}{\varepsilon \varphi_{доз} p_a - \varphi_{оч} p_r}, \quad (2.16)$$

где $\varphi_{оч}$ – коэффициент очистки; $\varphi_{доз}$ – коэффициент дозарядки.

Температура в конце впуска:

$$T_a = (T_k + \Delta T + \gamma_r T_r) / (1 + \gamma_r); \text{ К.} \quad (2.17)$$

Коэффициент наполнения:

$$\eta_v = \frac{T_k}{T_k - \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{p_k} \left(\varphi_{доз} \cdot \varepsilon \cdot p_a - \varphi_{оч} \cdot p_r \right). \quad (2.18)$$

Удельный объем рабочего тела в конце процесса наполнения

$$V_a = 8.314 \cdot 10^{-3} \left[\left(\alpha \cdot \frac{l_0}{\mu_B} + \frac{1}{\mu_m} \right) T_a \right] / \left[\beta + \alpha \cdot l_0 \cdot p_a \right] \quad (\text{м}^3), \quad (2.19)$$

Результаты расчета процесса впуска приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Расчет процесса впуска

Коэффициент остаточных газов	Ta, К	Коэффициент наполнения	Va, К	n, мин ⁻¹	ΔT, °С	Δpa, Мпа	pa, Мпа	φоч	φдоз
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на бензине									
0,036197	347,1114	0,755371	1,0209	900	24,6875	0,006783	0,093217	0,99	0,9
0,033024	341,6072	0,790464	1,04618	2000	21,25	0,010275	0,089725	0,94	0,96
0,029779	335,1675	0,832584	1,058665	3500	16,5625	0,013004	0,086996	0,88	1,02
0,032173	333,8676	0,750205	1,114729	5000	11,875	0,0176995	0,0823	0,84	0,97
0,031019	332,9951	0,722023	1,133133	5600	10	0,019425	0,080575	0,8	0,95
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на газе									
0,043126	344,4703	0,721787	1,000492	900	19,75	0,005779	0,094221	1	0,85
0,036289	338,3532	0,770691	1,033941	2600	15,5	0,010275	0,089725	0,94	0,93
0,033797	336,4559	0,804532	1,067569	3700	12,75	0,013588	0,086412	0,98	1
0,029931	330,4714	0,758778	1,079382	5000	9,5	0,016054	0,083946	0,81	0,95
0,029751	330,0071	0,721778	1,122965	5600	8	0,019425	0,080575	0,77	0,94

Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

$$\mu = (\mu_o + \gamma_r) / (1 + \gamma_r) \quad (2.20)$$

Значение показателя политропы сжатия

$$n_1 = 1 + \frac{8.314}{20.16 + 1.738 \cdot 10^{-3} (\varepsilon^{n_1-1} + 1) \cdot T_a} \quad (2.21)$$

Давление, температура и удельный объём в конце сжатия:

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1} \quad \text{МПа} \quad (2.22)$$

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1-1} \quad \text{К} \quad (2.23)$$

Удельный объём, давление и температура рабочего тела в момент воспламенения, при угле опережения зажигания Θ ,

$$V_y = \frac{V_a}{\varepsilon} \cdot \left[1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \left[\left\{ 1 + \frac{1}{\lambda} \right\} - \left\langle \cos \Theta \right\rangle + \frac{1}{\lambda} \sqrt{1 - \lambda^2} \left\langle \sin \Theta \right\rangle \right] \right]; \quad (2.24)$$

$$P_y = P_a \left(\frac{V_a}{V_y} \right)^{\eta_1}; \text{ МПа}; \quad T_y = T_a \left(\frac{V_a}{V_y} \right)^{\eta_1 - 1}; \text{ К}; \quad (2.25)$$

Результаты расчета процесса сжатия рабочего тела и начала воспламенения смеси приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Давление, температура и удельный объём в конце сжатия и воспламенения

Показатель политропы сжатия	P_c , МПа	T_c , К	Θ° ПКВ	V_y , м ³ /кг	P_y , МПа	T_y , К	n , мин ⁻¹	μ
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на бензине								
1,3702	2,337381	828,9211	12	0,11026	1,967552	791,23	900	1,050601
1,374725	2,273893	824,503	14	0,117763	1,80708	774,445	2000	1,03894
1,37283	2,194925	805,3634	16	0,124724	1,639063	743,95	3500	1,039063
1,37496	2,086875	806,2679	19	0,141498	1,405866	723,92	5000	1,038972
1,37538	2,045133	804,9556	24	0,164719	1,143217	686,809	5600	1,050855
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на газе								
1,37058	2,364652	823,3493	15	0,115161	1,823871	767,52	900	1,060488
1,372	2,259369	811,433	20	0,134725	1,469604	722,15	2600	1,050596
1,3728	2,180028	808,4022	23	0,150917	1,267603	697,78	3700	1,050718
1,37378	2,122703	795,8551	26	0,166039	1,098591	665,27	5000	1,050909
1,3753	2,044748	797,5824	28	0,182916	0,977444	652,08	5600	1,050917

Коэффициент выделения теплоты δ , учитывающий неполное сгорание топлива;

$$\delta = \frac{H_U - 119950 \alpha \gamma_o}{H_U}, \quad (2.26)$$

Коэффициент эффективности сгорания топлива ξ :

$$\xi = \delta * \Psi; \quad (2.27)$$

Удельная теплота сгорания рабочей смеси

$$q_z = \frac{\xi^* H_u}{\gamma_r \cdot l_0 + 1}; \text{ кДж/кг.} \quad (2.28)$$

$$E_2 = \left(0.002 \frac{\varepsilon}{V_a} \right) q_z; \text{ МПа} \quad (2.29)$$

Давление газов в процессе сгорания

$$P_2 = \frac{E_2 \Delta X_{1-2} + P_1 \cdot (K_{1-2} \psi_{\varphi'_1} - \psi_{\varphi'_2})}{K_{1-2} \psi_{\varphi'_1} - \psi_{\varphi'_2}}, \quad (2.30)$$

где $\psi_{\varphi'} = 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \left[\left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) - \left(\cos \varphi' + \frac{1}{\lambda} \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi'} \right) \right];$ (2.31)

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке:

$$X_{1-2} = \exp \left[-6.908 \left[\frac{\varphi_1}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] - \exp \left[-6.908 \left[\frac{\varphi_2}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right], \quad (2.32)$$

Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке 1-2;

$$\Delta X_{1-2} = \frac{1}{2} \left[\exp \left[-6.908 \left[\frac{\varphi_1}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] - \exp \left[-6.908 \left[\frac{\varphi_2}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] \right] \quad (2.33)$$

Отношение средних теплоёмкостей рабочего тела на участке 1-2.

$$k_{1-2} = 1.259 + \left[76.7 - \left(13.6 - \frac{14.2}{\alpha} \right) x_{1-2} \right] \frac{1}{T_{1-2}} - \left(0.0665 - \frac{0.0245}{\alpha} \right) x_{1-2} \quad (2.34)$$

Фактор теплоёмкостей K_{1-2}

$$K_{1-2} = \frac{k_{1-2} + 1}{k_{1-2} - 1} \quad (2.35)$$

Средняя температура T_{1-2} на участке 1-2.

$$T_{1-2} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (2.36)$$

Температура T_2 газов в процессе сгорания:

$$T_2 = \frac{T_y P_2 \psi(\varphi'_2)}{P_y \psi(\varphi'_2) \mu_{1-2}}, \quad (2.37)$$

где:

$$\psi(\varphi') = 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} * \sigma; \quad (2.38)$$

$$\sigma = \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right) - \left[\cos(\varphi') + \frac{1}{\lambda} * \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot (\sin(\varphi'))^2}\right]; \quad (2.39)$$

средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси,

$$\mu_{1-2} = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} - \mu_1 = 1 + \frac{\mu_{0\max} - 1 \left[1 - \exp\left[-6.908 \left[\frac{\varphi_1}{\varphi_z}\right]^{m+1}\right]\right]}{1 + \gamma_r}. \quad (2.40)$$

Доля выгоревшего топлива λ рассчитывается по уравнению выгорания:

$$\chi = 1 - \exp \left[-6.908 \left(\frac{\varphi}{\varphi_z} \right)^{m+1} \right]. \quad (2.41)$$

Основные коэффициенты термодинамического расчета приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Коэффициенты термодинамического расчета

Удельная теплота сгорания рабочей смеси, Дж/кг	E_2 , МПа	φ_z , град, пкв.	m	n , мин ⁻¹	δ	Ψ	ξ
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на бензине							
2311,506	47,544497	28	2	900	1	0,87	0,87
2291,177	45,990604	36	2.2	2000	1	0,9	0,9
2375,011	47,11143	42	2.4	3500	1	0,93	0,93
2420,459	45,59819	50	2.6	5000	1	0,95	0,95
2643,545	48,99202	54	2.8	5600	1	0,99	0,99
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на газе							
2095,696	43,98798	40	3.1	900	0.9435	0,81	0,764277
2284,733	46,40438	48	3.2	2600	1	0,86	0,86
2556,549	50,28953	55	3.3	3700	1	0,96	0,96
2592,875	50,44589	58	3.4	5000	1	0,97	0,97
2646,799	49,49647	62	3.5	5600	1	0,99	0,99

Степень последующего расширения при V_z

$$\delta = V_a / V_z \quad (2.44)$$

Средний показатель политропы расширения:

$$n_2 = 1 + \frac{8.314}{23.7 + 0.0046 \left(\frac{1}{\delta^{m-1}} + 1 \right) \cdot T_z}; \quad (2.45)$$

Параметры в конце процесса расширения как политропного процесса

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \text{МПа} ; \quad (2.46)$$

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} \text{ К} ; \quad (2.47)$$

Текущие значения удельного объёма, давления и температуры в процессе расширения находят по следующим формулам:

$$V_{PT} = \frac{V_a}{\varepsilon} \left[1 + \frac{\varepsilon - 1}{1} \cdot \left(\left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) - \left[\cos \varphi_{PT} \right] + \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi_{PT}} \right) \right] , \quad (2.48)$$

$$P_{PT} = P_b \cdot \left(\frac{V_a}{V_T} \right)^{n_2} ; \quad (2.49)$$

$$T_{PT} = T_b \left(\frac{V_a}{V_T} \right)^{n_2-1} ; \quad (2.50)$$

Для оценки правильности выбора значения температуры отработавших газов, произведём проверку

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} \quad \text{К} \quad (2.51)$$

погрешность расчёта Δ :

$$\Delta = \frac{100 (T_r - T'_r)}{T_r} \% \quad (2.52)$$

Результаты расчета процесса расширения и выпуска приведены в таблице

2.6.

Таблица 2.6 - Расчет процесса расширения и выпуска

Степень расширения	n_2	P_b , МПа	T_b , К	T_r , К	Δ , %	n , мин ⁻¹	V_z , м ³	T_z , К	P_z , МПа
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на бензине									
8,48804	1,177	0,58329	2067,555	1163,224	0,2779	900	0,120284	3019,243	7,230007
7,27169	1,1796	0,55548	2035,725	1169,602	-0,034	2000	0,143871	2907,209	5,768566
6,50078	1,1795	0,55682	2064,706	1199,442	0,3717	3500	0,162852	2889,058	5,06501
5,63196	1,1804	0,53085	2072,834	1245,126	0,8199	5000	0,197929	2831,083	4,08341
5,79622	1,17476	0,56284	2213,654	1315,048	1,157	5600	0,195495	3009,4	4,435073
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на газе									
6,688	1,188	0,5354	1846,58	1086,178	0,572	900	0,1494	2639,83	5,121
6,139	1,1835	0,5504	1975,7	1162,08	0,093	2600	0,1684	2756,27	4,714
5,474	1,1775	0,5815	2155,05	1244,545	-0,036	3700	0,1951	2913,76	4,303
5,474	1,1767	0,5789	2168,77	1265,439	0,0347	5000	0,1972	2929,05	4,279
5,474	1,175	0,5669	2209,79	1309,556	0,349	5600	0,2052	2976,31	4,179

Теоретическая индикаторная работа цикла:

$$L_{iT} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{1i} + P_{2i}}{2} |V_{2i} - V_{1i}| ; \quad (2.53)$$

Расчётное среднее индикаторное давление

$$P_{iT} = \frac{\varepsilon \cdot L_{iT}}{\pi - 1 \bar{V}_a}, \quad \text{МПа} \quad (2.54)$$

Индикаторный коэффициент полезного действия

$$\eta_i = 8.314 \frac{M_1 \cdot P_{iT} \cdot T_0}{P_0 \cdot \eta_V \cdot H_u} \quad (2.55)$$

Удельный индикаторный расход топлива

$$g_i = \frac{3600}{\eta_i \cdot H_u} \cdot 10^3, \text{ г/кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.56)$$

Результаты расчета индикаторных показателей рабочего цикла приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Индикаторные показатели рабочего цикла

Индикаторное давление, Мпа	Мощность индикаторная, кВт	КПД индикаторный	g_i , г/кВт*ч	n , мин ⁻¹	Работа цикла, кДж
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на бензине					
1,26863	14,27209	0,489426	167,4399	900	1,1718807
1,17975	29,49376	0,456318	179,5886	2000	1,1166917
1,200507	52,5222	0,440856	185,8873	3500	1,1498939
1,125416	70,33848	0,458662	178,6709	5000	1,1350542
1,234851	86,43956	0,498398	164,4257	5600	1,2659878
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на газе					
1,1060343	12,442886	0,4289854	191,03093	900	1,0012
1,1651984	37,868947	0,4405874	186,00051	2600	1,09
1,2379594	57,255621	0,4484105	182,75552	3700	1,1957
1,2533459	78,334121	0,4813589	170,24613	5000	1,224
1,2210353	85,47247	0,4929888	166,22992	5600	1,2406

Давление механических потерь при $S/D = 71/82 = 0.865$, если средняя

скорость поршня: $v_n = \frac{Sn}{30}$, м/с

Среднее давление механических потерь

$$P_M = 0.034 + 0.0113 v \quad , \text{ МПа} \quad (2.57)$$

Среднее эффективное давление

$$P_e = P_{iT} - P_M, \text{ МПа} \quad (2.58)$$

Механический К.П.Д.

$$\eta_M = \frac{P_e}{P_{iT}} \quad (2.59)$$

Эффективный К.П.Д.

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_M \quad (2.60)$$

Удельный эффективный расход топлива

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_M}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.61)$$

Эффективная мощность

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_L \cdot n}{30\tau}, \text{ кВт} \quad (2.62)$$

Часовой расход топлива

$$G_T = N_e \cdot g_e, \text{ кг/ч} \quad (2.63)$$

Крутящий момент

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot N_e}{\pi \cdot n}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.64)$$

Расчет эффективных показателей двигателя приведен в таблице 2.8.

Таблица 2.8 - Эффективные показатели двигателя

Среднее эффективное давление, Мпа	η_m	η_e	g_e , г/(кВт.ч)	Мощность, кВт	Момент, Н.м	G_T , кг/ч	$V_{п.ср}$, м/с	p_m , Мпа	n , мин ⁻¹
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на бензине									
1,2035	0,9471	0,4643	176,4996	13,539	143,64	2,389	2,13	0,0671	900
1,0827	0,9143	0,4188	195,6686	27,069	129,23	5,296	4,733	0,10148	2000
1,0537	0,8765	0,3869	211,7794	46,1	125,76	9,763	8,283	0,14834	3500
0,9290	0,8263	0,3786	216,43	58,067	110,88	12,567	11,833	0,1952	5000
1,0188	0,8264	0,4112	199,2899	71,317	121,59	14,212	13,253	0,2139	5600
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на газе									
1,0389	0,9393	0,4029	273,3719	11,68	123,99	3,377	2,13	0,0671	900
1,0449	0,8968	0,3951	267,3998	33,96	124,72	9,043	6,153	0,1202	2600
1,0834	0,8751	0,3924	229,8332	50,11	129,3	12,464	8,756	0,1546	3700
1,0581	0,8442	0,4064	261,652	66,13	126,29	15,336	11,833	0,1952	5000
1,0071	0,8248	0,4066	271,5434	70,49	120,19	17,208	13,253	0,2139	5600

Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом: [1]

$$Q_o = \frac{H_u G_T}{3.6} = \frac{43930 G_T}{3.6} = 12203 G_T \quad (2.65)$$

Теплота, эквивалентная эффективной работе за 1 с:

$$Q_e = 1000 N_e \text{ и } q_e = Q_e * 100 / Q_o \quad (2.66)$$

Теплота, передаваемая охлаждающей среде:

$$Q_B = \frac{c i D^{1+2m} n^m (H_u - \Delta H_u)}{\alpha H_u}, \quad (2.67)$$

$$q_B = Q_B * 100 / Q_o; \quad (2.68)$$

Теплота, унесенная с отработанными газами:

$$Q_r = \left(\frac{G_T}{3.6} \right) \left[M_2 \left(mc_V'' \right)_{t_0}^{t_r} + 8.315 \bar{t}_r - M_1 \left(mc_V'' \right)_{t_0}^{t_{20}} + 8.315 \bar{t}_0 \right], \quad (2.69)$$

$$q_r = Q_r * 100 / Q_0 \quad (2.70)$$

где $(mc_V)_{t_0}^{20} = 20.775$ кДж/(кмоль*град) – теплоемкость свежего заряда.

$(mc_V'')_{t_0}^{t_r}$ - теплоемкость остаточных газов.

Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания.

$$Q_{н.с} = \Delta H_U * G_T / 3,6 \quad (2.71)$$

$$q_{н.с} = Q_{н.с} * 100 / Q_0 \quad (2.72)$$

Неучтенные потери теплоты:

$$Q_{ост} = Q_0 - (Q_e + Q_b + Q_r + Q_{н.с}), \quad (2.73)$$

$$q_{ост} = Q_{ост} * 100 / Q_0 \quad (2.74)$$

Результаты расчетов тепловой баланс двигателя сводим в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 - Тепловой баланс разрабатываемого двигателя при работе на бензине

Q _e , Дж/с	q _e , %	Q _b , Дж/с	q _b , %	Q _r , Дж/с	q _r , %	Q _{н.с.} , Дж/с	Q _{ост} , Дж/с	q _{ост} , %	G _T , кг/ч	Полная энергия, Дж/с
8432	36,1	6352	27,2	6080	26,0	0	1181	5,1	2,389	23363
16556	38,5	12405	28,9	12509	29,1	0	1508	3,5	5,296	42977
22048	36,4	18022	29,8	18004	29,7	0	2450	4,0	9,763	60525
33381	30,9	34522	32,0	35201	32,6	0	4845	4,5	12,56	107949
33212	28,7	35804	30,9	36961	31,9	0	6514	5,6	14,21	115752

Результаты теплового расчета приведены на плакатах и в приложении А

3 Расчет кинематики энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания

Премещение поршня

$$S_x = R \left[-\cos \varphi + \frac{\lambda}{4} (-\cos 2\varphi) \right] \text{ мм.} \quad (3.1)$$

Скорость поршня

$$v_{\Pi} = \omega R \left(\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi \right) \text{ м/с.} \quad (3.2)$$

Ускорение поршня

$$j = \omega^2 R \left[\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi \right] \text{ м/с}^2. \quad (3.3)$$

Результаты кинематического расчета приведены на плакатах и в приложении Б.

4 Динамический расчет энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания

Определим массу подвижных элементов кривошипно-шатунного механизма:

- масса поршневой группы (для поршня из алюминиевого сплава $m_{\text{п}}=100 \text{ кг/м}^2$)

$$m_n = m_{\text{п}} \cdot F_n = 100 \cdot 0,005282 = 0,528 \text{ кг}; \quad (4.1)$$

- масса шатуна (для стального кованого шатуна $m_{\text{ш}}=150 \text{ кг/м}^2$)

$$m_{\text{ш}} = m_{\text{ш}} \cdot F_n = 150 \cdot 0,0052783 = 0,792 \text{ кг}; \quad (4.2)$$

- масса неуравновешенных частей одного колена вала без противовесов

$$m_{\text{к}} = m_{\text{к}} \cdot F_n = 140 \cdot 0,0052783 = 0,739 \text{ кг}. \quad (4.3)$$

Масса шатуна, сосредоточенная на оси поршневого пальца

$$m_{\text{ш.п.}} = 0,275 \cdot m_{\text{ш}} = 0,275 \cdot 0,792 = 0,218 \text{ кг}. \quad (4.4)$$

Масса шатуна, сосредоточенная на оси кривошипа

$$m_{\text{ш.к.}} = 0,725 \cdot m_{\text{ш}} = 0,725 \cdot 0,792 = 0,574 \text{ кг}. \quad (4.5)$$

Массы, совершающие возвратно-поступательное движение

$$m_j = m_n + m_{ш.н} = 0,528 + 0,218 = 0,746 \text{ кг.} \quad (4.6)$$

Массы, совершающие вращательное движение

$$m_R = m_k + m_{ш.к} = 0,739 + 0,574 = 1,313 \text{ кг.} \quad (4.7)$$

Определяем значения силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс

$$P_j = -m_j \cdot j = 0,746 \cdot j \quad (4.8)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс шатуна одного цилиндра

$$K_{Rш} = -m_{ш.к} \cdot R \cdot \omega^2 \cdot 10^{-3} = -0,574 \cdot 0,0355 \cdot 586^2 \cdot 10^{-3} = -6,9974 \text{ кН.} \quad (4.9)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс кривошипа

$$K_{Rк} = -m_k \cdot R \cdot \omega^2 \cdot 10^{-3} = -0,739 \cdot 0,0355 \cdot 586^2 \cdot 10^{-3} = -9,0088 \text{ кН.} \quad (4.10)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс кривошипа:

$$K_R = -m_R \cdot R \cdot \omega^2 = -1,0313 \cdot 0,0355 \cdot 586^2 \cdot 10^{-3} = -16,0062 \text{ кН.} \quad (4.11)$$

Сила, сосредоточенная на оси поршневого пальца

$$P = \Delta P_\Gamma + P_j \text{ (кН)} \quad (4.12)$$

Нормальная сила

$$N = P \operatorname{tg} \beta \quad (\text{кН}) \quad (4.13)$$

Сила, действующая вдоль шатуна

$$S = P * \frac{1}{\cos \beta} \quad (\text{кН}) \quad (4.14)$$

Сила, действующая по радиусу кривошипа

$$K = P * \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta} \quad (\text{кН}) \quad (4.15)$$

Полная тангенциальная сила

$$T = \frac{p \sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta} \quad (\text{кН}) \quad (4.16)$$

Результаты динамического расчета графически представлены на плакате.

