

Институт машиностроения
(институт, факультет)
дра «Энергетические машины и системы управления»
(наименование кафедры)
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)
Двигатели внутреннего сгорания
(направленность (профиль/специализация))

на тему Двигатель на сжатом природном газе с повышенной эффективностью процесса сгорания за счет добавки водорода

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

По этому в данной бакалаврской работе представлены результаты проектирования газопоршневого ДВС с добавкой водорода в основное топливо, сжатый природный газ, для повышения эффективности процесса сгорания. Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка состоит из следующих разделов:

- Обзор способа повышения наполнений цилиндров за счет повышения технологичности изготовления газовых каналов головок цилиндров.
- 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 эффективности применения различных добавок водорода.

Графическая часть работы содержит 8 листов формата А1 иллюстрирующих материал представленный в пояснительной записке.

ANNOTATION

Therefore, this bachelor's work presents the results of designing a gas piston engine with the addition of hydrogen to the main fuel, compressed natural gas, to increase the efficiency of the combustion process. Bachelor's work consists of an explanatory note and a graphic part. The explanatory note consists of the following sections: Substantiation of the effectiveness of the use of the hydrogen additive in gasoline engines:

- An overview of the method for increasing the filling of cylinders by improving the manufacturability of the manufacture of gas channels of cylinder heads.
- 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, where the forces and loads acting in the crank mechanism are determined, as well as the conditions for balancing the engine.
- In the section of the special section, an analysis of the effectiveness of various hydrogen additives was carried out.

The graphic part of the work contains 8 sheets of A1 format illustrating the material presented in the explanatory note.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Обзор способа повышения наполнений цилиндров за счет повышения технологичности изготовления газовых каналов головок цилиндров	7
1.1 Исходный метод проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров.....	7
1.2 Технологичный подход к вопросу проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров.....	10
2 Тепловой расчет двигателя работающего на газовом топливе	17
3 Кинематический расчет	31
4 Динамический расчет двигателя	32
5 Сравнительный анализ показателей работы двигателя на природном газе и с добавками водорода к нему	38
6 Безопасность и экологичность газопоршневого двигателя с добавкой водорода	45
6.1 Оценка безопасности и экологичности газопоршневого двигателя с добавкой водорода	45
6.1.1 Оценка взрыво-пожаробезопасности газопоршневого двигателя с добавкой водорода	45
6.1.2 Оценка экологичности, по нормируемым продуктам отработавших газов, газопоршневого двигателя с добавкой водорода	45
6.1.3 Оценка экологичности, по шуму, газопоршневого двигателя с добавкой водорода.....	46
6.2 Выводы об безопасности и экологичности газопоршневого двигателя с добавкой водорода	47
Заключение	48
Список используемых источников.....	49
Приложение А	52

Приложение Б	70
Приложение В	77

ВВЕДЕНИЕ

Использование альтернативных видов топлива для сокращения выбросов является привлекательным, поскольку оно предлагает возможность соблюдения пределов выбросов, не требуя много времени и дорогостоящих внутренних модификаций двигателя. В истории развития двигателей водород был использован в качестве альтернативного топлива и получил внимание в качестве замены для исчезновения нефти с ископаемым топливом. Основная причина этого интереса - следствие характеристик сжигания топлива при сжигании водорода в воздухе, основным продуктом которого является вода, и сгорание не приводит к содержанию углеродсодержащих загрязняющих веществ, таких как монооксид углерода, диоксид углерода, несгоревшие углеводороды, или частиц. Поскольку углекислый газ (CO_2) не образуется, это топливо не способствует парниковому эффекту. Кроме того, характеристики горения водорода обеспечивают высокую скорость пламени и минимальную энергию зажигания. Еще одной причиной интереса к водороду является то, что водород может быть получен путем электролиза воды или путем риформинга углеводородов. Хотя сам электролиз требует источника энергии, источник водорода никогда не будет исчерпан, поскольку водород возвращается в окружающую среду в качестве воды после сгорания [1-3].

Использование водорода в качестве топлива в двигателях с искровым зажиганием должно снизить выбросы. Кроме того, чтобы расширить «доступность» природного газа, желательно рассмотреть вопрос об использовании двойного топлива. В частности, сочетание водорода и природного газа может повысить эффективность этих двигателей и снизить уровни выбросов без последующей обработки выхлопных газов двигателя.[4]

В настоящее время стоимость водородного топлива относительно высока по сравнению с природным газом и бензином.

1 Обзор способа повышения наполнений цилиндров за счет повышения технологичности изготовления газовых каналов головок цилиндров

1.1 Исходный метод проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров

Процесс проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров осуществляется в соответствии со схемой, показанной на рисунке 1.1.

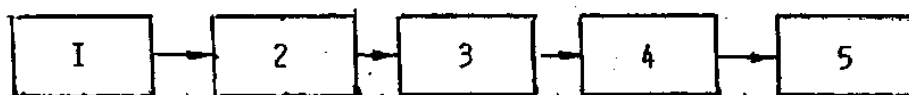


Рисунок 1.1 - Схема метода проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров (исходная технология)

где: 1 – разработка конструкторской документации на газовые каналы, например, выпускного канала, показанного на рисунке 1.2;