Крутящий момент одного цилиндра

$$M_{кр.ц} = T \cdot R \quad (4.17)$$

Средний крутящий момент двигателя:

- по данным теплового расчета

$$M_{кр.ц.} = M_i = \frac{M_e}{\eta_M} = \frac{145}{0,86} = 168 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (4.18)$$

- по площади, заключенной под кривой $M_{кр.}$

$$M_{кр.ср.} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{M_{кр.i} + M_{кр.i+1}}{2} \right) \cdot 10^\circ}{360^\circ} = 155 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.19)$$

Ошибка расчета:

$$\Delta = (168-161) \cdot 100 / 168 = 4,2\% \quad (4.20)$$

Максимальный и минимальный крутящие моменты:

$$M_{кр.макс} = 409,5 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (4.21)$$

$$M_{кр.мин} = - 57,0 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (4.22)$$

Суммарная сила, действующая на шатунную шейку по радиусу кривошипа:

$$P_k = K + K_{Rш} = (K - 5108) \text{ Н}. \quad (4.23)$$

Среднее значение $R_{ш.ш.}$ определяется по развернутой диаграмме

$$R_{ш.ш.ср} = \sum_{i=1}^n ((R_{ш.ш.i} + R_{ш.ш.i+1}) / 2) \cdot 10^\circ / 720^\circ = 9342 \text{ Н} \quad (4.24)$$

Суммарная сила, действующая на колено вала по радиусу кривошипа

$$K_{P_k} = P_k + K_{Rk} = (P_k - 15324), \text{ Н} \quad (4.25)$$

Результирующая сила, действующая на колено вала

$$R_k = \sqrt{R_{u.u}^2 + K_{Rk}^2} \quad (4.26)$$

Сила, действующая на первую коренную шейку

$$R_{к.ш.1} = -0,5 * R_{k1} \quad (4.27)$$

Сила, действующая на вторую коренную шейку

$$R_{к.ш.2} = \sqrt{T_{k2}^2 + K_{k2}^2} \quad (4.28)$$

где:

$$T_{k2} = -0.5 * (T_1 + T_2 * \cos \gamma_{k(1-2)} - K_{pk2} * \sin \gamma_{k(1-2)}) = -0.5 * (T_1 + T_2 * \cos 180^\circ - K_{pk2} * \sin 180^\circ) = -0.5 * (T_1 - T_2); \quad (4.29)$$

$$K_{k2} = -0.5 * (K_{pk1} + T_2 * \sin \gamma_{k(1-2)} - K_{pk2} * \cos \gamma_{k(1-2)}) = -0.5 * (T_1 + T_2 * \sin 180^\circ - K_{pk2} * \cos 180^\circ) = -0.5 * (K_{pk1} - K_{pk2}). \quad (4.30)$$

Сила, действующая на третью коренную шейку

$$R_{к.ш.3} = \sqrt{T_{k3}^2 + K_{k3}^2} \quad (4.31)$$

где:

$$T_{k3} = -0.5 * (T_2 + T_3 * \cos \gamma_{k(2-3)} - K_{pk3} * \sin \gamma_{k(2-3)}) \cos \gamma_{k(1-2)} = -0.5 * (T_2 + T_3 * \cos 0^\circ - K_{pk3} * \sin 0^\circ) * \cos 180^\circ = 0.5 * (T_2 + T_3); \quad (4.32)$$

$$K_{k2} = -0.5 * (K_{pk2} + T_3 * \sin \gamma_{k(2-3)} - K_{pk3} * \cos \gamma_{k(2-3)}) \cos \gamma_{k(1-2)} = -0.5 * (K_{pk2} + T_3 * \sin 0^\circ - K_{pk3} * \cos 0^\circ) * \cos 180^\circ = 0.5 * (K_{pk2} - K_{pk3}). \quad (4.33)$$

Диаграммы $R_{к.ш1}$, $R_{к.ш2}$, $R_{к.ш3}$, перестроены в прямоугольные координаты.

По этим диаграммам определяем:

- для 1 (5)-й коренной шейки:

$$R_{к.ш1ср} = \sum_{i=1}^n ((R_{к.ш1i} + R_{к.ш1i+1}) / 2) * 10^\circ / 720^\circ = 9325 \text{ H} , \quad (4.34)$$

- для 2 (4)-й коренной шейки:

$$R_{к.ш2ср} = \sum_{i=1}^n ((R_{к.ш2i} + R_{к.ш2i+1}) / 2) * 10^\circ / 720^\circ = 3350 \text{ H} , \quad (4.35)$$

- для 3-й коренной шейки:

$$R_{к.ш3ср} = \sum_{i=1}^n ((R_{к.ш3i} + R_{к.ш3i+1}) / 2) * 10^\circ / 720^\circ = 18058 \text{ H} , \quad (4.36)$$

Равномерность крутящего момента

$$\mu = \frac{M_{кр.мах} - M_{кр.мин}}{M_{кр.ср.}} = \frac{199,87 - (201,57 - 147,93)}{147,93} = 4,74 . \quad (4.37)$$

Избыточная работа крутящего момента

$$L_{изб} = A * 4 * \pi / (4 * 90) = 16961 * 4 * \pi / 360 = 592,05 \text{ Дж} , \quad (4.38)$$

где $L_{изб}$ - площадь над прямой среднего крутящего момента.

Равномерность хода двигателя принимаем $\delta = 0,015$.

Момент инерции движущихся масс двигателя, приведенных к оси коленчатого вала

$$I_0 = L_{изб} / (\delta * \omega^2) = 592,02 / (0,015 * 586^2) = 0,115 \text{ кг} * \text{м}^2 . \quad (4.39)$$

5 Специальная часть

5.1 Принцип работы энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания

Хотя электрогенератор и является отдельным устройством, которое преобразует дизельное топливо в электричество, функционально его можно разделить на два различных агрегата, как это показано на рисунке 5.1.

Их согласованная совместная работа позволяет поддерживать постоянную выработку электроэнергии. Топливо сгорает в цилиндре, благодаря чему подвижная часть электрогенератора начинает вращаться. [6-8]

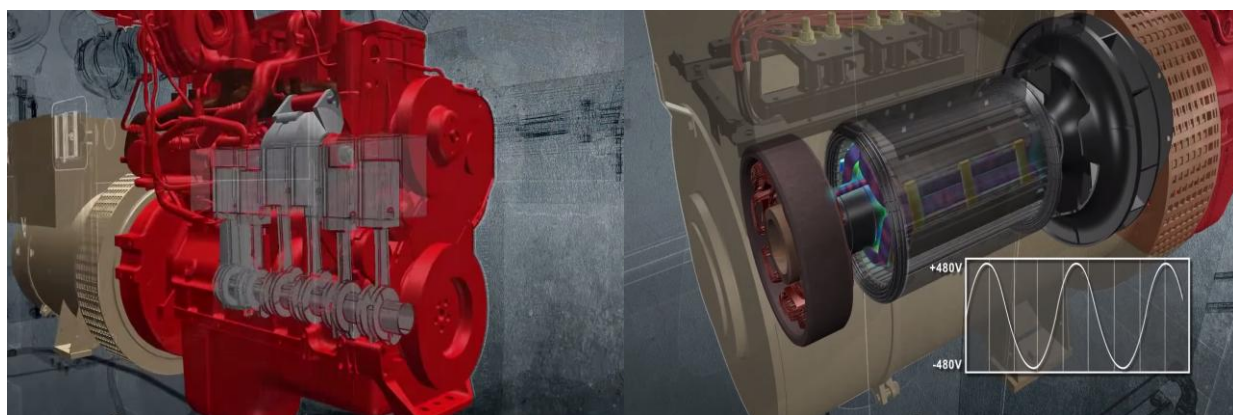


Рисунок 5.1 - Общий вид газогенераторных электростанций

Далее, кинетическая энергия вращения ротора преобразуется в электрическую с помощью установленных электромагнитов.

Эти две системы (двигатель и электромагниты) соединены между собой коленчатым валом, который обеспечивает надежную передачу механической энергии от двигателя к магнитам.[9]

Принцип работы двигателя внутреннего сгорания газового генератора работает аналогично любому другому. Для подобных механизмов могут использоваться различные виды топлива, но, при наличии газопровода, эффективнее использовать природный газ.[10-12]

Дроссельные заслонки и ограничитель оборотов используются для поддержания и контроля скорости вращения и выходной мощности. При чрезмерном превышении скорости, они предотвращают возможные повреждения деталей.

Рассмотрим процесс производства электроэнергии газогенератором.

Как только поворачивается коленчатый вал, ведущий мост генератора начинает вращаться в пространстве между электромагнитами. Движение магнитов относительно друг друга способствует возникновению электрического тока, который, после выработки, становится доступным для потребителей любого рода.

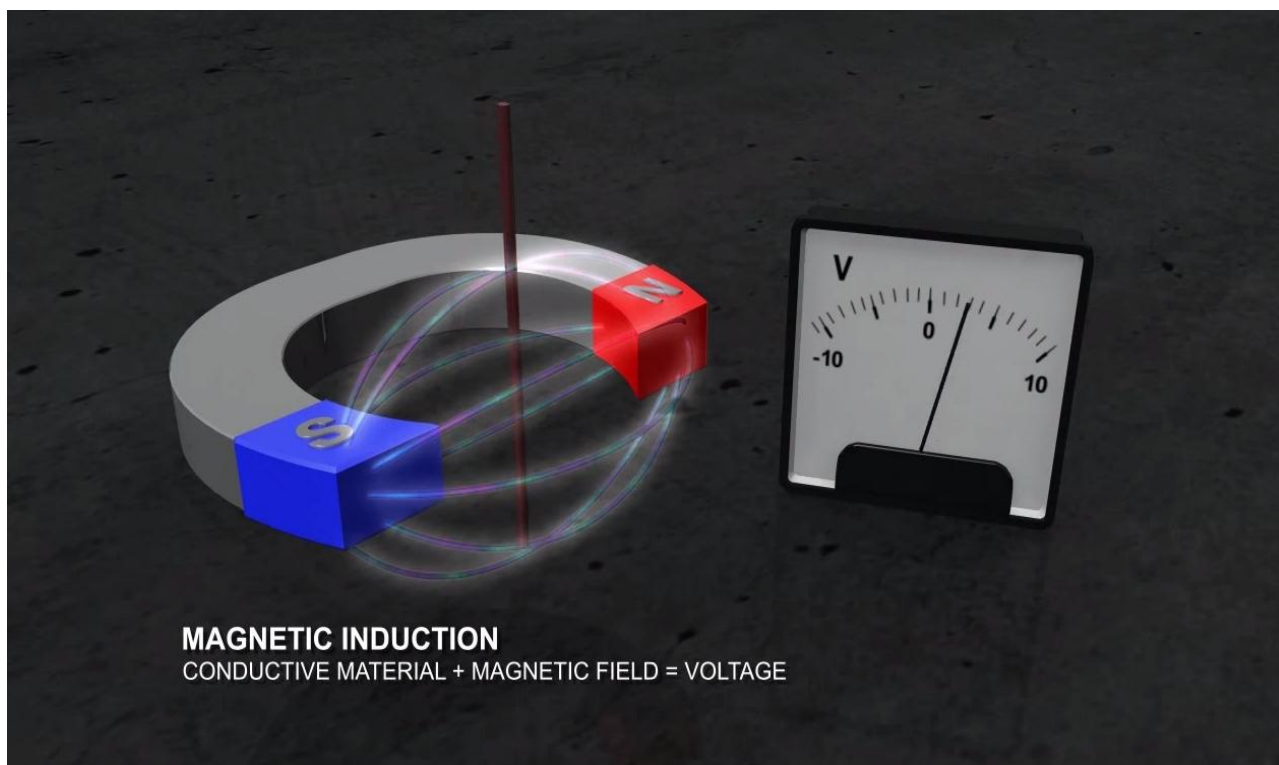


Рисунок 5.2 - Процесс производства электроэнергии газогенератором

Автоматический регулятор скорости вращения помогает контролировать количество оборотов вала при подключении нагрузки. Он может предотвратить

резкое падение напряжения в сети генератора, что возможно, например, при подключении электроинструмента или других устройств большой мощности.

Когда коленчатый вал вращается, то происходит преобразование механической энергии в электрическую. В его основе лежит физический закон, сформулированный Майклом Фарадеем и Джозефом Генри. Закон раскрывает суть вопроса о том, как работает электрогенератор [13-15].

Этот закон гласит: если проводящий контур вращается в постоянном магнитном поле, то в контуре появляется разность потенциалов (электродвижущая сила или напряжение). А при возникновении напряжения в контуре через него начинает протекать электрический ток.

Рассмотрим основные компоненты генератора. Он состоит из двух основополагающих элементов: статора и ротора.

Статор является неподвижной частью устройства. Он состоит из трех медных обмоток, каждая из которых уложена вокруг сердечника, выполненного в виде набора пластин из мягкой электротехнической стали. Мягкая сталь необходима для усиления и концентрации магнитного поля в обмотках статора.

Вторая часть, вращающаяся благодаря коленчатому валу, называется ротором или якорем. Он содержит механизм для создания магнитного поля при вращении. Для небольших генераторов этот механизм состоит из постоянных магнитов, а для крупных – представляет собой конструкцию, в основе работы которой лежит принцип электромагнитной индукции (такие устройства также называют бесщёточными).

Процесс регулировки напряжения. Ещё одним важным элементом является регулятор напряжения. Он позволяет регулировать напряжение и стабилизировать его при изменении частоты вращения и нагрузки за счет управления током возбуждения [16].

Этот процесс происходит следующим образом: часть выходного напряжения генератора подаётся на обмотку возбуждения через выпрямители, преобразующие переменный ток в постоянный. Затем, этот постоянный ток усиливает или ослабляет общее магнитное поле, создаваемое ротором.

Подобная регулировка позволяет повысить производительность и получить необходимый уровень напряжения на выходе [17].

Однако, процесс занимает некоторое время, в течение которого выходное напряжение генератора достигнет требуемого значения. При резком увеличении нагрузок, регуляторы напряжения помогут избежать провалов напряжения и обеспечат стабильную работу генератора.

6 Безопасность и экологичность бакалаврской работы

6.1 Оценка безопасности и экологичности энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания

Целью бакалаврской работы является оценка возможностей и эффективности использования энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания. В результате этого была спроектирована энергетическая поршневая установка с двухтопливной системой питания, с четырехтактным двигателем с искровым зажиганием, система питания электронная с распределенным впрыском топлива на клапан.

6.1.1 Оценка взрыво-пожаробезопасности энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания

При работе на газовом топливе, находящемся в отдельной системе питания, условия для выполнения требований по взрывобезопасности сильно ухудшаются. Так энергетическую установку с заправленным баллоном нельзя хранить в закрытом помещении с плохой вентиляцией, что требует размещения проектируемой установки в хорошо вентилируемых помещениях или размещать газовые баллоны отдельно от установки с соответствующими требованиями по взрыво-пожаробезопасности [18].

6.1.2 Оценка экологичности, по нормируемым продуктам отработавших газов, энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания

Сжатый природный газ обеспечивает более медленное сгорание по сравнению с работой на бензине, помимо этого энергетическая поршневая установка с двухтопливной системой питания работает на стационарных

режимах при постоянной частоте вращения 3000 мин^{-1} , что сказывается на полноте сгорания и снижении концентрации токсичных компонентов в отработавших газах. Рассмотрим каждый токсичный компонент в отдельности [19]:

- Продукты неполного сгорания (CH , CO и сажа) - сажа при подаче топлива на клапан по определению отсутствует, а продукты неполного сгорания при работе на бензине будут несколько выше, чем при работе на газе, но вместе с установленным каталитическим нейтрализатором выхлопных газов, при условии работы на стационарных режимах при составе смеси близкой к стехиометрической, токсичность будет находиться на низких значениях в соответствии с принятыми нормами.
- Продукты неполного окисления азота (NO и NO_2) - при работе на бензине значения будут несколько выше, чем при работе на газе, но вместе с установленным каталитическим нейтрализатором выхлопных газов, при условии работы на стационарных режимах при составе смеси близкой к стехиометрической, токсичность будет находиться на низких значениях в соответствии с принятыми нормами.
- Двуокись углерода (CO_2) - количество углекислого газа практически не зависит от топлива, а определяется нагрузкой на генераторе, но при работе на бензине его будет несколько меньше в связи с большим КПД рабочего процесса при работе на бензине.

6.1.3 Оценка экологичности, по шуму энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания

Шум в большей степени будет определяться степенью виброзащиты двигателя и генератора от основного корпуса энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания, так как режимы работы в

большой мере стационарны, то штатный глушитель вполне эффективно справится со снижением шума от системы выпуска отработавших газов. Общая величина производимого шума при работе установки не должна превышать 80 дБл [20].

6.2 Выводы о безопасности и экологичности энергетической поршневой установки с двухтопливной системой питания

1. Пожаробезопасность не изменится, а взрывоопасность увеличится.
2. Шум двигателя на основных режимах работы будет зависеть в большей степени от качества виброизоляции элементов конструкции поршневой генераторной установки.
3. Токсичность по продуктам неполного сгорания и углекислому газу снизится.
4. Токсичность по оксиду азота, на максимальных и средних нагрузках незначительно возрастет, а на холостом ходу и низких нагрузках будет в тех же пределах или ниже.
5. Для соблюдения требований правил пожаро-взрыво-безопасности требуется использование системы ограничения доступа и оборудования технического помещения средствами регистрации, техническими средствами пожаротушения (углекислотные огнетушители ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8). Эксплуатация поршневой генераторной установки возможна только в хорошо вентилируемом помещении или на открытом месте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных расчетов, теплового, кинематического, динамического, были получены следующие основные параметры необходимые для проектирования четырехцилиндрового двигателя адаптированного для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст]/ Колчин, А.И. Демидов В.П. // Учебное пособие для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа 1980. - с.496.
- 2 Кноп, V. Modeling of combustion and nitrogen oxide formation in hydrogen-fuelled internal combustion engines within a 3D CFD code / V. Кноп, A. Benkenida, S. Jay, O. Colin // International Journal of Hydrogen Energy -2008.
- 3 Polasek, M. Application of advanced simulation methods and their combination with experiments to modeling of hydrogen fueled engine emission potentials / M. Polasek, J. Macek, M. Takats, O. Vitek // SAE. - 2002. - №2002-01-0373.
- 4 Verhelst, S. A critical review of experimental research on hydrogen fueled SI engines / S. Verhelst, R. Sierens, S. Verstraeten // SAE. - 2006. - №2006-01-0430.
- 5 Taizhong, H. Influence of V content on structure and hydrogen desorbition performance of TiCrV-based hydrogen storage alloys / H. Taizhong, W. Zhu, X. Baojia, H. Tiesheng // Materials Chemistry and Physics. - 2005. - №93. - С. 544-547.
- 6 Du, Y.L. Optimization of Zrbased hydrogen storage alloys for nickel-hydride batteries / Y. L. Du, G. Chen, G. L. Chen // Intermetallics. - 2005. - Т. 13. - №3-4. - С. 399-402.
- 7 Au, M. Hydrogen storage properties of magnesium based nanostructured composite materials / M. Au // Materials Science and Engineering. - 2005. - Т. 117. - №1. - С. 37-44.
- 8 Вибе, И.И. Уточненный тепловой расчет двигателя [Текст] / И.И. Вибе// М. : Машиностроение, 1971. - с.282
- 9 Кузнецов Ю.М. «Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта». М. : Транспорт, 1986.
- 10 Луканин В.Н. «Промышленная транспортная экология». М. : Высшая школа, 2001.
- 11 Долин П.А. «Справочник по технике безопасности». М. : Энергоатомиздат, 1985.

- 12 Duranti, A. *Ethnography of Speaking: Toward a Linguistics of praxis* [Text] / A. Duranti // *Linguistics: The Cambridge Survey*. – Cambridge, 1988. – PP. 210-228.
- 13 Beran, R., Baufeld, T., Philipp, H., Kim, J. T., Kim, J. S.: *Entwicklung des H17/24G - Dem ersten koreanischen Gasmotor*. in: 11. Tagung Der Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors. Graz. 2007
- 14 Bonnevie-Svendsen, A., Boulouchos, K., Lämmle, Ch., Vlakov, I.: *Double-Vibe-Model for heat release in lean burn gas engines with prechamber ignition*. in: 6. Dessauer Gasmotoren-Konferenz. Dessau-Roßlau. 2009
- 15 Chmela, F., Dimitrov, D. *Simulation der Verbrennung bei Vorkammer-Großgasmotoren*. in: 11. Tagung Der Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors. Graz. 2007.
- 16 Chmela, F., Dimitrov, D., Pirker, G., Wimmer, A.: *Konsistente Methodik zur Vorausrechnung der Verbrennung in Kolbenkraftmaschinen*. *MTZ Motortechnische Zeitschrift* 67 (2006) 6.
- 17 Dobski, T., Wawrzyniak, J., Jancy, B.: *Combustion of Low Calorific Natural gases in Gas Engines in Pipeline Gas Transportation Systems*. in: 5. Dessauer Gasmotoren-Konferenz. Dessau. 2007.
- 18 Haslacher, R., Skalla, Ch., Jauk, Th., Eichlseder, H.: *Einsatz optischer Messmethoden bei der Entwicklung von Brennverfahren für Wasserstoff-Erdgas-Gemische*. in: 6. Dessauer Gasmotorenkonferenz. Dessau-Roßlau. 2009.
- 19 Heinz, C. Mittermayer, F., Sattelmayer, T.: *Investigation of a Novel Pre-Chamber-Concept for Lean Premixed Combustion in Large Bore Gas Motors*. Projektplakat. Technische Universität München. 2005
- 20 Defu, Z., Qingping, Z. *Investigation on the Combustion Characteristics of the Compression Ignition Divided Chamber Combustion System of the Natural Gas Engine*. in: CIMAC Congress. Wien. 2007.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 - Исходные данные для теплового расчета

Объем рабочего тела, м ³	Продолжительность процесса сгорания	Коэффициент избытка воздуха	Степень сжатия	Коэффициент молекулярного изменения смеси	P_y	T_y	Угол опережения зажигания	Полнота сгорания топлива	E_2 , МПа	Коэффициент остаточных газов	λ	Показатель характера сгорания	Частота вращения КВ
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на бензине													
1,029192	28	1	10,5	1,025724	1,913	789,86	13	0,94	51,955535	0,033925	0,293	2,5	900
1,043288	36	1.05	10,5	1,015327	1,8066	778,05	14	0,95	49,116924	0,032378	0,293	2,6	2000
1,055293	42	1.05	10,5	1,015368	1,4796	726,67	19	0,96	49,21437	0,029589	0,293	2,7	3500
1,044442	50	1.05	10,5	1,015341	1,2128	696,77	23	0,97	47,2572	0,031428	0,293	2,8	5000
1,104081	54	1	10,5	1,025809	1,1001	680,13	25	0,98	49,24586	0,030549	0,293	2,9	5600
Двигатель для стационарной силовой установки для энергообеспечения малых промышленных объектов при работе на газе													
0,989923	40	0.96	10,5	1,060488	1,823	767,52	15	0,76	43,98798	0,043126	0,293	3.1	900
1,028942	48	1	10,5	1,050596	1,469	722,11	20	0,86	46,40438	0,036289	0,293	3.2	2600
1,05791	55	1	10,5	1,050718	1,267	697,718	23	0,96	50,28953	0,033797	0,293	3.3	3700
1,08835	58	1	10,5	1,050909	1,098	665,279	26	0,97	50,44589	0,029931	0,293	3.4	5000
1,150416	62	1	10,5	1,050917	0,977	652,082	28	0,99	49,49647	0,029751	0,293	3.5	5600

Таблица А2 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на бензине для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 900 \text{ мин}^{-1}$

Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	m_{1-2}	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$\gamma(f1)$	Доля выделившегося на участке тепла	Средняя на участке температура, К	k_{1-2}	K_{1-2}	DX_{1-2}
1,91405	1	1	0	0	-13	787,0153	787,01531	0,11341	0,0331	1,15699	2,97E-05	790,9425			5,95E-05
1,972511	1	1	5,95E-05	1	-12	794,8697	794,8696	0,11114	0,0282	1,13391	0,000307	801,2881	1,355958	6,618639	0,000613
2,042709	1	1	0,000673	2	-11	807,7065	807,70583	0,10906	0,0237	1,11263	0,001052	818,7097	1,35467	6,639044	0,002105
2,135752	1	1,00002	0,002777	3	-10	829,7129	829,7102	0,10715	0,0196	1,09316	0,002403	847,6335	1,352568	6,672663	0,004806

2,264611	1,0001	1,00005	0,007583	4	-9	865,5541	865,5447	0,10542	0,0159	1,07552	0,004451	892,7368	1,349273	6,726183	0,008902
2,442867	1,0002	1,00011	0,016485	5	-8	919,9196	919,89361	0,10387	0,0126	1,05971	0,007245	958,4727	1,344567	6,80438	0,01449
2,683193	1,0003	1,00022	0,030975	6	-7	997,0259	996,96661	0,1025	0,0096	1,04574	0,010782	1048,582	1,338506	6,908307	0,021563
2,995772	1,0005	1,00039	0,052538	7	-6	1100,138	1100,0255	0,10131	0,0071	1,03363	0,01499	1165,654	1,33143	7,03445	0,029979
3,386877	1,0008	1,00063	0,082518	8	-5	1231,171	1230,9926	0,10031	0,0049	1,02336	0,01972	1310,784	1,323861	7,175483	0,039441
3,857693	1,0011	1,00095	0,121958	9	-4	1390,396	1390,1522	0,09948	0,0031	1,01496	0,024739	1483,306	1,316341	7,322287	0,049478
4,403405	1,0016	1,00136	0,171436	10	-3	1576,217	1575,9274	0,09884	0,0018	1,00842	0,029729	1680,63	1,309303	7,466143	0,059458
5,01263	1,0021	1,00187	0,230894	11	-2	1785,043	1784,7442	0,09838	0,0008	1,00374	0,034312	1898,172	1,30302	7,600216	0,068624
5,667379	1,0028	1,00246	0,299518	12	-1	2011,301	2011,0338	0,09811	0,0002	1,00094	0,038079	2129,472	1,297617	7,720046	0,076159
6,343794	1,0035	1,00313	0,375677	13	0	2247,643	2247,445	0,09802	0	1	0,040646	2366,532	1,293112	7,823342	0,081291
7,013788	1,0042	1,00386	0,456968	14	1	2485,421	2485,3209	0,09811	0,0002	1,00094	0,041706	2600,422	1,289457	7,909484	0,083411
7,647588	1,005	1,00463	0,540379	15	2	2715,423	2715,4349	0,09838	0,0008	1,00374	0,041093	2822,106	1,286574	7,979011	0,082187
8,216861	1,0058	1,0054	0,622566	16	3	2928,788	2928,9142	0,09884	0,0018	1,00842	0,038823	3023,382	1,284365	8,033217	0,077645
8,697945	1,0065	1,00614	0,700211	17	4	3117,977	3118,2084	0,09948	0,0031	1,01496	0,035101	3197,789	1,282731	8,073866	0,070202
9,074544	1,0072	1,00683	0,770413	18	5	3277,601	3277,9229	0,10031	0,0049	1,02336	0,030307	3341,275	1,281572	8,102981	0,060614
9,339307	1,0077	1,00743	0,831028	19	6	3404,95	3405,3437	0,10131	0,0071	1,03363	0,024929	3452,519	1,280793	8,122677	0,049858
9,493951	1,0082	1,00795	0,880885	20	7	3500,088	3500,5344	0,1025	0,0096	1,04574	0,019483	3532,799	1,280308	8,135012	0,038966
9,547915	1,0085	1,00836	0,919851	21	8	3565,509	3565,9906	0,10387	0,0126	1,05971	0,014427	3585,476	1,280039	8,141868	0,028853
9,515953	1,0088	1,00867	0,948704	22	9	3605,442	3605,9438	0,10542	0,0159	1,07552	0,010091	3615,213	1,279922	8,144851	0,020183
9,41527	1,009	1,0089	0,968887	23	10	3624,985	3625,4947	0,10715	0,0196	1,09316	0,006647	3627,128	1,279906	8,145248	0,013294
9,262908	1,0091	1,00906	0,982182	24	11	3629,272	3629,7817	0,10906	0,0237	1,11263	0,00411	3626,06	1,279955	8,14401	0,008219
9,073856	1,0092	1,00916	0,990401	25	12	3622,848	3623,3517	0,11114	0,0282	1,13391	0,002377	3616,085	1,280042	8,141792	0,004754
8,860108	1,0092	1,00922	0,995155	26	13	3609,322	3609,816	0,11341	0,0331	1,15699	0,001281	3600,309	1,280151	8,139004	0,002563
8,630544	1,0093	1,00925	0,997717	27	14	3591,297	3591,7787	0,11585	0,0383	1,18187	0,000642	3580,895	1,280274	8,135878	0,001283
8,391378	1,0093	1,00927	0,999	28	15	3570,492	3570,9599	0,11846	0,0439	1,20853	0,000297	3559,225	1,280405	8,132531	0,000594

Таблица А3 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на бензине для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$

DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	m_{1-2}	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$\gamma(f1)$	Доля выделившегося на участке тепла	Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2
-------	----------	---	-----------	-------------------------------	----------------------------	------------------	--------------------------------	----------------------------	----------------	---	--------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------	------

0,0000	1,8072	1,0000	1,0000	0,0000	0	-14	774,4584	774,45835	0,1174	0,0383	1,1819	0,0000	777,7241		
0,0002	1,8616	1,0000	1,0000	0,0000	1	-13	780,9898	780,9897	0,1150	0,0331	1,1570	0,0001	784,9117	1,3576	6,5926
0,0007	1,9186	1,0000	1,0000	0,0002	2	-12	788,8336	788,83336	0,1127	0,0282	1,1339	0,0003	794,0977	1,3567	6,6069
0,0016	1,9814	1,0000	1,0000	0,0009	3	-11	799,3618	799,36107	0,1106	0,0237	1,1126	0,0008	806,7931	1,3556	6,6251
0,0031	2,0543	1,0001	1,0001	0,0025	4	-10	814,2243	814,22237	0,1086	0,0196	1,0932	0,0016	824,7447	1,3540	6,6497
0,0052	2,1422	1,0002	1,0002	0,0056	5	-9	835,265	835,26014	0,1069	0,0159	1,0755	0,0026	849,8438	1,3519	6,6837
0,0080	2,2504	1,0004	1,0003	0,0109	6	-8	864,4226	864,41121	0,1053	0,0126	1,0597	0,0040	884,0182	1,3491	6,7294
0,0114	2,3844	1,0007	1,0006	0,0188	7	-7	903,6137	903,58893	0,1039	0,0096	1,0457	0,0057	929,1087	1,3455	6,7885
0,0156	2,5494	1,0012	1,0010	0,0303	8	-6	954,6037	954,55412	0,1027	0,0071	1,0336	0,0078	986,7400	1,3412	6,8614
0,0205	2,7496	1,0018	1,0015	0,0459	9	-5	1018,876	1018,7851	0,1017	0,0049	1,0234	0,0102	1058,1941	1,3363	6,9473
0,0259	2,9883	1,0026	1,0022	0,0663	10	-4	1097,512	1097,358	0,1008	0,0031	1,0150	0,0129	1144,2979	1,3309	7,0437
0,0317	3,2669	1,0036	1,0031	0,0922	11	-3	1191,084	1190,8438	0,1002	0,0018	1,0084	0,0159	1245,3279	1,3253	7,1474
0,0379	3,5848	1,0048	1,0042	0,1240	12	-2	1299,572	1299,2242	0,0997	0,0008	1,0037	0,0189	1360,9357	1,3198	7,2545
0,0440	3,9394	1,0063	1,0056	0,1618	13	-1	1422,3	1421,8278	0,0995	0,0002	1,0009	0,0220	1490,0969	1,3144	7,3612
0,0500	4,3256	1,0080	1,0072	0,2059	14	0	1557,894	1557,2895	0,0994	0,0000	1,0000	0,0250	1631,0878	1,3094	7,4643
0,0554	4,7360	1,0100	1,0090	0,2559	15	1	1704,281	1703,5433	0,0995	0,0002	1,0009	0,0277	1781,5009	1,3048	7,5611
0,0599	5,1610	1,0121	1,0110	0,3112	16	2	1858,721	1857,8562	0,0997	0,0008	1,0037	0,0299	1938,3077	1,3008	7,6498
0,0632	5,5893	1,0144	1,0133	0,3711	17	3	2017,895	2016,9173	0,1002	0,0018	1,0084	0,0316	2097,9766	1,2972	7,7294
0,0652	6,0082	1,0169	1,0157	0,4343	18	4	2178,058	2176,9839	0,1008	0,0031	1,0150	0,0326	2256,6475	1,2942	7,7992
0,0655	6,4046	1,0195	1,0182	0,4995	19	5	2335,237	2334,0831	0,1017	0,0049	1,0234	0,0328	2410,3539	1,2916	7,8594
0,0643	6,7658	1,0220	1,0207	0,5650	20	6	2485,471	2484,2559	0,1027	0,0071	1,0336	0,0321	2555,2769	1,2894	7,9101
0,0614	7,0806	1,0245	1,0233	0,6293	21	7	2625,083	2623,8215	0,1039	0,0096	1,0457	0,0307	2688,0045	1,2877	7,9519
0,0570	7,3398	1,0269	1,0257	0,6906	22	8	2750,926	2749,633	0,1053	0,0126	1,0597	0,0285	2805,7675	1,2863	7,9856
0,0514	7,5373	1,0291	1,0280	0,7476	23	9	2860,609	2859,2939	0,1069	0,0159	1,0755	0,0257	2906,6219	1,2852	8,0120
0,0451	7,6700	1,0311	1,0301	0,7991	24	10	2952,635	2951,3078	0,1086	0,0196	1,0932	0,0225	2989,5537	1,2844	8,0320
0,0383	7,7384	1,0329	1,0320	0,8442	25	11	3026,472	3025,1391	0,1106	0,0237	1,1126	0,0191	3054,4929	1,2838	8,0465
0,0315	7,7460	1,0344	1,0336	0,8824	26	12	3082,513	3081,1792	0,1127	0,0282	1,1339	0,0157	3102,2338	1,2834	8,0564
0,0250	7,6987	1,0356	1,0350	0,9139	27	13	3121,954	3120,6227	0,1150	0,0331	1,1570	0,0125	3134,2776	1,2832	8,0625
0,0192	7,6042	1,0366	1,0361	0,9389	28	14	3146,601	3145,2749	0,1174	0,0383	1,1819	0,0096	3152,6193	1,2831	8,0657
0,0142	7,4712	1,0373	1,0369	0,9581	29	15	3158,638	3157,319	0,1201	0,0439	1,2085	0,0071	3159,5136	1,2830	8,0666
0,0100	7,3081	1,0379	1,0376	0,9722	30	16	3160,39	3159,0799	0,1229	0,0499	1,2370	0,0050	3157,2518	1,2831	8,0657

0,0068	7,1231	1,0382	1,0381	0,9823	31	17	3154,114	3152,8146	0,1259	0,0562	1,2671	0,0034	3147,9783	1,2831	8,0635
0,0045	6,9232	1,0385	1,0384	0,9891	32	18	3141,843	3140,554	0,1291	0,0630	1,2991	0,0022	3133,5632	1,2833	8,0604
0,0028	6,7143	1,0387	1,0386	0,9936	33	19	3125,284	3124,0071	0,1324	0,0700	1,3327	0,0014	3115,5372	1,2834	8,0568
0,0017	6,5009	1,0388	1,0387	0,9964	34	20	3105,791	3104,526	0,1359	0,0775	1,3681	0,0008	3095,0818	1,2836	8,0526
0,0009	6,2864	1,0389	1,0388	0,9981	35	21	3084,373	3083,1213	0,1396	0,0853	1,4051	0,0005	3073,0605	1,2838	8,0482
0,0005	6,0733	1,0389	1,0389	0,9990	36	22	3061,748	3060,509	0,1435	0,0934	1,4438	0,0003	3050,0737	1,2839	8,0435

Таблица А4 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на бензине для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 3500 \text{ мин}^{-1}$

DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	m_{1-2}	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предполагаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$\gamma (f1)$	Доля выделившегося на участке тепла	Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2
0,0000	1,4797	1,0000	1,0000	0,0000	0	-19	723,2775	723,2775	0,1339	0,0700	1,3327	0,0000	726,8004		
0,0001	1,5328	1,0000	1,0000	0,0000	1	-18	730,3232	730,3231	0,1306	0,0630	1,2991	0,0000	734,1506	1,3645	6,4865
0,0003	1,5879	1,0000	1,0000	0,0001	2	-17	737,9779	737,9773	0,1274	0,0562	1,2671	0,0002	742,4548	1,3635	6,5026
0,0008	1,6464	1,0000	1,0000	0,0004	3	-16	746,9316	746,9301	0,1243	0,0499	1,2370	0,0004	752,4924	1,3623	6,5204
0,0015	1,7103	1,0000	1,0000	0,0012	4	-15	758,0532	758,05	0,1215	0,0439	1,2085	0,0007	765,2066	1,3609	6,5418
0,0025	1,7819	1,0001	1,0001	0,0026	5	-14	772,3599	772,3535	0,1188	0,0383	1,1819	0,0013	781,6713	1,3592	6,5682
0,0039	1,8642	1,0002	1,0002	0,0051	6	-13	790,9826	790,9704	0,1163	0,0331	1,1570	0,0020	803,0529	1,3570	6,6016
0,0058	1,9605	1,0004	1,0003	0,0091	7	-12	815,1232	815,1007	0,1140	0,0282	1,1339	0,0029	830,5634	1,3544	6,6436
0,0080	2,0740	1,0006	1,0005	0,0148	8	-11	846,0037	845,9634	0,1118	0,0237	1,1126	0,0040	865,4064	1,3512	6,6952
0,0107	2,2083	1,0009	1,0007	0,0229	9	-10	884,8091	884,7397	0,1099	0,0196	1,0932	0,0054	908,7177	1,3474	6,7571
0,0139	2,3666	1,0013	1,0011	0,0336	10	-9	932,6264	932,5115	0,1081	0,0159	1,0755	0,0069	961,5053	1,3431	6,8291
0,0174	2,5517	1,0019	1,0016	0,0474	11	-8	990,3841	990,2022	0,1065	0,0126	1,0597	0,0087	1024,5898	1,3384	6,9103
0,0214	2,7659	1,0025	1,0022	0,0648	12	-7	1058,795	1058,52	0,1051	0,0096	1,0457	0,0107	1098,5510	1,3334	6,9988
0,0256	3,0105	1,0034	1,0029	0,0862	13	-6	1138,307	1137,909	0,1039	0,0071	1,0336	0,0128	1183,6796	1,3283	7,0926
0,0301	3,2857	1,0044	1,0039	0,1118	14	-5	1229,053	1228,504	0,1029	0,0049	1,0234	0,0151	1279,9356	1,3231	7,1891
0,0347	3,5908	1,0055	1,0050	0,1419	15	-4	1330,819	1330,092	0,1020	0,0031	1,0150	0,0174	1386,9143	1,3182	7,2859
0,0393	3,9233	1,0069	1,0062	0,1766	16	-3	1443,01	1442,085	0,1013	0,0018	1,0084	0,0196	1503,8223	1,3135	7,3805

0,0437	4,2796	1,0084	1,0077	0,2159	17	-2	1564,635	1563,496	0,1009	0,0008	1,0037	0,0218	1629,4664	1,3091	7,4712
0,0477	4,6543	1,0101	1,0093	0,2595	18	-1	1694,298	1692,94	0,1006	0,0002	1,0009	0,0238	1762,2593	1,3050	7,5565
0,0512	5,0410	1,0120	1,0111	0,3072	19	0	1830,22	1828,645	0,1005	0,0000	1,0000	0,0256	1900,2473	1,3014	7,6353
0,0539	5,4318	1,0140	1,0130	0,3584	20	1	1970,274	1968,489	0,1006	0,0002	1,0009	0,0270	2041,1627	1,2982	7,7070
0,0558	5,8180	1,0161	1,0150	0,4123	21	2	2112,051	2110,071	0,1009	0,0008	1,0037	0,0279	2182,5018	1,2954	7,7712
0,0568	6,1902	1,0183	1,0172	0,4681	22	3	2252,953	2250,795	0,1013	0,0018	1,0084	0,0284	2321,6276	1,2929	7,8279
0,0566	6,5393	1,0205	1,0194	0,5249	23	4	2390,303	2387,989	0,1020	0,0031	1,0150	0,0283	2455,8906	1,2908	7,8772
0,0554	6,8564	1,0227	1,0216	0,5815	24	5	2521,479	2519,031	0,1029	0,0049	1,0234	0,0277	2582,7623	1,2890	7,9196
0,0531	7,1335	1,0249	1,0238	0,6370	25	6	2644,046	2641,485	0,1039	0,0071	1,0336	0,0266	2699,9670	1,2875	7,9553
0,0499	7,3644	1,0269	1,0259	0,6901	26	7	2755,888	2753,236	0,1051	0,0096	1,0457	0,0249	2805,6044	1,2863	7,9849
0,0459	7,5443	1,0289	1,0279	0,7400	27	8	2855,321	2852,596	0,1065	0,0126	1,0597	0,0229	2898,2475	1,2853	8,0090
0,0412	7,6710	1,0307	1,0298	0,7858	28	9	2941,174	2938,395	0,1081	0,0159	1,0755	0,0206	2977,0075	1,2846	8,0280
0,0362	7,7439	1,0323	1,0315	0,8270	29	10	3012,841	3010,023	0,1099	0,0196	1,0932	0,0181	3041,5593	1,2840	8,0427
0,0310	7,7649	1,0337	1,0330	0,8632	30	11	3070,278	3067,436	0,1118	0,0237	1,1126	0,0155	3092,1233	1,2835	8,0535
0,0258	7,7374	1,0349	1,0343	0,8942	31	12	3113,969	3111,114	0,1140	0,0282	1,1339	0,0129	3129,4076	1,2832	8,0610
0,0210	7,6665	1,0359	1,0354	0,9200	32	13	3144,846	3141,989	0,1163	0,0331	1,1570	0,0105	3154,5161	1,2831	8,0657
0,0166	7,5580	1,0367	1,0363	0,9410	33	14	3164,186	3161,334	0,1188	0,0383	1,1819	0,0083	3168,8352	1,2830	8,0682
0,0128	7,4183	1,0374	1,0371	0,9576	34	15	3173,484	3170,646	0,1215	0,0439	1,2085	0,0064	3173,9105	1,2829	8,0689
0,0095	7,2538	1,0379	1,0376	0,9704	35	16	3174,336	3171,516	0,1243	0,0499	1,2370	0,0048	3171,3286	1,2830	8,0681
0,0069	7,0706	1,0383	1,0381	0,9799	36	17	3168,321	3165,524	0,1274	0,0562	1,2671	0,0034	3162,6147	1,2830	8,0662
0,0048	6,8742	1,0385	1,0384	0,9867	37	18	3156,909	3154,138	0,1306	0,0630	1,2991	0,0024	3149,1547	1,2831	8,0634
0,0032	6,6692	1,0387	1,0386	0,9915	38	19	3141,401	3138,66	0,1339	0,0700	1,3327	0,0016	3132,1460	1,2833	8,0600
0,0021	6,4596	1,0388	1,0388	0,9948	39	20	3122,891	3120,182	0,1375	0,0775	1,3681	0,0011	3112,5756	1,2834	8,0561
0,0013	6,2484	1,0389	1,0389	0,9969	40	21	3102,26	3099,584	0,1412	0,0853	1,4051	0,0007	3091,2223	1,2836	8,0519
0,0008	6,0380	1,0390	1,0390	0,9982	41	22	3080,185	3077,543	0,1451	0,0934	1,4438	0,0004	3068,6764	1,2838	8,0473
0,0005	5,8302	1,0390	1,0390	0,9990	42	23	3057,168	3054,561	0,1492	0,1019	1,4842	0,0002	3045,3694	1,2840	8,0426

Таблица А5 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на бензине для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$

DX1-2	Давление	Коэффи-	m_{1-2}	Характе-	Угол	Текущий	Темпе-	Темпе-	Удельный	s	$\gamma(f1)$	Доля	Сред-няя	k1-2	K1-2
-------	----------	---------	-----------	----------	------	---------	--------	--------	----------	---	--------------	------	----------	------	------

		цент моле- кулярного изменения смеси		ристика тепловы- деления	ПКВ от начала горения	угол ПКВ	ратура предпо- лагае- мая/, К	ратура дейст- витель- ная	объем			выдели- вшегося на участке тепла	на участке темпре- ратура, К		
0,0000	1,2764	1,0000	1,0000	0,0000	0	-23	687,6783	687,6783	0,1476	0,1019	1,4842	0,0000	691,3046		
0,0001	1,3259	1,0000	1,0000	0,0000	1	-22	694,9309	694,9307	0,1436	0,0934	1,4438	0,0000	698,7904	1,3699	6,4062
0,0002	1,3776	1,0000	1,0000	0,0001	2	-21	702,6499	702,649	0,1398	0,0853	1,4051	0,0001	706,9614	1,3688	6,4236
0,0005	1,4323	1,0000	1,0000	0,0003	3	-20	711,273	711,271	0,1361	0,0775	1,3681	0,0003	716,3037	1,3675	6,4424
0,0010	1,4911	1,0000	1,0000	0,0008	4	-19	721,3345	721,3304	0,1326	0,0700	1,3327	0,0005	727,3907	1,3661	6,4636
0,0016	1,5554	1,0001	1,0000	0,0017	5	-18	733,447	733,4396	0,1292	0,0630	1,2991	0,0008	740,8660	1,3644	6,4883
0,0025	1,6269	1,0001	1,0001	0,0033	6	-17	748,2849	748,2722	0,1260	0,0562	1,2671	0,0012	757,4247	1,3625	6,5176
0,0036	1,7075	1,0002	1,0002	0,0058	7	-16	766,5644	766,5438	0,1230	0,0499	1,2370	0,0018	777,7935	1,3602	6,5527
0,0049	1,7990	1,0004	1,0003	0,0094	8	-15	789,0225	788,9901	0,1202	0,0439	1,2085	0,0025	802,7075	1,3575	6,5943
0,0065	1,9037	1,0006	1,0005	0,0143	9	-14	816,3925	816,3432	0,1176	0,0383	1,1819	0,0033	832,8854	1,3544	6,6432
0,0084	2,0236	1,0008	1,0007	0,0208	10	-13	849,3783	849,306	0,1151	0,0331	1,1570	0,0042	869,0035	1,3509	6,6995
0,0105	2,1608	1,0011	1,0010	0,0292	11	-12	888,6288	888,5261	0,1128	0,0282	1,1339	0,0053	911,6703	1,3470	6,7631
0,0129	2,3171	1,0016	1,0013	0,0397	12	-11	934,7119	934,5712	0,1107	0,0237	1,1126	0,0065	961,4019	1,3429	6,8334
0,0155	2,4941	1,0021	1,0018	0,0527	13	-10	988,0919	987,9054	0,1087	0,0196	1,0932	0,0078	1018,6000	1,3384	6,9094
0,0184	2,6929	1,0027	1,0024	0,0682	14	-9	1049,108	1048,869	0,1070	0,0159	1,0755	0,0092	1083,5321	1,3339	6,9898
0,0214	2,9143	1,0034	1,0030	0,0866	15	-8	1117,956	1117,659	0,1054	0,0126	1,0597	0,0107	1156,3142	1,3293	7,0730
0,0245	3,1582	1,0042	1,0038	0,1080	16	-7	1194,672	1194,313	0,1040	0,0096	1,0457	0,0123	1236,8954	1,3248	7,1576
0,0277	3,4240	1,0052	1,0047	0,1325	17	-6	1279,119	1278,695	0,1028	0,0071	1,0336	0,0139	1325,0458	1,3204	7,2420
0,0309	3,7103	1,0062	1,0057	0,1602	18	-5	1370,973	1370,487	0,1018	0,0049	1,0234	0,0155	1420,3466	1,3162	7,3248
0,0341	4,0150	1,0075	1,0069	0,1911	19	-4	1469,72	1469,174	0,1010	0,0031	1,0150	0,0170	1522,1849	1,3123	7,4048
0,0370	4,3350	1,0088	1,0081	0,2252	20	-3	1574,65	1574,047	0,1003	0,0018	1,0084	0,0185	1629,7528	1,3086	7,4811
0,0398	4,6664	1,0102	1,0095	0,2622	21	-2	1684,856	1684,203	0,0998	0,0008	1,0037	0,0199	1742,0542	1,3052	7,5530
0,0422	5,0046	1,0118	1,0110	0,3020	22	-1	1799,252	1798,555	0,0996	0,0002	1,0009	0,0211	1857,9181	1,3021	7,6200
0,0443	5,3444	1,0134	1,0126	0,3442	23	0	1916,584	1915,849	0,0995	0,0000	1,0000	0,0221	1976,0213	1,2993	7,6817
0,0458	5,6800	1,0151	1,0143	0,3885	24	1	2035,459	2034,692	0,0996	0,0002	1,0009	0,0229	2094,9198	1,2968	7,7380
0,0468	6,0055	1,0169	1,0160	0,4343	25	2	2154,381	2153,59	0,0998	0,0008	1,0037	0,0234	2213,0875	1,2946	7,7888
0,0473	6,3147	1,0188	1,0178	0,4811	26	3	2271,794	2270,984	0,1003	0,0018	1,0084	0,0236	2328,9633	1,2926	7,8344

0,0471	6,6018	1,0206	1,0197	0,5284	27	4	2386,132	2385,308	0,1010	0,0031	1,0150	0,0235	2441,0022	1,2909	7,8748
0,0463	6,8611	1,0224	1,0215	0,5754	28	5	2495,872	2495,038	0,1018	0,0049	1,0234	0,0231	2547,7290	1,2894	7,9103
0,0448	7,0879	1,0242	1,0233	0,6217	29	6	2599,586	2598,747	0,1028	0,0071	1,0336	0,0224	2647,7918	1,2881	7,9412
0,0429	7,2783	1,0260	1,0251	0,6665	30	7	2695,998	2695,156	0,1040	0,0096	1,0457	0,0214	2740,0112	1,2870	7,9676
0,0404	7,4293	1,0277	1,0268	0,7094	31	8	2784,025	2783,183	0,1054	0,0126	1,0597	0,0202	2823,4221	1,2861	7,9901
0,0375	7,5393	1,0292	1,0285	0,7498	32	9	2862,819	2861,979	0,1070	0,0159	1,0755	0,0187	2897,3063	1,2854	8,0088
0,0343	7,6076	1,0307	1,0300	0,7873	33	10	2931,793	2930,956	0,1087	0,0196	1,0932	0,0171	2961,2122	1,2847	8,0241
0,0308	7,6349	1,0320	1,0314	0,8215	34	11	2990,631	2989,799	0,1107	0,0237	1,1126	0,0154	3014,9610	1,2842	8,0364
0,0273	7,6229	1,0332	1,0326	0,8524	35	12	3039,291	3038,463	0,1128	0,0282	1,1339	0,0136	3058,6395	1,2839	8,0460
0,0237	7,5743	1,0343	1,0338	0,8796	36	13	3077,988	3077,166	0,1151	0,0331	1,1570	0,0119	3092,5785	1,2836	8,0531
0,0203	7,4924	1,0352	1,0348	0,9033	37	14	3107,169	3106,353	0,1176	0,0383	1,1819	0,0101	3117,3212	1,2834	8,0581
0,0170	7,3811	1,0360	1,0356	0,9236	38	15	3127,473	3126,663	0,1202	0,0439	1,2085	0,0085	3133,5813	1,2832	8,0612
0,0140	7,2447	1,0367	1,0363	0,9406	39	16	3139,689	3138,885	0,1230	0,0499	1,2370	0,0070	3142,1968	1,2832	8,0628
0,0113	7,0876	1,0372	1,0370	0,9547	40	17	3144,704	3143,906	0,1260	0,0562	1,2671	0,0057	3144,0809	1,2832	8,0630
0,0090	6,9140	1,0377	1,0374	0,9660	41	18	3143,457	3142,665	0,1292	0,0630	1,2991	0,0045	3140,1751	1,2832	8,0621
0,0070	6,7280	1,0380	1,0378	0,9750	42	19	3136,893	3136,107	0,1326	0,0700	1,3327	0,0035	3131,4069	1,2833	8,0603
0,0053	6,5331	1,0383	1,0382	0,9819	43	20	3125,921	3125,141	0,1361	0,0775	1,3681	0,0026	3118,6544	1,2834	8,0577
0,0039	6,3328	1,0385	1,0384	0,9872	44	21	3111,388	3110,613	0,1398	0,0853	1,4051	0,0020	3102,7201	1,2835	8,0544
0,0029	6,1297	1,0387	1,0386	0,9912	45	22	3094,052	3093,284	0,1436	0,0934	1,4438	0,0014	3084,3134	1,2837	8,0507
0,0020	5,9262	1,0388	1,0387	0,9940	46	23	3074,574	3073,812	0,1476	0,1019	1,4842	0,0010	3064,0427	1,2838	8,0466
0,0014	5,7242	1,0388	1,0388	0,9960	47	24	3053,511	3052,755	0,1518	0,1108	1,5262	0,0007	3042,4144	1,2840	8,0422
0,0009	5,5251	1,0389	1,0389	0,9974	48	25	3031,318	3030,568	0,1561	0,1200	1,5698	0,0005	3019,8387	1,2842	8,0376
0,0006	5,3300	1,0389	1,0389	0,9984	49	26	3008,36	3007,616	0,1606	0,1295	1,6150	0,0003	2996,6395	1,2844	8,0327
0,0004	5,1397	1,0390	1,0389	0,9990	50	27	2984,919	2984,182	0,1653	0,1393	1,6618	0,0002	2973,0664	1,2846	8,0277

Таблица А6 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на бензине для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 5600 \text{ мин}^{-1}$

DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного	m_{1-2}	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологае-	Температура действитель-	Удельный объем	s	$\gamma (f1)$	Доля выделившегося	Средняя на участке темпре-	k1-2	K1-2
-------	----------	---------------------------	-----------	-------------------------------	----------------------------	------------------	--------------------------	--------------------------	----------------	---	---------------	--------------------	----------------------------	------	------

		изменения смеси					мая/, К	ная				участке тепла	ратура, К		
0,0000	1,1233	1,0000	1,0000	0,0000	0	-25	678,427	678,427	0,1651	0,1200	1,5698	0,0000	682,0387		
0,0000	1,1677	1,0000	1,0000	0,0000	1	-24	685,651	685,6504	0,1605	0,1108	1,5262	0,0000	689,3775	1,3715	6,3842
0,0001	1,2138	1,0000	1,0000	0,0000	2	-23	693,105	693,1042	0,1561	0,1019	1,4842	0,0000	697,0662	1,3703	6,4016
0,0002	1,2620	1,0000	1,0000	0,0001	3	-22	701,028	701,0269	0,1518	0,0934	1,4438	0,0001	705,3810	1,3690	6,4196
0,0005	1,3129	1,0000	1,0000	0,0003	4	-21	709,734	709,7326	0,1477	0,0853	1,4051	0,0002	714,6706	1,3677	6,4388
0,0008	1,3672	1,0000	1,0000	0,0008	5	-20	719,607	719,604	0,1439	0,0775	1,3681	0,0004	725,3484	1,3663	6,4599
0,0013	1,4259	1,0001	1,0001	0,0016	6	-19	731,09	731,0852	0,1401	0,0700	1,3327	0,0006	737,8857	1,3647	6,4837
0,0019	1,4901	1,0001	1,0001	0,0029	7	-18	744,681	744,674	0,1366	0,0630	1,2991	0,0010	752,8019	1,3629	6,5111
0,0027	1,5611	1,0002	1,0002	0,0049	8	-17	760,922	760,9112	0,1332	0,0562	1,2671	0,0014	770,6538	1,3608	6,5428
0,0037	1,6403	1,0004	1,0003	0,0076	9	-16	780,385	780,3688	0,1301	0,0499	1,2370	0,0019	792,0225	1,3584	6,5796
0,0049	1,7292	1,0006	1,0005	0,0113	10	-15	803,66	803,6358	0,1271	0,0439	1,2085	0,0024	817,4977	1,3557	6,6221
0,0063	1,8295	1,0008	1,0007	0,0162	11	-14	831,336	831,3018	0,1243	0,0383	1,1819	0,0031	847,6611	1,3527	6,6706
0,0079	1,9428	1,0011	1,0010	0,0225	12	-13	863,987	863,9398	0,1217	0,0331	1,1570	0,0039	883,0686	1,3493	6,7254
0,0097	2,0706	1,0015	1,0013	0,0304	13	-12	902,151	902,0877	0,1192	0,0282	1,1339	0,0048	924,2318	1,3457	6,7861
0,0117	2,2144	1,0020	1,0018	0,0401	14	-11	946,313	946,2304	0,1170	0,0237	1,1126	0,0058	971,6002	1,3417	6,8523
0,0139	2,3756	1,0026	1,0023	0,0518	15	-10	996,887	996,7819	0,1149	0,0196	1,0932	0,0070	1025,5439	1,3377	6,9232
0,0163	2,5549	1,0033	1,0030	0,0657	16	-9	1054,2	1054,069	0,1131	0,0159	1,0755	0,0081	1086,3373	1,3335	6,9979
0,0188	2,7532	1,0042	1,0037	0,0819	17	-8	1118,47	1118,315	0,1114	0,0126	1,0597	0,0094	1154,1442	1,3292	7,0751
0,0215	2,9705	1,0051	1,0046	0,1008	18	-7	1189,81	1189,626	0,1100	0,0096	1,0457	0,0108	1229,0037	1,3250	7,1537
0,0243	3,2065	1,0062	1,0057	0,1223	19	-6	1268,19	1267,975	0,1087	0,0071	1,0336	0,0122	1310,8174	1,3209	7,2324
0,0271	3,4604	1,0074	1,0068	0,1466	20	-5	1353,44	1353,195	0,1076	0,0049	1,0234	0,0136	1399,3391	1,3169	7,3101
0,0299	3,7305	1,0088	1,0081	0,1737	21	-4	1445,24	1444,964	0,1067	0,0031	1,0150	0,0150	1494,1660	1,3132	7,3859
0,0327	4,0146	1,0103	1,0096	0,2037	22	-3	1543,1	1542,799	0,1060	0,0018	1,0084	0,0163	1594,7337	1,3097	7,4588
0,0353	4,3101	1,0120	1,0112	0,2364	23	-2	1646,37	1646,054	0,1055	0,0008	1,0037	0,0177	1700,3157	1,3064	7,5282
0,0377	4,6132	1,0138	1,0129	0,2717	24	-1	1754,26	1753,924	0,1052	0,0002	1,0009	0,0189	1810,0275	1,3033	7,5936
0,0399	4,9201	1,0157	1,0147	0,3094	25	0	1865,8	1865,447	0,1052	0,0000	1,0000	0,0199	1922,8378	1,3005	7,6546
0,0417	5,2262	1,0177	1,0167	0,3493	26	1	1979,88	1979,522	0,1052	0,0002	1,0009	0,0209	2037,5857	1,2980	7,7110
0,0432	5,5267	1,0198	1,0188	0,3910	27	2	2095,29	2094,927	0,1055	0,0008	1,0037	0,0216	2153,0054	1,2957	7,7626
0,0441	5,8164	1,0220	1,0209	0,4342	28	3	2210,72	2210,351	0,1060	0,0018	1,0084	0,0221	2267,7566	1,2937	7,8096

0,0446	6,0904	1,0243	1,0231	0,4783	29	4	2324,79	2324,424	0,1067	0,0031	1,0150	0,0223	2380,4618	1,2919	7,8519
0,0446	6,3436	1,0265	1,0254	0,5230	30	5	2436,13	2435,761	0,1076	0,0049	1,0234	0,0223	2489,7472	1,2903	7,8897
0,0441	6,5716	1,0288	1,0277	0,5676	31	6	2543,36	2542,999	0,1087	0,0071	1,0336	0,0220	2594,2863	1,2889	7,9231
0,0430	6,7704	1,0310	1,0299	0,6117	32	7	2645,21	2644,846	0,1100	0,0096	1,0457	0,0215	2692,8435	1,2877	7,9525
0,0414	6,9367	1,0332	1,0321	0,6546	33	8	2740,48	2740,123	0,1114	0,0126	1,0597	0,0207	2784,3164	1,2866	7,9779
0,0394	7,0681	1,0353	1,0343	0,6961	34	9	2828,15	2827,803	0,1131	0,0159	1,0755	0,0197	2867,7730	1,2857	7,9997
0,0369	7,1630	1,0373	1,0363	0,7354	35	10	2907,39	2907,048	0,1149	0,0196	1,0932	0,0185	2942,4818	1,2850	8,0182
0,0341	7,2211	1,0392	1,0382	0,7723	36	11	2977,57	2977,233	0,1170	0,0237	1,1126	0,0171	3007,9337	1,2844	8,0335
0,0311	7,2426	1,0409	1,0400	0,8064	37	12	3038,3	3037,963	0,1192	0,0282	1,1339	0,0155	3063,8531	1,2838	8,0460
0,0279	7,2290	1,0425	1,0417	0,8375	38	13	3089,41	3089,083	0,1217	0,0331	1,1570	0,0140	3110,1989	1,2835	8,0559
0,0247	7,1824	1,0439	1,0432	0,8655	39	14	3130,99	3130,665	0,1243	0,0383	1,1819	0,0123	3147,1534	1,2831	8,0635
0,0215	7,1056	1,0452	1,0445	0,8901	40	15	3163,32	3163,001	0,1271	0,0439	1,2085	0,0107	3175,1016	1,2829	8,0691
0,0183	7,0019	1,0462	1,0457	0,9116	41	16	3186,88	3186,57	0,1301	0,0499	1,2370	0,0092	3194,6020	1,2828	8,0728
0,0154	6,8748	1,0472	1,0467	0,9299	42	17	3202,32	3202,01	0,1332	0,0562	1,2671	0,0077	3206,3505	1,2827	8,0750
0,0127	6,7283	1,0480	1,0476	0,9454	43	18	3210,38	3210,074	0,1366	0,0630	1,2991	0,0064	3211,1403	1,2827	8,0758
0,0103	6,5660	1,0486	1,0483	0,9581	44	19	3211,9	3211,595	0,1401	0,0700	1,3327	0,0052	3209,8214	1,2827	8,0754
0,0082	6,3916	1,0491	1,0489	0,9684	45	20	3207,74	3207,441	0,1439	0,0775	1,3681	0,0041	3203,2605	1,2827	8,0740
0,0064	6,2085	1,0495	1,0493	0,9766	46	21	3198,78	3198,477	0,1477	0,0853	1,4051	0,0032	3192,3065	1,2828	8,0719
0,0049	6,0197	1,0499	1,0497	0,9830	47	22	3185,84	3185,536	0,1518	0,0934	1,4438	0,0024	3177,7606	1,2829	8,0690
0,0037	5,8279	1,0501	1,0500	0,9879	48	23	3169,69	3169,389	0,1561	0,1019	1,4842	0,0018	3160,3543	1,2831	8,0656
0,0027	5,6353	1,0503	1,0502	0,9916	49	24	3151,02	3150,727	0,1605	0,1108	1,5262	0,0013	3140,7353	1,2832	8,0618
0,0019	5,4438	1,0504	1,0504	0,9942	50	25	3130,45	3130,154	0,1651	0,1200	1,5698	0,0010	3119,4599	1,2834	8,0576
0,0013	5,2548	1,0505	1,0505	0,9961	51	26	3108,47	3108,179	0,1698	0,1295	1,6150	0,0007	3096,9930	1,2836	8,0532
0,0009	5,0696	1,0506	1,0506	0,9975	52	27	3085,51	3085,222	0,1747	0,1393	1,6618	0,0005	3073,7125	1,2837	8,0485
0,0006	4,8890	1,0506	1,0506	0,9984	53	28	3061,91	3061,62	0,1798	0,1495	1,7101	0,0003	3049,9177	1,2839	8,0437
0,0004	4,7134	1,0507	1,0507	0,9990	54	29	3037,92	3037,635	0,1851	0,1600	1,7599	0,0002	3025,8403	1,2841	8,0388

Таблица А7 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на газе для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 900 \text{ мин}^{-1}$

DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	m_{1-2}	Характеристика теплового деления	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$\gamma(f1)$	Доля выделившегося на участке тепла	Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2
1,9E-06	1,824	1	1	0	0	-15	759,4314	759,4314	0,11394	0,0439	1,2085	9,3E-07	762,5295		
3E-05	1,88036	1	1	1,87E-06	1	-14	765,6275	765,6275	0,11143	0,0383	1,1819	1,5E-05	768,7397	1,3596	6,562
0,00014	1,93641	1	1	3,2E-05	2	-13	771,8518	771,8518	0,10908	0,0331	1,157	6,8E-05	775,1405	1,3588	6,5746
0,00038	1,99269	1	1	0,000169	3	-12	778,4292	778,429	0,1069	0,0282	1,1339	0,00019	782,1335	1,3579	6,5875
0,00082	2,05016	1	1	0,000549	4	-11	785,8377	785,8373	0,1049	0,0237	1,1126	0,00041	790,273	1,357	6,6015
0,00152	2,1103	1,0001	1,0001	0,001369	5	-10	794,7083	794,7076	0,10306	0,0196	1,0932	0,00076	800,2637	1,356	6,6176
0,00254	2,17506	1,0002	1,0001	0,002889	6	-9	805,8191	805,8179	0,1014	0,0159	1,0755	0,00127	812,9502	1,3548	6,6371
0,00394	2,24685	1,0003	1,0003	0,005428	7	-8	820,0814	820,0795	0,09991	0,0126	1,0597	0,00197	829,2989	1,3533	6,6614
0,00577	2,32849	1,0006	1,0004	0,009366	8	-7	838,5165	838,5132	0,09859	0,0096	1,0457	0,00288	850,368	1,3514	6,6919
0,00808	2,42309	1,0009	1,0007	0,015135	9	-6	862,2195	862,2141	0,09745	0,0071	1,0336	0,00404	877,2659	1,349	6,7301
0,01091	2,53387	1,0014	1,0012	0,023217	10	-5	892,3123	892,3034	0,09648	0,0049	1,0234	0,00545	911,0985	1,3462	6,7768
0,01427	2,66395	1,0021	1,0017	0,034127	11	-4	929,8847	929,87	0,09569	0,0031	1,015	0,00714	952,9056	1,3429	6,8326
0,01816	2,81611	1,0029	1,0025	0,048397	12	-3	975,9264	975,9031	0,09507	0,0018	1,0084	0,00908	1003,591	1,3391	6,8974
0,02255	2,99254	1,004	1,0035	0,066558	13	-2	1031,256	1031,22	0,09463	0,0008	1,0037	0,01128	1063,852	1,335	6,9706
0,02737	3,19452	1,0054	1,0047	0,089109	14	-1	1096,448	1096,394	0,09437	0,0002	1,0009	0,01369	1134,107	1,3306	7,0505
0,03253	3,42225	1,0071	1,0062	0,116484	15	0	1171,765	1171,686	0,09428	0	1	0,01627	1214,43	1,326	7,1353
0,03788	3,67459	1,0091	1,0081	0,149015	16	1	1257,095	1256,984	0,09437	0,0002	1,0009	0,01894	1304,499	1,3214	7,2228
0,04323	3,94896	1,0114	1,0102	0,186894	17	2	1351,903	1351,753	0,09463	0,0008	1,0037	0,02162	1403,55	1,3169	7,3105
0,04838	4,2412	1,014	1,0127	0,230128	18	3	1455,197	1455,002	0,09507	0,0018	1,0084	0,02419	1510,359	1,3127	7,3964
0,05307	4,54569	1,0169	1,0155	0,278508	19	4	1565,52	1565,273	0,09569	0,0031	1,015	0,02654	1623,243	1,3087	7,4784
0,05705	4,85541	1,0202	1,0185	0,331579	20	5	1680,965	1680,662	0,09648	0,0049	1,0234	0,02852	1740,099	1,3051	7,5552
0,06006	5,16221	1,0236	1,0219	0,388626	21	6	1799,232	1798,871	0,09745	0,0071	1,0336	0,03003	1858,477	1,3019	7,6254
0,06187	5,45725	1,0273	1,0254	0,448681	22	7	1917,721	1917,302	0,09859	0,0096	1,0457	0,03094	1975,691	1,299	7,6885
0,06233	5,73146	1,031	1,0292	0,510554	23	8	2033,66	2033,184	0,09991	0,0126	1,0597	0,03116	2088,964	1,2966	7,7439
0,06132	5,97612	1,0348	1,0329	0,572881	24	9	2144,267	2143,738	0,1014	0,0159	1,0755	0,03066	2195,596	1,2945	7,7917
0,05886	6,18353	1,0386	1,0367	0,634205	25	10	2246,925	2246,348	0,10306	0,0196	1,0932	0,02943	2293,143	1,2927	7,8319
0,05505	6,34751	1,0421	1,0403	0,693068	26	11	2339,361	2338,741	0,1049	0,0237	1,1126	0,02752	2379,581	1,2913	7,865

0,05009	6,46395	1,0455	1,0438	0,748117	27	12	2419,801	2419,147	0,1069	0,0282	1,1339	0,02504	2453,447	1,2902	7,8914
0,04427	6,53105	1,0485	1,047	0,798203	28	13	2487,092	2486,409	0,10908	0,0331	1,157	0,02213	2513,925	1,2894	7,9117
0,03795	6,54939	1,0512	1,0499	0,842472	29	14	2540,757	2540,053	0,11143	0,0383	1,1819	0,01897	2560,876	1,2887	7,9266
0,03149	6,52182	1,0535	1,0524	0,880418	30	15	2580,996	2580,278	0,11394	0,0439	1,2085	0,01574	2594,806	1,2883	7,9369
0,02525	6,45303	1,0554	1,0545	0,911906	31	16	2608,615	2607,889	0,11662	0,0499	1,237	0,01262	2616,76	1,288	7,9433
0,01953	6,34903	1,057	1,0562	0,937155	32	17	2624,904	2624,175	0,11946	0,0562	1,2671	0,00976	2628,189	1,2879	7,9465
0,01453	6,21652	1,0582	1,0576	0,956681	33	18	2631,473	2630,746	0,12247	0,063	1,2991	0,00727	2630,776	1,2879	7,9471
0,01039	6,06231	1,059	1,0586	0,971215	34	19	2630,078	2629,357	0,12565	0,07	1,3327	0,00519	2626,269	1,2879	7,9458
0,00712	5,89277	1,0597	1,0594	0,981604	35	20	2622,459	2621,746	0,12898	0,0775	1,3681	0,00356	2616,333	1,2881	7,943
0,00466	5,71349	1,0601	1,0599	0,988721	36	21	2610,207	2609,504	0,13247	0,0853	1,4051	0,00233	2602,441	1,2882	7,9391
0,00291	5,52909	1,0604	1,0602	0,993382	37	22	2594,676	2593,985	0,13612	0,0934	1,4438	0,00146	2585,811	1,2884	7,9345
0,00173	5,34313	1,0606	1,0605	0,996294	38	23	2576,947	2576,269	0,13993	0,1019	1,4842	0,00087	2567,389	1,2886	7,9294
0,00098	5,15825	1,0607	1,0606	0,998024	39	24	2557,831	2557,166	0,14389	0,1108	1,5262	0,00049	2547,865	1,2889	7,9239
0,00052	4,97627	1,0607	1,0607	0,999	40	25	2537,9	2537,249	0,148	0,12	1,5698	0,00026	2527,718	1,2891	7,9182

Таблица А8 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на газе для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 2600 \text{ мин}^{-1}$

DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	m_{1-2}	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$y(f1)$	Доля выделившегося на участке тепла	Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2
0,00000	1,46976	1	1	0	0	-20	718,6469	718,6469	0,13406	0,07749	1,36807	0,00000	722,1109		
0,00001	1,52332	1	1	6E-07	1	-19	725,5749	725,5847	0,13060	0,07005	1,33271	0,00001	729,0405	1,36522	6,47621
0,00005	1,57772	1	1	1E-05	2	-18	732,5061	732,5258	0,12730	0,06296	1,29907	0,00002	736,0423	1,36421	6,49140
0,00014	1,63311	1	1	6E-05	3	-17	739,5785	739,6082	0,12417	0,05624	1,26715	0,00007	743,2928	1,36320	6,50656
0,00031	1,68979	1	1	0,0002	4	-16	747,0071	747,0473	0,12122	0,04989	1,23696	0,00016	751,0474	1,36218	6,52207
0,00059	1,74830	1	1	0,0005	5	-15	755,0877	755,1393	0,11843	0,04390	1,20853	0,00030	759,6431	1,36111	6,53845
0,00101	1,80938	1,0001	1	0,0011	6	-14	764,1985	764,2629	0,11582	0,03829	1,18187	0,00051	769,499	1,35995	6,55636
0,00159	1,87404	1,0001	1,0001	0,0021	7	-13	774,7994	774,8784	0,11338	0,03305	1,15699	0,00080	781,1137	1,35864	6,57659
0,00237	1,94352	1,0002	1,0001	0,0037	8	-12	787,4279	787,524	0,11112	0,02819	1,13391	0,00119	795,0603	1,35714	6,59998

0,00337	2,01934	1,0003	1,0002	0,0061	9	-11	802,6926	802,8088	0,10903	0,02371	1,11263	0,00169	811,9767	1,35540	6,62744
0,00463	2,10321	1,0005	1,0004	0,0095	10	-10	821,2609	821,4006	0,10712	0,01961	1,09316	0,00231	832,552	1,35337	6,65986
0,00615	2,19699	1,0007	1,0006	0,0141	11	-9	843,8431	844,0101	0,10539	0,01590	1,07552	0,00308	857,5073	1,35100	6,69802
0,00797	2,30267	1,001	1,0009	0,0202	12	-8	871,1716	871,3699	0,10385	0,01257	1,05971	0,00399	887,5734	1,34828	6,74250
0,01010	2,42223	1,0014	1,0012	0,0282	13	-7	903,9753	904,2085	0,10248	0,00963	1,04574	0,00505	923,463	1,34521	6,79363
0,01255	2,55754	1,0019	1,0017	0,0383	14	-6	942,9507	943,2223	0,10129	0,00708	1,03363	0,00627	965,8409	1,34180	6,85142
0,01530	2,71023	1,0026	1,0023	0,0509	15	-5	988,731	989,0435	0,10028	0,00492	1,02336	0,00765	1015,292	1,33810	6,91548
0,01836	2,88159	1,0034	1,003	0,0662	16	-4	1041,853	1042,208	0,09946	0,00315	1,01496	0,00918	1072,288	1,33416	6,98507
0,02168	3,07241	1,0043	1,0038	0,0845	17	-3	1102,724	1103,122	0,09882	0,00177	1,00842	0,01084	1137,158	1,33008	7,05913
0,02522	3,28286	1,0054	1,0048	0,1062	18	-2	1171,591	1172,032	0,09836	0,00079	1,00374	0,01261	1210,051	1,32593	7,13636
0,02893	3,51238	1,0067	1,006	0,1314	19	-1	1248,511	1248,991	0,09809	0,00020	1,00094	0,01446	1290,914	1,32179	7,21532
0,03272	3,75961	1,0081	1,0074	0,1603	20	0	1333,318	1333,836	0,09799	0,00000	1,00000	0,01636	1379,464	1,31774	7,29454
0,03650	4,02231	1,0098	1,009	0,1931	21	1	1425,61	1426,161	0,09809	0,00020	1,00094	0,01825	1475,165	1,31384	7,37262
0,04016	4,29736	1,0116	1,0107	0,2296	22	2	1524,721	1525,302	0,09836	0,00079	1,00374	0,02008	1577,22	1,31016	7,44831
0,04357	4,58075	1,0137	1,0127	0,2697	23	3	1629,72	1630,326	0,09882	0,00177	1,00842	0,02179	1684,567	1,30672	7,52054
0,04661	4,86768	1,0159	1,0148	0,3133	24	4	1739,413	1740,039	0,09946	0,00315	1,01496	0,02331	1795,886	1,30356	7,58847
0,04915	5,15269	1,0182	1,0171	0,3599	25	5	1852,358	1852,999	0,10028	0,00492	1,02336	0,02457	1909,629	1,30068	7,65148
0,05105	5,42983	1,0207	1,0195	0,4091	26	6	1966,9	1967,552	0,10129	0,00708	1,03363	0,02553	2024,06	1,29810	7,70914
0,05222	5,69291	1,0233	1,022	0,4601	27	7	2081,22	2081,879	0,10248	0,00963	1,04574	0,02611	2137,309	1,29581	7,76120
0,05256	5,93576	1,026	1,0247	0,5123	28	8	2193,399	2194,061	0,10385	0,01257	1,05971	0,02628	2247,449	1,29379	7,80759
0,05202	6,15259	1,0286	1,0273	0,5649	29	9	2301,5	2302,163	0,10539	0,01590	1,07552	0,02601	2352,577	1,29204	7,84833
0,05060	6,33821	1,0313	1,03	0,6169	30	10	2403,655	2404,316	0,10712	0,01961	1,09316	0,02530	2450,904	1,29055	7,88358
0,04833	6,48841	1,0338	1,0326	0,6675	31	11	2498,153	2498,811	0,10903	0,02371	1,11263	0,02416	2540,841	1,28929	7,91358
0,04528	6,60014	1,0363	1,0351	0,7159	32	12	2583,529	2584,183	0,11112	0,02819	1,13391	0,02264	2621,084	1,28824	7,93863
0,04158	6,67170	1,0386	1,0374	0,7611	33	13	2658,639	2659,288	0,11338	0,03305	1,15699	0,02079	2690,677	1,28739	7,95908
0,03739	6,70281	1,0407	1,0396	0,8027	34	14	2722,715	2723,357	0,11582	0,03829	1,18187	0,01870	2749,054	1,28672	7,97533
0,03289	6,69459	1,0426	1,0416	0,8401	35	15	2775,394	2776,03	0,11843	0,04390	1,20853	0,01644	2796,058	1,28621	7,98779
0,02826	6,64944	1,0443	1,0434	0,873	36	16	2816,723	2817,353	0,12122	0,04989	1,23696	0,01413	2831,929	1,28584	7,99689
0,02370	6,57085	1,0457	1,045	0,9013	37	17	2847,135	2847,759	0,12417	0,05624	1,26715	0,01185	2857,262	1,28559	8,00307
0,01937	6,46310	1,0469	1,0463	0,9249	38	18	2867,39	2868,008	0,12730	0,06296	1,29907	0,00968	2872,948	1,28544	8,00675
0,01541	6,33093	1,0479	1,0474	0,9443	39	19	2878,506	2879,119	0,13060	0,07005	1,33271	0,00771	2880,089	1,28538	8,00832

0,01192	6,17930	1,0487	1,0483	0,9597	40	20	2881,671	2882,279	0,13406	0,07749	1,36807	0,00596	2879,911	1,28538	8,00815
0,00895	6,01301	1,0493	1,049	0,9716	41	21	2878,151	2878,754	0,13769	0,08529	1,40511	0,00448	2873,679	1,285446	8,00659
0,00652	5,83653	1,0497	1,0495	0,9806	42	22	2869,207	2869,805	0,14149	0,09344	1,44382	0,00326	2862,615	1,285554	8,00392
0,00459	5,65380	1,05	1,0499	0,9871	43	23	2856,022	2856,616	0,14544	0,10194	1,48419	0,00230	2847,836	1,285698	8,00041
0,00313	5,46816	1,0503	1,0502	0,9917	44	24	2839,65	2840,239	0,14956	0,11078	1,52619	0,00156	2830,318	1,285867	7,99625
0,00206	5,28228	1,0504	1,0504	0,9948	45	25	2820,986	2821,57	0,15383	0,11996	1,56981	0,00103	2810,868	1,286056	7,99163
0,00130	5,09824	1,0505	1,0505	0,9969	46	26	2800,751	2801,332	0,15826	0,12948	1,61501	0,00065	2790,129	1,28626	7,98666
0,00079	4,91755	1,0506	1,0506	0,9982	47	27	2779,508	2780,084	0,16285	0,13932	1,66178	0,00040	2768,589	1,286473	7,98146
0,00046	4,74130	1,0506	1,0506	0,999	48	28	2757,67	2758,243	0,16758	0,14950	1,71010	0,00023	2746,603	1,286694	7,97608

Таблица А9 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на газе для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 3700 \text{ мин}^{-1}$

DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	m_{1-2}	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$y(f1)$	Доля выделившегося на участке тепла	Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2
2,27E-07	1,26777	1	1	0	0	-23	691,4311	691,4311	0,1495	0,1019	1,4842	1,1E-07	694,9687		
4,24E-06	1,31659	1	1	2,27E-07	1	-22	698,5064	698,5257	0,1455	0,0934	1,4438	2,1E-06	702,0472	1,36936	6,4147
2,11E-05	1,36662	1	1	4,47E-06	2	-21	705,5881	705,6267	0,1416	0,0853	1,4051	1,1E-05	709,1644	1,36825	6,43107
6,25E-05	1,41789	1	1	2,56E-05	3	-20	712,7407	712,7989	0,1378	0,0775	1,3681	3,1E-05	716,4066	1,36715	6,4473
0,000142	1,47051	1	1	8,8E-05	4	-19	720,0724	720,1507	0,1343	0,07	1,3327	7,1E-05	723,9055	1,36606	6,4636
0,000273	1,52471	1,00001	1,00001	0,00023	5	-18	727,7385	727,8378	0,1309	0,063	1,2991	0,00014	731,8414	1,36495	6,48024
0,000473	1,58081	1,00003	1,00002	0,000503	6	-17	735,9443	736,0659	0,1277	0,0562	1,2671	0,00024	740,4453	1,36379	6,49761
0,000757	1,63927	1,00005	1,00004	0,000976	7	-16	744,9463	745,0922	0,1246	0,0499	1,237	0,00038	749,9997	1,36257	6,51616
0,001141	1,70071	1,00009	1,00007	0,001733	8	-15	755,0532	755,2261	0,1218	0,0439	1,2085	0,00057	760,8391	1,36124	6,53644
0,001643	1,76587	1,00015	1,00012	0,002873	9	-14	766,6249	766,828	0,1191	0,0383	1,1819	0,00082	773,3472	1,35978	6,55902
0,00228	1,83568	1,00023	1,00019	0,004517	10	-13	780,0695	780,307	0,1166	0,0331	1,157	0,00114	787,9543	1,35813	6,58453
0,003069	1,9112	1,00035	1,00029	0,006797	11	-12	795,8392	796,1157	0,1142	0,0282	1,1339	0,00153	805,1311	1,35628	6,6136
0,004025	1,9936	1,0005	1,00042	0,009866	12	-11	814,4229	814,7436	0,1121	0,0237	1,1126	0,00201	825,3803	1,35418	6,64683
0,005163	2,08418	1,00071	1,0006	0,01389	13	-10	836,3377	836,7082	0,1101	0,0196	1,0932	0,00258	849,2271	1,35182	6,68472

0,006496	2,18428	1,00097	1,00084	0,019053	14	-9	862,1166	862,5423	0,1084	0,0159	1,0755	0,00325	877,2058	1,34918	6,72765
0,008033	2,29526	1,0013	1,00113	0,025549	15	-8	892,295	892,7811	0,1068	0,0126	1,0597	0,00402	909,8453	1,34627	6,77583
0,009782	2,41842	1,00171	1,0015	0,033582	16	-7	927,3955	927,9463	0,1054	0,0096	1,0457	0,00489	947,6527	1,3431	6,82924
0,011744	2,55494	1,00221	1,00196	0,043364	17	-6	967,91	968,529	0,1041	0,0071	1,0336	0,00587	991,0964	1,33969	6,88765
0,013915	2,70578	1,0028	1,00251	0,055108	18	-5	1014,283	1014,972	0,1031	0,0049	1,0234	0,00696	1040,587	1,3361	6,95059
0,016287	2,87166	1,00351	1,00316	0,069023	19	-4	1066,891	1067,65	0,1023	0,0031	1,015	0,00814	1096,46	1,33237	7,01737
0,018842	3,0529	1,00434	1,00393	0,08531	20	-3	1126,029	1126,856	0,1016	0,0018	1,0084	0,00942	1158,956	1,32856	7,08713
0,021556	3,24943	1,0053	1,00482	0,104153	21	-2	1191,883	1192,775	0,1011	0,0008	1,0037	0,01078	1228,203	1,32473	7,1589
0,024393	3,46068	1,0064	1,00585	0,125709	22	-1	1264,523	1265,475	0,1008	0,0002	1,0009	0,0122	1304,201	1,32094	7,23164
0,02731	3,68556	1,00764	1,00702	0,150101	23	0	1343,879	1344,884	0,1008	0	1	0,01366	1386,803	1,31724	7,30432
0,030256	3,9224	1,00903	1,00833	0,177412	24	1	1429,727	1430,778	0,1008	0,0002	1,0009	0,01513	1475,703	1,31368	7,37596
0,033167	4,16896	1,01057	1,0098	0,207668	25	2	1521,679	1522,767	0,1011	0,0008	1,0037	0,01658	1570,424	1,31029	7,44568
0,035975	4,42244	1,01226	1,01141	0,240835	26	3	1619,17	1620,287	0,1016	0,0018	1,0084	0,01799	1670,315	1,30709	7,51271
0,038604	4,67951	1,01409	1,01317	0,27681	27	4	1721,46	1722,597	0,1023	0,0031	1,015	0,0193	1774,544	1,30412	7,57644
0,040974	4,93638	1,01605	1,01507	0,315414	28	5	1827,629	1828,778	0,1031	0,0049	1,0234	0,02049	1882,111	1,30137	7,63639
0,043006	5,18891	1,01814	1,01709	0,356389	29	6	1936,592	1937,747	0,1041	0,0071	1,0336	0,0215	1991,855	1,29886	7,69219
0,04462	5,4327	1,02032	1,01923	0,399394	30	7	2047,118	2048,271	0,1054	0,0096	1,0457	0,02231	2102,485	1,29658	7,74362
0,045748	5,66328	1,0226	1,02146	0,444015	31	8	2157,853	2158,999	0,1068	0,0126	1,0597	0,02287	2212,605	1,29453	7,79056
0,046331	5,87623	1,02492	1,02376	0,489763	32	9	2267,358	2268,493	0,1084	0,0159	1,0755	0,02317	2320,757	1,2927	7,83297
0,046325	6,0674	1,02728	1,0261	0,536094	33	10	2374,155	2375,275	0,1101	0,0196	1,0932	0,02316	2425,466	1,29108	7,8709
0,045708	6,23304	1,02964	1,02846	0,582419	34	11	2476,777	2477,879	0,1121	0,0237	1,1126	0,02285	2525,297	1,28967	7,90444
0,044479	6,37	1,03196	1,0308	0,628127	35	12	2573,817	2574,901	0,1142	0,0282	1,1339	0,02224	2618,903	1,28844	7,93376
0,042662	6,47586	1,03423	1,0331	0,672606	36	13	2663,99	2665,054	0,1166	0,0331	1,157	0,02133	2705,085	1,2874	7,95904
0,040307	6,54902	1,0364	1,03531	0,715267	37	14	2746,18	2747,225	0,1191	0,0383	1,1819	0,02015	2782,834	1,28651	7,98051
0,037486	6,58881	1,03845	1,03742	0,755574	38	15	2819,489	2820,514	0,1218	0,0439	1,2085	0,01874	2851,379	1,28578	7,99842
0,034294	6,59547	1,04036	1,0394	0,79306	39	16	2883,269	2884,276	0,1246	0,0499	1,237	0,01715	2910,209	1,28518	8,01305
0,030837	6,57013	1,0421	1,04123	0,827354	40	17	2937,149	2938,138	0,1277	0,0562	1,2671	0,01542	2959,095	1,28471	8,02466
0,027234	6,51473	1,04367	1,04289	0,858191	41	18	2981,041	2982,015	0,1309	0,063	1,2991	0,01362	2998,087	1,28435	8,03356
0,023604	6,43193	1,04506	1,04436	0,885426	42	19	3015,134	3016,094	0,1343	0,07	1,3327	0,0118	3027,5	1,28409	8,04003
0,020058	6,3249	1,04626	1,04566	0,909029	43	20	3039,867	3040,814	0,1378	0,0775	1,3681	0,01003	3047,883	1,28392	8,04436
0,016697	6,19718	1,04728	1,04677	0,929087	44	21	3055,898	3056,834	0,1416	0,0853	1,4051	0,00835	3059,974	1,28382	8,04682

0,013604	6,05248	1,04813	1,0477	0,945784	45	22	3064,051	3064,977	0,1455	0,0934	1,4438	0,0068	3064,657	1,28378	8,04768
0,010837	5,89451	1,04882	1,04848	0,959388	46	23	3065,264	3066,182	0,1495	0,1019	1,4842	0,00542	3062,899	1,2838	8,0472
0,008433	5,72683	1,04937	1,0491	0,970225	47	24	3060,534	3061,444	0,1538	0,1108	1,5262	0,00422	3055,698	1,28387	8,04559
0,006403	5,55272	1,0498	1,04959	0,978658	48	25	3050,862	3051,766	0,1582	0,12	1,5698	0,0032	3044,035	1,28397	8,04308
0,004738	5,37507	1,05013	1,04996	0,98506	49	26	3037,207	3038,106	0,1627	0,1295	1,615	0,00237	3028,828	1,2841	8,03983
0,003415	5,19636	1,05037	1,05025	0,989799	50	27	3020,449	3021,343	0,1674	0,1393	1,6618	0,00171	3010,906	1,28425	8,03601
0,002393	5,01862	1,05054	1,05046	0,993213	51	28	3001,363	3002,253	0,1723	0,1495	1,7101	0,0012	2990,985	1,28442	8,03175
0,001629	4,84344	1,05066	1,0506	0,995606	52	29	2980,607	2981,492	0,1773	0,16	1,7599	0,00081	2969,662	1,28461	8,02717
0,001076	4,67205	1,05075	1,05071	0,997235	53	30	2958,718	2959,599	0,1825	0,1708	1,8113	0,00054	2947,418	1,28481	8,02234
0,000689	4,5053	1,0508	1,05077	0,998311	54	31	2936,119	2936,997	0,1878	0,1819	1,8641	0,00034	2924,626	1,28501	8,01734
0,000427	4,34377	1,05084	1,05082	0,999	55	32	2913,133	2914,007	0,1933	0,1933	1,9184	0,00021	2901,565	1,28522	8,01221

Таблица А10 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на газе для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$

DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	m_{1-2}	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$\gamma(f1)$	Доля выделившегося на участке тепла	Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2
1,2E-07	1,09876	1	1	0	0	-26	670,832	670,832	0,1674	0,1295	1,615	6E-08	674,414		
2,42E-06	1,14244	1	1	1,2E-07	1	-25	677,996	677,978	0,1627	0,12	1,5698	1,2E-06	681,596	1,37273	6,365839
1,26E-05	1,18753	1	1	2,54E-06	2	-24	685,195	685,158	0,1582	0,1108	1,5262	6,3E-06	688,831	1,37153	6,383148
3,85E-05	1,23407	1	1	1,51E-05	3	-23	692,468	692,413	0,1538	0,1019	1,4842	1,9E-05	696,176	1,37035	6,400338
8,95E-05	1,28213	1	1,000002	5,36E-05	4	-22	699,885	699,811	0,1497	0,0934	1,4438	4,5E-05	703,719	1,36917	6,417538
0,000176	1,33185	1,00001	1,000005	0,000143	5	-21	707,552	707,459	0,1456	0,0853	1,4051	8,8E-05	711,582	1,36799	6,434948
0,00031	1,38347	1,00002	1,000012	0,000319	6	-20	715,613	715,498	0,1418	0,0775	1,3681	0,00015	719,93	1,36678	6,452837
0,000503	1,43728	1,00003	1,000024	0,000629	7	-19	724,248	724,111	0,1381	0,07	1,3327	0,00025	728,964	1,36553	6,47154
0,000768	1,4937	1,00006	1,000045	0,001131	8	-18	733,681	733,52	0,1347	0,063	1,2991	0,00038	738,929	1,3642	6,491458
0,001118	1,55324	1,0001	1,000077	0,001899	9	-17	744,177	743,991	0,1313	0,0562	1,2671	0,00056	750,11	1,36278	6,513046
0,001568	1,61653	1,00015	1,000125	0,003017	10	-16	756,044	755,828	0,1282	0,0499	1,237	0,00078	762,834	1,36122	6,536803
0,002132	1,68433	1,00023	1,000193	0,004586	11	-15	769,625	769,376	0,1253	0,0439	1,2085	0,00107	777,465	1,3595	6,563249
0,002822	1,75751	1,00034	1,000287	0,006717	12	-14	785,304	785,019	0,1225	0,0383	1,1819	0,00141	794,399	1,3576	6,592906

0,003653	1,83704	1,00048	1,000413	0,00954	13	-13	803,494	803,167	0,1199	0,0331	1,157	0,00183	814,063	1,35548	6,626265
0,004638	1,92398	1,00067	1,000577	0,013193	14	-12	824,633	824,259	0,1175	0,0282	1,1339	0,00232	836,904	1,35312	6,663748
0,005786	2,01946	1,00091	1,000787	0,017831	15	-11	849,175	848,75	0,1153	0,0237	1,1126	0,00289	863,378	1,35053	6,70568
0,007108	2,12464	1,0012	1,001052	0,023617	16	-10	877,582	877,099	0,1133	0,0196	1,0932	0,00355	893,945	1,34769	6,752246
0,008611	2,24064	1,00156	1,001379	0,030725	17	-9	910,308	909,764	0,1115	0,0159	1,0755	0,00431	929,05	1,34462	6,803468
0,010298	2,36854	1,002	1,001778	0,039335	18	-8	947,792	947,181	0,1098	0,0126	1,0597	0,00515	969,116	1,34134	6,859184
0,012171	2,50927	1,00252	1,002258	0,049634	19	-7	990,44	989,758	0,1084	0,0096	1,0457	0,00609	1014,53	1,33789	6,919043
0,014224	2,66356	1,00314	1,002828	0,061805	20	-6	1038,61	1037,85	0,1071	0,0071	1,0336	0,00711	1065,61	1,33431	6,982519
0,016447	2,83193	1,00386	1,003498	0,076029	21	-5	1092,61	1091,77	0,1061	0,0049	1,0234	0,00822	1122,63	1,33064	7,048932
0,018826	3,01454	1,00469	1,004277	0,092476	22	-4	1152,65	1151,73	0,1052	0,0031	1,015	0,00941	1185,76	1,32693	7,117488
0,021336	3,2112	1,00565	1,005172	0,111301	23	-3	1218,87	1217,88	0,1045	0,0018	1,0084	0,01067	1255,09	1,32324	7,187322
0,023948	3,42129	1,00673	1,006191	0,132637	24	-2	1291,31	1290,23	0,104	0,0008	1,0037	0,01197	1330,58	1,31961	7,257548
0,026624	3,64372	1,00795	1,00734	0,156585	25	-1	1369,86	1368,71	0,1037	0,0002	1,0009	0,01331	1412,09	1,31609	7,327297
0,02932	3,8769	1,0093	1,008624	0,18321	26	0	1454,32	1453,09	0,1037	0	1	0,01466	1499,32	1,31271	7,395763
0,031982	4,11877	1,01079	1,010044	0,21253	27	1	1544,33	1543,01	0,1037	0,0002	1,0009	0,01599	1591,84	1,30949	7,46222
0,034552	4,36675	1,01241	1,011599	0,244512	28	2	1639,36	1637,98	0,104	0,0008	1,0037	0,01728	1689,06	1,30646	7,526051
0,036966	4,6178	1,01417	1,013288	0,279064	29	3	1738,77	1737,31	0,1045	0,0018	1,0084	0,01848	1790,25	1,30364	7,586747
0,039156	4,8685	1,01604	1,015103	0,31603	30	4	1841,73	1840,22	0,1052	0,0031	1,015	0,01958	1894,52	1,30103	7,643913
0,041054	5,11507	1,01803	1,017035	0,355186	31	5	1947,3	1945,72	0,1061	0,0049	1,0234	0,02053	2000,85	1,29863	7,69726
0,042593	5,35355	1,02011	1,019071	0,39624	32	6	2054,39	2052,76	0,1071	0,0071	1,0336	0,0213	2108,1	1,29645	7,746598
0,043713	5,57987	1,02227	1,021194	0,438833	33	7	2161,8	2160,12	0,1084	0,0096	1,0457	0,02186	2215,03	1,29447	7,791822
0,044359	5,79	1,02449	1,023384	0,482546	34	8	2268,27	2266,54	0,1098	0,0126	1,0597	0,02218	2320,37	1,2927	7,832901
0,044493	5,98011	1,02675	1,025619	0,526905	35	9	2372,47	2370,7	0,1115	0,0159	1,0755	0,02225	2422,77	1,29113	7,869865
0,044088	6,1467	1,029	1,027874	0,571399	36	10	2473,08	2471,28	0,1133	0,0196	1,0932	0,02204	2520,95	1,28974	7,902798
0,043138	6,28679	1,03124	1,030123	0,615487	37	11	2568,82	2567	0,1153	0,0237	1,1126	0,02157	2613,66	1,28852	7,931826
0,041655	6,39798	1,03343	1,032336	0,658625	38	12	2658,5	2656,66	0,1175	0,0282	1,1339	0,02083	2699,78	1,28748	7,957107
0,039673	6,4786	1,03555	1,034488	0,70028	39	13	2741,05	2739,19	0,1199	0,0331	1,157	0,01984	2778,32	1,28658	7,978829
0,037246	6,52775	1,03756	1,036552	0,739953	40	14	2815,58	2813,71	0,1225	0,0383	1,1819	0,01862	2848,49	1,28583	7,997203
0,034445	6,54537	1,03945	1,038505	0,777199	41	15	2881,4	2879,53	0,1253	0,0439	1,2085	0,01722	2909,73	1,28521	8,012456
0,031359	6,53218	1,0412	1,040324	0,811644	42	16	2938,06	2936,18	0,1282	0,0499	1,237	0,01568	2961,69	1,2847	8,024827
0,028084	6,48965	1,04279	1,041994	0,843003	43	17	2985,33	2983,45	0,1313	0,0562	1,2671	0,01404	3004,3	1,28431	8,034565
0,024723	6,41995	1,04422	1,043503	0,871087	44	18	3023,26	3021,39	0,1347	0,063	1,2991	0,01236	3037,68	1,28401	8,041921
0,021377	6,32575	1,04547	1,044843	0,89581	45	19	3052,11	3050,24	0,1381	0,07	1,3327	0,01069	3062,23	1,2838	8,047149
0,01814	6,21015	1,04656	1,046013	0,917187	46	20	3072,35	3070,5	0,1418	0,0775	1,3681	0,00907	3078,5	1,28367	8,050497

0,015095	6,07649	1,04748	1,047016	0,935327	47	21	3084,65	3082,81	0,1456	0,0853	1,4051	0,00755	3087,22	1,2836	8,052206
0,012306	5,9282	1,04824	1,047859	0,950422	48	22	3089,78	3087,95	0,1497	0,0934	1,4438	0,00615	3089,2	1,28359	8,052505
0,00982	5,76865	1,04887	1,048555	0,962728	49	23	3088,62	3086,81	0,1538	0,1019	1,4842	0,00491	3085,35	1,28362	8,051611
0,007663	5,60105	1,04937	1,049116	0,972548	50	24	3082,08	3080,29	0,1582	0,1108	1,5262	0,00383	3076,58	1,2837	8,04972
0,005842	5,4283	1,04975	1,04956	0,980211	51	25	3071,07	3069,29	0,1627	0,12	1,5698	0,00292	3063,77	1,28381	8,047014
0,004347	5,25297	1,05005	1,049903	0,986053	52	26	3056,46	3054,69	0,1674	0,1295	1,615	0,00217	3047,74	1,28394	8,04365
0,003154	5,07726	1,05027	1,050161	0,9904	53	27	3039,02	3037,28	0,1722	0,1393	1,6618	0,00158	3029,25	1,2841	8,039768
0,002228	4,90296	1,05043	1,050352	0,993554	54	28	3019,47	3017,74	0,1773	0,1495	1,7101	0,00111	3008,93	1,28427	8,035484
0,001532	4,73147	1,05054	1,050488	0,995782	55	29	2998,39	2996,68	0,1824	0,16	1,7599	0,00077	2987,33	1,28446	8,030896
0,001023	4,56386	1,05062	1,050584	0,997314	56	30	2976,27	2974,58	0,1877	0,1708	1,8113	0,00051	2964,88	1,28465	8,026081
0,000663	4,40089	1,05067	1,050649	0,998337	57	31	2953,5	2951,83	0,1932	0,1819	1,8641	0,00033	2941,93	1,28486	8,021101
0,000417	4,2431	1,05071	1,050691	0,999	58	32	2930,37	2928,72	0,1988	0,1933	1,9184	0,00021	2918,74	1,28506	8,016003

Таблица А11 - Результаты теплового расчета двигателя для стационарной силовой установки при работе на газе для энергообеспечения малых промышленных объектов при $n = 5600 \text{ мин}^{-1}$

α_{X1-2}	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	m_{1-2}	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$\gamma (f1)$	Доля выделившегося на участке тепла	Средняя на участке температура, К	k_{1-2}	K_{1-2}
0,0000	0,9774	1,0000	1,0000	0,0000	0	-28	668,02	668,02	0,1874	0,1495	1,7103	0,0000	671,6450		
0,0000	1,0167	1,0000	1,0000	0,0000	1	-27	675,27	675,21	0,1821	0,1394	1,6620	0,0000	678,9099	1,3732	6,3591
0,0000	1,0574	1,0000	1,0000	0,0000	2	-26	682,55	682,44	0,1770	0,1295	1,6152	0,0000	686,2221	1,3720	6,3767
0,0000	1,0994	1,0000	1,0000	0,0000	3	-25	689,89	689,73	0,1720	0,1200	1,5700	0,0000	693,6016	1,3708	6,3942
0,0001	1,1429	1,0000	1,0000	0,0000	4	-24	697,31	697,09	0,1672	0,1108	1,5263	0,0000	701,0847	1,3696	6,4115
0,0001	1,1879	1,0000	1,0000	0,0001	5	-23	704,86	704,58	0,1626	0,1020	1,4843	0,0001	708,7255	1,3684	6,4289
0,0002	1,2344	1,0000	1,0000	0,0002	6	-22	712,59	712,26	0,1582	0,0935	1,4440	0,0001	716,5983	1,3672	6,4463
0,0003	1,2826	1,0000	1,0000	0,0004	7	-21	720,60	720,21	0,1540	0,0853	1,4052	0,0002	724,7990	1,3660	6,4641
0,0005	1,3326	1,0000	1,0000	0,0007	8	-20	728,99	728,54	0,1499	0,0775	1,3682	0,0002	733,4461	1,3648	6,4823
0,0007	1,3846	1,0001	1,0000	0,0012	9	-19	737,90	737,37	0,1460	0,0701	1,3328	0,0004	742,6817	1,3636	6,5012
0,0010	1,4388	1,0001	1,0001	0,0019	10	-18	747,47	746,87	0,1423	0,0630	1,2992	0,0005	752,6718	1,3623	6,5210
0,0014	1,4955	1,0001	1,0001	0,0029	11	-17	757,88	757,20	0,1388	0,0563	1,2672	0,0007	763,6065	1,3609	6,5421
0,0018	1,5551	1,0002	1,0002	0,0043	12	-16	769,34	768,58	0,1355	0,0499	1,2370	0,0009	775,6988	1,3594	6,5647

0,0024	1,6180	1,0003	1,0003	0,0061	13	-15	782,06	781,22	0,1324	0,0439	1,2086	0,0012	789,1837	1,3578	6,5893
0,0031	1,6846	1,0004	1,0004	0,0085	14	-14	796,30	795,36	0,1295	0,0383	1,1819	0,0015	804,3152	1,3561	6,6160
0,0039	1,7556	1,0006	1,0005	0,0116	15	-13	812,33	811,27	0,1268	0,0331	1,1570	0,0019	821,3636	1,3543	6,6452
0,0048	1,8313	1,0008	1,0007	0,0154	16	-12	830,40	829,23	0,1242	0,0282	1,1339	0,0024	840,6112	1,3523	6,6773
0,0059	1,9124	1,0010	1,0009	0,0202	17	-11	850,82	849,52	0,1219	0,0237	1,1127	0,0029	862,3470	1,3501	6,7123
0,0071	1,9995	1,0013	1,0012	0,0261	18	-10	873,87	872,44	0,1198	0,0196	1,0932	0,0035	886,8605	1,3478	6,7505
0,0084	2,0932	1,0017	1,0015	0,0332	19	-9	899,85	898,26	0,1178	0,0159	1,0755	0,0042	914,4350	1,3453	6,7919
0,0099	2,1939	1,0021	1,0019	0,0416	20	-8	929,02	927,28	0,1161	0,0126	1,0597	0,0050	945,3393	1,3427	6,8365
0,0116	2,3021	1,0026	1,0024	0,0515	21	-7	961,66	959,75	0,1146	0,0096	1,0458	0,0058	979,8195	1,3399	6,8842
0,0134	2,4181	1,0032	1,0029	0,0632	22	-6	997,98	995,90	0,1132	0,0071	1,0336	0,0067	1018,0905	1,3370	6,9347
0,0154	2,5422	1,0039	1,0035	0,0766	23	-5	1038,20	1035,94	0,1121	0,0049	1,0234	0,0077	1060,3261	1,3340	6,9877
0,0175	2,6742	1,0046	1,0043	0,0920	24	-4	1082,45	1080,02	0,1112	0,0031	1,0150	0,0087	1106,6503	1,3310	7,0428
0,0197	2,8141	1,0055	1,0051	0,1095	25	-3	1130,85	1128,23	0,1105	0,0018	1,0084	0,0099	1157,1279	1,3279	7,0994
0,0220	2,9612	1,0065	1,0060	0,1292	26	-2	1183,41	1180,61	0,1100	0,0008	1,0037	0,0110	1211,7558	1,3248	7,1571
0,0244	3,1149	1,0076	1,0071	0,1512	27	-1	1240,10	1237,13	0,1097	0,0002	1,0009	0,0122	1270,4551	1,3218	7,2152
0,0268	3,2742	1,0089	1,0083	0,1756	28	0	1300,81	1297,67	0,1096	0,0000	1,0000	0,0134	1333,0635	1,3188	7,2732
0,0292	3,4378	1,0102	1,0095	0,2024	29	1	1365,32	1362,02	0,1097	0,0002	1,0009	0,0146	1399,3297	1,3159	7,3305
0,0315	3,6040	1,0117	1,0110	0,2316	30	2	1433,34	1429,89	0,1100	0,0008	1,0037	0,0158	1468,9096	1,3132	7,3866
0,0338	3,7712	1,0133	1,0125	0,2631	31	3	1504,48	1500,89	0,1105	0,0018	1,0084	0,0169	1541,3645	1,3105	7,4409
0,0358	3,9371	1,0150	1,0141	0,2968	32	4	1578,25	1574,54	0,1112	0,0031	1,0150	0,0179	1616,1622	1,3080	7,4932
0,0377	4,0996	1,0168	1,0159	0,3327	33	5	1654,07	1650,25	0,1121	0,0049	1,0234	0,0189	1692,6817	1,3057	7,5429
0,0393	4,2563	1,0187	1,0178	0,3704	34	6	1731,29	1727,36	0,1132	0,0071	1,0336	0,0197	1770,2211	1,3035	7,5899
0,0406	4,4048	1,0207	1,0197	0,4097	35	7	1809,15	1805,14	0,1146	0,0096	1,0458	0,0203	1848,0098	1,3015	7,6339
0,0415	4,5426	1,0227	1,0217	0,4503	36	8	1886,87	1882,78	0,1161	0,0126	1,0597	0,0208	1925,2240	1,2996	7,6747
0,0420	4,6675	1,0248	1,0238	0,4918	37	9	1963,58	1959,43	0,1178	0,0159	1,0755	0,0210	2001,0071	1,2980	7,7122
0,0421	4,7773	1,0270	1,0259	0,5338	38	10	2038,43	2034,23	0,1198	0,0196	1,0932	0,0210	2074,4916	1,2965	7,7464
0,0417	4,8701	1,0291	1,0280	0,5759	39	11	2110,55	2106,31	0,1219	0,0237	1,1127	0,0209	2144,8251	1,2951	7,7773
0,0409	4,9443	1,0312	1,0301	0,6176	40	12	2179,10	2174,83	0,1242	0,0282	1,1339	0,0204	2211,1968	1,2939	7,8048
0,0395	4,9987	1,0332	1,0322	0,6585	41	13	2243,29	2239,01	0,1268	0,0331	1,1570	0,0198	2272,8640	1,2929	7,8292
0,0378	5,0325	1,0352	1,0342	0,6980	42	14	2302,43	2298,14	0,1295	0,0383	1,1819	0,0189	2329,1783	1,2920	7,8503
0,0357	5,0455	1,0372	1,0362	0,7358	43	15	2355,92	2351,63	0,1324	0,0439	1,2086	0,0178	2379,6076	1,2912	7,8685
0,0332	5,0379	1,0390	1,0381	0,7715	44	16	2403,29	2399,00	0,1355	0,0499	1,2370	0,0166	2423,7553	1,2905	7,8838
0,0305	5,0101	1,0406	1,0398	0,8047	45	17	2444,22	2439,94	0,1388	0,0563	1,2672	0,0152	2461,3727	1,2900	7,8964
0,0276	4,9634	1,0422	1,0414	0,8352	46	18	2478,53	2474,27	0,1423	0,0630	1,2992	0,0138	2492,3656	1,2896	7,9064

0,0246	4,8991	1,0436	1,0429	0,8628	47	19	2506,20	2501,97	0,1460	0,0701	1,3328	0,0123	2516,7936	1,2893	7,9142
0,0215	4,8190	1,0448	1,0442	0,8874	48	20	2527,38	2523,17	0,1499	0,0775	1,3682	0,0108	2534,8619	1,2890	7,9198
0,0186	4,7251	1,0459	1,0454	0,9089	49	21	2542,34	2538,16	0,1540	0,0853	1,4052	0,0093	2546,9063	1,2889	7,9235
0,0157	4,6194	1,0468	1,0464	0,9275	50	22	2551,47	2547,32	0,1582	0,0935	1,4440	0,0079	2553,3724	1,2888	7,9255
0,0131	4,5043	1,0476	1,0472	0,9432	51	23	2555,27	2551,16	0,1626	0,1020	1,4843	0,0065	2554,7906	1,2888	7,9260
0,0107	4,3817	1,0483	1,0480	0,9563	52	24	2554,31	2550,23	0,1672	0,1108	1,5263	0,0053	2551,7477	1,2888	7,9252
0,0085	4,2539	1,0488	1,0486	0,9670	53	25	2549,19	2545,14	0,1720	0,1200	1,5700	0,0043	2544,8584	1,2889	7,9233
0,0067	4,1227	1,0493	1,0490	0,9755	54	26	2540,53	2536,52	0,1770	0,1295	1,6152	0,0033	2534,7385	1,2890	7,9204
0,0051	3,9899	1,0496	1,0494	0,9822	55	27	2528,95	2524,98	0,1821	0,1394	1,6620	0,0026	2521,9803	1,2892	7,9168
0,0038	3,8569	1,0499	1,0497	0,9873	56	28	2515,01	2511,08	0,1874	0,1495	1,7103	0,0019	2507,1333	1,2893	7,9125
0,0028	3,7250	1,0501	1,0500	0,9912	57	29	2499,25	2495,36	0,1929	0,1600	1,7602	0,0014	2490,6901	1,2895	7,9077
0,0020	3,5952	1,0502	1,0501	0,9940	58	30	2482,13	2478,28	0,1985	0,1708	1,8115	0,0010	2473,0780	1,2898	7,9024
0,0014	3,4682	1,0503	1,0502	0,9960	59	31	2464,03	2460,22	0,2043	0,1820	1,8644	0,0007	2454,6557	1,2900	7,8969
0,0010	3,3448	1,0504	1,0503	0,9974	60	32	2445,28	2441,51	0,2102	0,1934	1,9186	0,0005	2435,7150	1,2902	7,8912
0,0006	3,2252	1,0504	1,0504	0,9984	61	33	2426,148	2422,41	0,2163	0,2051	1,9743	0,0003	2416,4864	1,2905	7,8852
0,0004	3,1097	1,0504	1,0504	0,9990	62	34	2406,83	2403,13	0,2226	0,2171	2,0314	0,0002	2397,1461	1,2907	7,8792

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Таблица Б1 - расчетные значения перемещения, скорости и ускорения поршня при $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$ с шагом в 10 градусов ПКВ

$S_x, \text{ мм}$	$V_x, \text{ м/с}$	$W_x, \text{ м/с}^2$	$j_{\text{КВ}}, \text{ рад}$	$j_{\text{КВ}}, \text{ град}$
0,000	-0,230	12587,94	0	0
0,620	3,933	12268,24	0,1745	10
2,600	7,894	11333,69	0,3491	20
5,838	11,456	9857,42	0,5236	30
10,174	14,457	7952,85	0,6981	40
15,400	16,776	5761,95	0,8727	50
21,275	18,344	3440,76	1,0472	60
27,543	19,141	1143,92	1,2217	70
33,953	19,198	-990,23	1,3963	80
40,268	18,588	-2852,10	1,5708	90
46,282	17,413	-4369,57	1,7453	100
51,827	15,793	-5512,05	1,9199	110
56,775	13,851	-6289,56	2,0944	120
61,038	11,702	-6747,01	2,2689	130
64,563	9,439	-6954,57	2,4435	140
67,326	7,132	-6995,40	2,618	150
69,318	4,821	-6952,33	2,7925	160
70,541	2,522	-6895,21	2,9671	170
71,000	0,230	-6870,50	3,1416	180
70,694	-2,068	-6894,48	3,3161	190
69,619	-4,388	-6950,87	3,4907	200
67,766	-6,733	-6993,20	3,6652	210
65,129	-9,086	-6951,63	3,8397	220
61,712	-11,406	-6743,34	4,0143	230
57,537	-13,621	-6285,16	4,1888	240
52,654	-15,635	-5506,91	4,3633	250
47,149	-17,333	-4363,70	4,5379	260
41,148	-18,588	-2845,50	4,7124	270
34,820	-19,278	-982,89	4,8869	280
28,370	-19,298	1151,99	5,0615	290
22,037	-18,574	3449,57	5,236	300
16,074	-17,072	5771,49	5,4105	310
10,740	-14,810	7963,13	5,5851	320
6,278	-11,855	9868,43	5,7596	330
2,901	-8,327	11345,43	5,9341	340
0,773	-4,387	12280,71	6,1087	350
0,000	-0,230	12601,14	6,2832	360
0,620	3,933	12281,45	6,4577	370
2,600	7,894	11346,89	6,6323	380
5,838	11,456	9870,62	6,8068	390
10,174	14,457	7966,05	6,9813	400
15,400	16,776	5775,14	7,1558	410
21,275	18,344	3453,95	7,3304	420
27,543	19,141	1157,11	7,5049	430
33,953	19,198	-977,05	7,6794	440
40,268	18,588	-2838,92	7,854	450
46,282	17,413	-4356,39	8,0285	460
51,827	15,793	-5498,88	8,203	470

56,775	13,851	-6276,39	8,3776	480
61,038	11,702	-6733,84	8,5521	490
64,563	9,439	-6941,41	8,7266	500
67,326	7,132	-6982,24	8,9012	510
69,318	4,821	-6939,18	9,0757	520
70,541	2,522	-6882,06	9,2502	530
71,000	0,230	-6857,36	9,4248	540
70,694	-2,068	-6881,34	9,5993	550
69,619	-4,388	-6937,73	9,7738	560
67,766	-6,733	-6980,07	9,9484	570
65,129	-9,086	-6938,51	10,123	580
61,712	-11,406	-6730,22	10,297	590
57,537	-13,621	-6272,04	10,472	600
52,654	-15,635	-5493,80	10,647	610
47,149	-17,333	-4350,59	10,821	620
41,148	-18,588	-2832,40	10,996	630
34,820	-19,278	-969,80	11,17	640
28,370	-19,298	1165,08	11,345	650
22,037	-18,574	3462,65	11,519	660
16,074	-17,072	5784,56	11,694	670
10,740	-14,810	7976,20	11,868	680
6,278	-11,855	9881,49	12,043	690
2,901	-8,327	11358,49	12,217	700
0,773	-4,387	12293,77	12,392	710
0,000	-0,230	12614,19	12,566	720

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Таблица В1 - Сводная таблица динамического расчета двигателя с шагом в 10 градусов ПКВ

p_N , МПа	$1/\cos\beta$	p_s , Мпа	$\cos(\beta+\varphi)/\cos\beta$	p_k , Мпа	$\sin(\beta+\varphi)/\cos\beta$	p_T , Мпа	T, кН	$M_{кр.ц}$, Нм	p_j , МПа	Δp_r , Мпа	p , Мпа	$tg\beta$
0,000	1,000	-1,736	1,000	-1,736	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,741	0,005	-1,736	0,000
-0,086	1,001	-1,697	0,976	-1,654	0,224	-0,379	-2,004	-71,137	-1,697	0,002	-1,695	0,051
-0,158	1,005	-1,577	0,905	-1,420	0,437	-0,685	-3,618	-128,445	-1,567	-0,001	-1,569	0,101
-0,203	1,011	-1,382	0,792	-1,083	0,628	-0,859	-4,538	-161,092	-1,363	-0,004	-1,367	0,148
-0,213	1,018	-1,127	0,643	-0,711	0,790	-0,874	-4,617	-163,905	-1,100	-0,007	-1,107	0,192
-0,186	1,026	-0,828	0,466	-0,376	0,914	-0,738	-3,895	-138,283	-0,797	-0,010	-0,807	0,231
-0,128	1,033	-0,505	0,272	-0,133	0,997	-0,487	-2,574	-91,383	-0,476	-0,013	-0,489	0,263
-0,050	1,040	-0,183	0,072	-0,013	1,037	-0,182	-0,963	-34,197	-0,158	-0,018	-0,176	0,287
0,036	1,044	0,124	-0,123	-0,015	1,036	0,124	0,653	23,166	0,137	-0,018	0,119	0,302
0,116	1,045	0,394	-0,307	-0,116	0,999	0,376	1,988	70,558	0,394	-0,018	0,377	0,307
0,177	1,044	0,612	-0,470	-0,276	0,932	0,546	2,886	102,442	0,604	-0,018	0,587	0,302
0,213	1,040	0,774	-0,611	-0,455	0,841	0,626	3,307	117,391	0,762	-0,018	0,745	0,287
0,224	1,033	0,881	-0,727	-0,620	0,734	0,626	3,304	117,302	0,870	-0,018	0,852	0,263
0,211	1,026	0,939	-0,819	-0,750	0,618	0,565	2,985	105,985	0,933	-0,018	0,915	0,231
0,181	1,018	0,961	-0,889	-0,840	0,496	0,468	2,471	87,719	0,962	-0,018	0,944	0,192
0,141	1,011	0,960	-0,940	-0,893	0,372	0,353	1,864	66,156	0,967	-0,018	0,950	0,148
0,095	1,005	0,949	-0,974	-0,919	0,247	0,233	1,232	43,747	0,961	-0,018	0,944	0,101
0,048	1,001	0,939	-0,994	-0,932	0,123	0,116	0,611	21,699	0,954	-0,016	0,938	0,051
0,000	1,000	0,936	-1,000	-0,936	0,000	0,000	0,000	0,000	0,950	-0,014	0,936	0,000
-0,048	1,001	0,943	-0,994	-0,936	-0,123	-0,116	-0,614	-21,790	0,953	-0,012	0,942	-0,051
-0,096	1,005	0,957	-0,974	-0,928	-0,247	-0,235	-1,243	-44,132	0,961	-0,009	0,952	-0,101
-0,142	1,011	0,971	-0,940	-0,903	-0,372	-0,357	-1,885	-66,901	0,967	-0,007	0,960	-0,148
-0,184	1,018	0,975	-0,889	-0,851	-0,496	-0,474	-2,505	-88,936	0,961	-0,004	0,957	-0,192
-0,215	1,026	0,955	-0,819	-0,763	-0,618	-0,575	-3,037	-107,797	0,933	-0,002	0,931	-0,231
-0,230	1,033	0,906	-0,727	-0,637	-0,734	-0,644	-3,399	-120,665	0,869	0,007	0,877	-0,263
-0,224	1,040	0,812	-0,611	-0,477	-0,841	-0,657	-3,469	-123,160	0,762	0,020	0,781	-0,287

-0,193	1,044	0,668	-0,470	-0,301	-0,932	-0,596	-3,149	-111,782	0,603	0,037	0,640	-0,302
-0,139	1,045	0,474	-0,307	-0,139	-0,999	-0,454	-2,395	-85,027	0,394	0,060	0,454	-0,307
-0,070	1,044	0,241	-0,123	-0,028	-1,036	-0,239	-1,262	-44,798	0,136	0,095	0,231	-0,302
0,004	1,040	-0,015	0,072	-0,001	-1,037	0,015	0,079	2,809	-0,159	0,145	-0,014	-0,287
0,067	1,033	-0,265	0,272	-0,070	-0,997	0,256	1,350	47,910	-0,477	0,221	-0,256	-0,263
0,106	1,026	-0,471	0,466	-0,214	-0,914	0,420	2,218	78,749	-0,798	0,339	-0,460	-0,231
0,110	1,018	-0,586	0,643	-0,370	-0,790	0,454	2,399	85,174	-1,101	0,526	-0,575	-0,192
0,080	1,011	-0,548	0,792	-0,429	-0,628	0,341	1,799	63,869	-1,365	0,823	-0,542	-0,148
0,041	1,005	-0,409	0,905	-0,368	-0,437	0,178	0,939	33,331	-1,569	1,162	-0,407	-0,101
-0,014	1,001	0,273	0,976	0,266	-0,224	-0,061	-0,322	-11,425	-1,698	1,971	0,272	-0,051
0,000	1,000	2,467	1,000	2,467	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,743	4,210	2,467	0,000
0,262	1,001	5,145	0,976	5,015	0,224	1,150	6,075	215,666	-1,698	6,837	5,138	0,051
0,510	1,005	5,085	0,905	4,579	0,437	2,210	11,669	414,267	-1,569	6,628	5,059	0,101
0,508	1,011	3,461	0,792	2,711	0,628	2,152	11,362	403,360	-1,365	4,789	3,424	0,148
0,397	1,018	2,103	0,643	1,327	0,790	1,632	8,617	305,890	-1,102	3,168	2,066	0,192
0,348	1,026	1,549	0,466	0,704	0,914	1,380	7,289	258,754	-0,799	2,309	1,510	0,231
0,332	1,033	1,306	0,272	0,344	0,997	1,260	6,655	236,238	-0,478	1,742	1,264	0,263
0,344	1,040	1,249	0,072	0,087	1,037	1,246	6,580	233,588	-0,160	1,362	1,202	0,287
0,373	1,044	1,290	-0,123	-0,153	1,036	1,281	6,762	240,065	0,135	1,101	1,236	0,302
0,402	1,045	1,369	-0,307	-0,402	0,999	1,309	6,911	245,347	0,393	0,917	1,310	0,307
0,419	1,044	1,449	-0,470	-0,653	0,932	1,294	6,831	242,512	0,602	0,786	1,389	0,302
0,416	1,040	1,509	-0,611	-0,887	0,841	1,220	6,445	228,804	0,760	0,691	1,451	0,287
0,391	1,033	1,538	-0,727	-1,083	0,734	1,093	5,773	204,946	0,868	0,621	1,489	0,263
0,346	1,026	1,540	-0,819	-1,229	0,618	0,927	4,894	173,744	0,931	0,569	1,501	0,231
0,286	1,018	1,519	-0,889	-1,327	0,496	0,739	3,905	138,611	0,960	0,532	1,492	0,192
0,207	1,011	1,413	-0,940	-1,314	0,372	0,519	2,742	97,343	0,966	0,432	1,397	0,148
0,130	1,005	1,298	-0,974	-1,258	0,247	0,319	1,686	59,865	0,960	0,332	1,292	0,101
0,060	1,001	1,185	-0,994	-1,176	0,123	0,146	0,771	27,385	0,952	0,232	1,184	0,051
0,000	1,000	1,080	-1,000	-1,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,948	0,132	1,080	0,000
-0,050	1,001	0,985	-0,994	-0,977	-0,123	-0,121	-0,641	-22,755	0,952	0,032	0,984	-0,051
-0,099	1,005	0,986	-0,974	-0,956	-0,247	-0,243	-1,281	-45,487	0,959	0,022	0,981	-0,101

-0,146	1,011	0,996	-0,940	-0,926	-0,372	-0,366	-1,933	-68,624	0,965	0,020	0,985	-0,148
-0,188	1,018	0,996	-0,889	-0,870	-0,496	-0,485	-2,561	-90,909	0,960	0,019	0,978	-0,192
-0,219	1,026	0,973	-0,819	-0,777	-0,618	-0,586	-3,094	-109,833	0,931	0,018	0,949	-0,231
-0,232	1,033	0,914	-0,727	-0,643	-0,734	-0,649	-3,429	-121,725	0,867	0,017	0,884	-0,263
-0,222	1,040	0,806	-0,611	-0,474	-0,841	-0,652	-3,445	-122,283	0,760	0,016	0,776	-0,287
-0,186	1,044	0,643	-0,470	-0,290	-0,932	-0,574	-3,033	-107,669	0,602	0,015	0,617	-0,302
-0,124	1,045	0,424	-0,307	-0,124	-0,999	-0,405	-2,140	-75,957	0,392	0,014	0,406	-0,307
-0,044	1,044	0,153	-0,123	-0,018	-1,036	-0,152	-0,804	-28,553	0,134	0,013	0,147	-0,302
0,043	1,040	-0,155	0,072	-0,011	-1,037	0,155	0,817	29,020	-0,161	0,012	-0,149	-0,287
0,123	1,033	-0,484	0,272	-0,127	-0,997	0,467	2,464	87,464	-0,479	0,011	-0,468	-0,263
0,182	1,026	-0,811	0,466	-0,368	-0,914	0,722	3,814	135,391	-0,800	0,010	-0,790	-0,231
0,210	1,018	-1,114	0,643	-0,703	-0,790	0,864	4,564	162,014	-1,103	0,009	-1,094	-0,192
0,201	1,011	-1,374	0,792	-1,076	-0,628	0,854	4,509	160,070	-1,367	0,008	-1,359	-0,148
0,158	1,005	-1,572	0,905	-1,416	-0,437	0,683	3,608	128,071	-1,571	0,007	-1,564	-0,101
0,086	1,001	-1,697	0,976	-1,654	-0,224	0,379	2,003	71,117	-1,700	0,006	-1,694	-0,051
0,000	1,000	-1,740	1,000	-1,740	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,745	0,005	-1,740	0,000

Таблица В2 - Таблица крутящего момента двигателя с шагом в 10 градусов ПКВ

Суммарный крутящий момент двигателя $M_{кр.}$, Нм	1-й		2-й		3-й		4-й	
	$M_{кр.ц}$, Нм	$\varphi^{\circ}_{кривош}$	$M_{кр.ц}$, Нм	$\varphi^{\circ}_{кривош}$	$M_{кр.ц}$, Нм	$\varphi^{\circ}_{кривош}$	$M_{кр.ц}$, Нм	$\varphi^{\circ}_{кривош}$
-22,755	0,000	0,0	0,000	180,0	0,000	360,0	-22,755	540,0
109,984	-71,137	10,0	-21,790	190,0	215,666	370,0	-12,755	550,0
238,935	-128,445	20,0	-44,132	200,0	414,267	380,0	-2,755	560,0
182,613	-161,092	30,0	-66,901	210,0	403,360	390,0	7,245	570,0
70,294	-163,905	40,0	-88,936	220,0	305,890	400,0	17,245	580,0
39,919	-138,283	50,0	-107,797	230,0	258,754	410,0	27,245	590,0
61,434	-91,383	60,0	-120,665	240,0	236,238	420,0	37,245	600,0
123,476	-34,197	70,0	-123,160	250,0	233,588	430,0	47,245	610,0
208,694	23,166	80,0	-111,782	260,0	240,065	440,0	57,245	620,0
298,123	70,558	90,0	-85,027	270,0	245,347	450,0	67,245	630,0
377,401	102,442	100,0	-44,798	280,0	242,512	460,0	77,245	640,0
436,248	117,391	110,0	2,809	290,0	228,804	470,0	87,245	650,0
467,402	117,302	120,0	47,910	300,0	204,946	480,0	97,245	660,0
465,723	105,985	130,0	78,749	310,0	173,744	490,0	107,245	670,0
428,748	87,719	140,0	85,174	320,0	138,611	500,0	117,245	680,0
354,612	66,156	150,0	63,869	330,0	97,343	510,0	127,245	690,0
274,188	43,747	160,0	33,331	340,0	59,865	520,0	137,245	700,0
184,904	21,699	170,0	-11,425	350,0	27,385	530,0	147,245	710,0
157,245	0,000	180,0	0,000	360,0	0,000	540,0	157,245	720,0

Таблица В3 - Таблица сил, действующих на шатунную шейку КВ с шагом в 10 градусов ПКВ

К	P_K	$R_{ш.ш.}$	$K_{ПК}$	R_K	Т
-9,16796	-14,9614	14,9614	-25,8583	25,85829	0
-8,73505	-14,5285	14,6661	-25,4254	25,50422	-2,003847
-7,49821	-13,2917	13,7754	-24,1885	24,45765	-3,618165
-5,718	-11,5115	12,3736	-22,4083	22,86318	-4,53779
-3,75614	-9,54963	10,6072	-20,4465	20,96128	-4,617037
-1,98577	-7,77925	8,7000	-18,6761	19,07799	-3,895284
-0,70329	-6,49678	6,9882	-17,3936	17,58307	-2,574176
-0,0673	-5,86079	5,9394	-16,7576	16,7853	-0,963283
-0,07774	-5,87123	5,9074	-16,7681	16,78077	0,652561
-0,60997	-6,40345	6,7048	-17,3003	17,41409	1,987548
-1,45728	-7,25077	7,8039	-18,1476	18,37561	2,885687
-2,40283	-8,19632	8,8382	-19,0932	19,3774	3,306791
-3,27204	-9,06553	9,6489	-19,9624	20,23399	3,304271
-3,96018	-9,75367	10,2004	-20,6505	20,86521	2,9855
-4,43404	-10,2275	10,5218	-21,1244	21,2684	2,470966
-4,71528	-10,5088	10,6727	-21,4056	21,48657	1,863541
-4,85544	-10,6489	10,7200	-21,5458	21,58099	1,232311
-4,92163	-10,7151	10,7325	-21,612	21,62061	0,611253
-4,94552	-10,739	10,7390	-21,6359	21,63585	6,06E-16
-4,94209	-10,7356	10,7531	-21,6324	21,64113	-0,613794
-4,89813	-10,6916	10,7636	-21,5885	21,62422	-1,243145

-4,76838	-10,5619	10,7287	-21,4587	21,5413	-1,884527
-4,49554	-10,289	10,5896	-21,1859	21,33348	-2,505236
-4,02789	-9,82137	10,2801	-20,7182	20,93956	-3,036542
-3,36587	-9,15935	9,7697	-20,0562	20,34218	-3,399021
-2,5209	-8,31439	9,0092	-19,2112	19,52198	-3,46929
-1,59015	-7,38364	8,0270	-18,2805	18,54969	-3,148789
-0,73505	-6,52854	6,9540	-17,4254	17,58922	-2,395124
-0,15034	-5,94383	6,0763	-16,8407	16,88788	-1,261914
-0,00553	-5,79902	5,7996	-16,6959	16,69605	0,079115
-0,36872	-6,16221	6,3083	-17,059	17,11235	1,349578
-1,13086	-6,92434	7,2710	-17,8212	17,95872	2,218289
-1,95189	-7,74538	8,1085	-18,6422	18,79598	2,399255
-2,26704	-8,06053	8,2589	-18,9574	19,04255	1,799115
-1,94577	-7,73926	7,7960	-18,6361	18,65974	0,938905
1,402866	-4,39062	4,4024	-15,2875	15,29085	-0,321822
13,03005	7,236561	7,2366	-3,66028	3,660282	-3,19E-15
26,48217	20,68868	21,5622	9,791835	11,52331	6,07509
24,18364	18,39015	21,7801	7,493306	13,86819	11,6695
14,31742	8,523929	14,2042	-2,37291	11,60739	11,36226
7,00996	1,216472	8,7021	-9,68037	12,95978	8,616625
3,715757	-2,07773	7,5792	-12,9746	14,88176	7,28884
1,818094	-3,97539	7,7516	-14,8722	16,29316	6,654585
0,459718	-5,33377	8,4702	-16,2306	17,51366	6,579934
-0,80565	-6,59914	9,4487	-17,496	18,75738	6,7624
-2,121	-7,91449	10,5073	-18,8113	20,04073	6,911195
-3,44986	-9,24334	11,4938	-20,1402	21,26721	6,831337
-4,68329	-10,4768	12,3005	-21,3736	22,32425	6,445181
-5,71682	-11,5103	12,8770	-22,4071	23,13891	5,773131
-6,492	-12,2855	13,2245	-23,1823	23,69332	4,894189
-7,00651	-12,8	13,3823	-23,6968	24,01636	3,904532
-6,93817	-12,7317	13,0236	-23,6285	23,78708	2,742059
-6,6444	-12,4379	12,5517	-23,3347	23,39559	1,68635
-6,21114	-12,0046	12,0294	-22,9015	22,91446	0,771406
-5,70459	-11,4981	11,4981	-22,3949	22,39492	2,1E-15
-5,1611	-10,9546	10,9733	-21,8514	21,86083	-0,640995
-5,04854	-10,842	10,9175	-21,7389	21,7766	-1,28132
-4,89119	-10,6847	10,8581	-21,5815	21,66793	-1,933066
-4,59528	-10,3888	10,6997	-21,2856	21,43911	-2,560823
-4,10395	-9,89743	10,3697	-20,7943	21,02318	-3,093883
-3,39542	-9,1889	9,8078	-20,0857	20,37632	-3,428863
-2,50296	-8,29645	8,9831	-19,1933	19,49994	-3,444596
-1,53164	-7,32513	7,9282	-18,222	18,47265	-3,032919
-0,65664	-6,45013	6,7958	-17,347	17,47843	-2,139638
-0,09582	-5,88931	5,9440	-16,7862	16,80541	-0,804298
-0,05711	-5,8506	5,9074	-16,7474	16,76738	0,817465
-0,67312	-6,46661	6,9201	-17,3635	17,53738	2,46377
-1,94425	-7,73774	8,6266	-18,6346	19,02086	3,813844
-3,7128	-9,50629	10,5450	-20,4031	20,90732	4,563769
-5,68175	-11,4752	12,3293	-22,3721	22,82194	4,509014
-7,47636	-13,2699	13,7515	-24,1667	24,43449	3,607622
-8,73263	-14,5261	14,6636	-25,423	25,50176	2,003291
-9,18713	-14,9806	14,9806	-25,8775	25,87746	4,5E-15

Таблица В4 - Таблица сил, действующие на коренные шейки с шагом в 10 градусов ПКВ

1-й кривошип			2-я коренная шейка				2-й кривошип			3-я коренная шейка			3-й кривошип		
φ_1	Рк.1, кН	T1, кН	Крк1,кН	Тк2, кН	Кк2,кН	Рк.ш2, кН	φ_2	T2, кН	Крк2,кН	Тк3, кН	Кк3,кН	Рк.ш3, кН	φ_3	T3, кН	Крк3,кН
0	25,858	0,000	-25,858	0,000	2,111	2,111	180	0,000	-21,636	-0,320	-21,744	21,746	540	-0,641	-21,851
10	25,504	-2,004	-25,425	0,695	1,896	2,020	190	-0,614	-21,632	-0,948	-21,686	21,706	550	-1,281	-21,739
20	24,458	-3,618	-24,189	1,188	1,300	1,761	200	-1,243	-21,588	-1,588	-21,585	21,643	560	-1,933	-21,582
30	22,863	-4,538	-22,408	1,327	0,475	1,409	210	-1,885	-21,459	-2,223	-21,372	21,487	570	-2,561	-21,286
40	20,961	-4,617	-20,446	1,056	-0,370	1,119	220	-2,505	-21,186	-2,800	-20,990	21,176	580	-3,094	-20,794
50	19,078	-3,895	-18,676	0,429	-1,021	1,108	230	-3,037	-20,718	-3,233	-20,402	20,657	590	-3,429	-20,086
60	17,583	-2,574	-17,394	-0,412	-1,331	1,394	240	-3,399	-20,056	-3,422	-19,625	19,921	600	-3,445	-19,193
70	16,785	-0,963	-16,758	-1,253	-1,227	1,754	250	-3,469	-19,211	-3,251	-18,717	18,997	610	-3,033	-18,222
80	16,781	0,653	-16,768	-1,901	-0,756	2,046	260	-3,149	-18,280	-2,644	-17,814	18,009	620	-2,140	-17,347
90	17,414	1,988	-17,300	-2,191	-0,063	2,192	270	-2,395	-17,425	-1,600	-17,106	17,180	630	-0,804	-16,786
100	18,376	2,886	-18,148	-2,074	0,653	2,174	280	-1,262	-16,841	-0,222	-16,794	16,796	640	0,817	-16,747
110	19,377	3,307	-19,093	-1,614	1,199	2,010	290	0,079	-16,696	1,271	-17,030	17,077	650	2,464	-17,363
120	20,234	3,304	-19,962	-0,977	1,452	1,750	300	1,350	-17,059	2,582	-17,847	18,033	660	3,814	-18,635
130	20,865	2,985	-20,651	-0,384	1,415	1,466	310	2,218	-17,821	3,391	-19,112	19,411	670	4,564	-20,403
140	21,268	2,471	-21,124	-0,036	1,241	1,242	320	2,399	-18,642	3,454	-20,507	20,796	680	4,509	-22,372
150	21,487	1,864	-21,406	-0,032	1,224	1,225	330	1,799	-18,957	2,703	-21,562	21,731	690	3,608	-24,167
160	21,581	1,232	-21,546	-0,147	1,455	1,462	340	0,939	-18,636	1,471	-22,030	22,079	700	2,003	-25,423
170	21,621	0,611	-21,612	-0,467	3,162	3,196	350	-0,322	-15,287	-0,161	-20,582	20,583	710	0,000	-25,877
180	21,636	0,000	-21,636	0,000	8,988	8,988	360	0,000	-3,660	0,000	-10,175	10,175	720	0,000	-16,690
190	21,641	-0,614	-21,632	6,142	14,563	15,805	370	11,669	7,493	4,833	-8,966	10,186	10	-2,004	-25,425
200	21,624	-1,243	-21,588	6,303	9,608	11,491	380	11,362	-2,373	3,872	-13,281	13,834	20	-3,618	-24,189
210	21,541	-1,885	-21,459	5,251	5,889	7,890	390	8,617	-9,680	2,039	-16,044	16,173	30	-4,538	-22,408
220	21,333	-2,505	-21,186	4,897	4,106	6,390	400	7,289	-12,975	1,336	-16,711	16,764	40	-4,617	-20,446
230	20,940	-3,037	-20,718	4,846	2,923	5,659	410	6,655	-14,872	1,380	-16,774	16,831	50	-3,895	-18,676
240	20,342	-3,399	-20,056	4,989	1,913	5,344	420	6,580	-16,231	2,003	-16,812	16,931	60	-2,574	-17,394
250	19,522	-3,469	-19,211	5,116	0,858	5,187	430	6,762	-17,496	2,900	-17,127	17,371	70	-0,963	-16,758
260	18,550	-3,149	-18,280	5,030	-0,265	5,037	440	6,911	-18,811	3,782	-17,790	18,187	80	0,653	-16,768
270	17,589	-2,395	-17,425	4,613	-1,357	4,809	450	6,831	-20,140	4,409	-18,720	19,233	90	1,988	-17,300
280	16,888	-1,262	-16,841	3,854	-2,266	4,471	460	6,445	-21,374	4,665	-19,761	20,304	100	2,886	-18,148

290	16,696	0,079	-16,696	2,847	-2,856	4,032	470	5,773	-22,407	4,540	-20,750	21,241	110	3,307	-19,093
300	17,112	1,350	-17,059	1,772	-3,062	3,538	480	4,894	-23,182	4,099	-21,572	21,958	120	3,304	-19,962
310	17,959	2,218	-17,821	0,843	-2,938	3,056	490	3,905	-23,697	3,445	-22,174	22,440	130	2,985	-20,651
320	18,796	2,399	-18,642	0,171	-2,493	2,499	500	2,742	-23,629	2,607	-22,376	22,528	140	2,471	-21,124
330	19,043	1,799	-18,957	-0,056	-2,189	2,189	510	1,686	-23,335	1,775	-22,370	22,440	150	1,864	-21,406
340	18,660	0,939	-18,636	-0,084	-2,133	2,134	520	0,771	-22,901	1,002	-22,224	22,246	160	1,232	-21,546
350	15,291	-0,322	-15,287	0,161	-3,554	3,557	530	0,000	-22,395	0,306	-22,003	22,006	170	0,611	-21,612
360	3,660	0,000	-3,660	-0,320	-9,096	9,101	540	-0,641	-21,851	-0,320	-21,744	21,746	180	0,000	-21,636
370	13,868	11,669	7,493	-6,475	-14,616	15,986	550	-1,281	-21,739	-0,948	-21,686	21,706	190	-0,614	-21,632
380	11,607	11,362	-2,373	-6,648	-9,604	11,680	560	-1,933	-21,582	-1,588	-21,585	21,643	200	-1,243	-21,588
390	12,960	8,617	-9,680	-5,589	-5,803	8,056	570	-2,561	-21,286	-2,223	-21,372	21,487	210	-1,885	-21,459
400	14,882	7,289	-12,975	-5,191	-3,910	6,499	580	-3,094	-20,794	-2,800	-20,990	21,176	220	-2,505	-21,186
410	16,293	6,655	-14,872	-5,042	-2,607	5,676	590	-3,429	-20,086	-3,233	-20,402	20,657	230	-3,037	-20,718
420	17,514	6,580	-16,231	-5,012	-1,481	5,227	600	-3,445	-19,193	-3,422	-19,625	19,921	240	-3,399	-20,056
430	18,757	6,762	-17,496	-4,898	-0,363	4,911	610	-3,033	-18,222	-3,251	-18,717	18,997	250	-3,469	-19,211
440	20,041	6,911	-18,811	-4,525	0,732	4,584	620	-2,140	-17,347	-2,644	-17,814	18,009	260	-3,149	-18,280
450	21,267	6,831	-20,140	-3,818	1,677	4,170	630	-0,804	-16,786	-1,600	-17,106	17,180	270	-2,395	-17,425
460	22,324	6,445	-21,374	-2,814	2,313	3,643	640	0,817	-16,747	-0,222	-16,794	16,796	280	-1,262	-16,841
470	23,139	5,773	-22,407	-1,655	2,522	3,016	650	2,464	-17,363	1,271	-17,030	17,077	290	0,079	-16,696
480	23,693	4,894	-23,182	-0,540	2,274	2,337	660	3,814	-18,635	2,582	-17,847	18,033	300	1,350	-17,059
490	24,016	3,905	-23,697	0,330	1,647	1,680	670	4,564	-20,403	3,391	-19,112	19,411	310	2,218	-17,821
500	23,787	2,742	-23,629	0,883	0,628	1,084	680	4,509	-22,372	3,454	-20,507	20,796	320	2,399	-18,642
510	23,396	1,686	-23,335	0,961	-0,416	1,047	690	3,608	-24,167	2,703	-21,562	21,731	330	1,799	-18,957
520	22,914	0,771	-22,901	0,616	-1,261	1,403	700	2,003	-25,423	1,471	-22,030	22,079	340	0,939	-18,636
530	22,395	0,000	-22,395	0,000	-1,741	1,741	710	0,000	-25,877	-0,161	-20,582	20,583	350	-0,322	-15,287
540	21,861	-0,641	-21,851	0,320	2,581	2,600	720	0,000	-16,690	0,000	-10,175	10,175	360	0,000	-3,660
550	21,777	-1,281	-21,739	-0,361	-1,843	1,878	10	-2,004	-25,425	4,833	-8,966	10,186	370	11,669	7,493
560	21,668	-1,933	-21,582	-0,843	-1,304	1,552	20	-3,618	-24,189	3,872	-13,281	13,834	380	11,362	-2,373
570	21,439	-2,561	-21,286	-0,988	-0,561	1,137	30	-4,538	-22,408	2,039	-16,044	16,173	390	8,617	-9,680
580	21,023	-3,094	-20,794	-0,762	0,174	0,781	40	-4,617	-20,446	1,336	-16,711	16,764	400	7,289	-12,975
590	20,376	-3,429	-20,086	-0,233	0,705	0,742	50	-3,895	-18,676	1,380	-16,774	16,831	410	6,655	-14,872
600	19,500	-3,445	-19,193	0,435	0,900	1,000	60	-2,574	-17,394	2,003	-16,812	16,931	420	6,580	-16,231
610	18,473	-3,033	-18,222	1,035	0,732	1,268	70	-0,963	-16,758	2,900	-17,127	17,371	430	6,762	-17,496

620	17,478	-2,140	-17,347	1,396	0,289	1,426	80	0,653	-16,768	3,782	-17,790	18,187	440	6,911	-18,811
630	16,805	-0,804	-16,786	1,396	-0,257	1,419	90	1,988	-17,300	4,409	-18,720	19,233	450	6,831	-20,140
640	16,767	0,817	-16,747	1,034	-0,700	1,249	100	2,886	-18,148	4,665	-19,761	20,304	460	6,445	-21,374
650	17,537	2,464	-17,363	0,422	-0,865	0,962	110	3,307	-19,093	4,540	-20,750	21,241	470	5,773	-22,407
660	19,021	3,814	-18,635	-0,255	-0,664	0,711	120	3,304	-19,962	4,099	-21,572	21,958	480	4,894	-23,182
670	20,907	4,564	-20,403	-0,789	-0,124	0,799	130	2,985	-20,651	3,445	-22,174	22,440	490	3,905	-23,697
680	22,822	4,509	-22,372	-1,019	0,624	1,195	140	2,471	-21,124	2,607	-22,376	22,528	500	2,742	-23,629
690	24,434	3,608	-24,167	-0,872	1,381	1,633	150	1,864	-21,406	1,775	-22,370	22,440	510	1,686	-23,335
700	25,502	2,003	-25,423	-0,385	1,939	1,977	160	1,232	-21,546	1,002	-22,224	22,246	520	0,771	-22,901
710	25,877	0,000	-25,877	0,306	2,133	2,155	170	0,611	-21,612	0,306	-22,003	22,006	530	0,000	-22,395
720	16,690	0,000	-16,690	0,000	-2,473	2,473	180	0,000	-21,636	-0,320	-21,744	21,746	540	-0,641	-21,851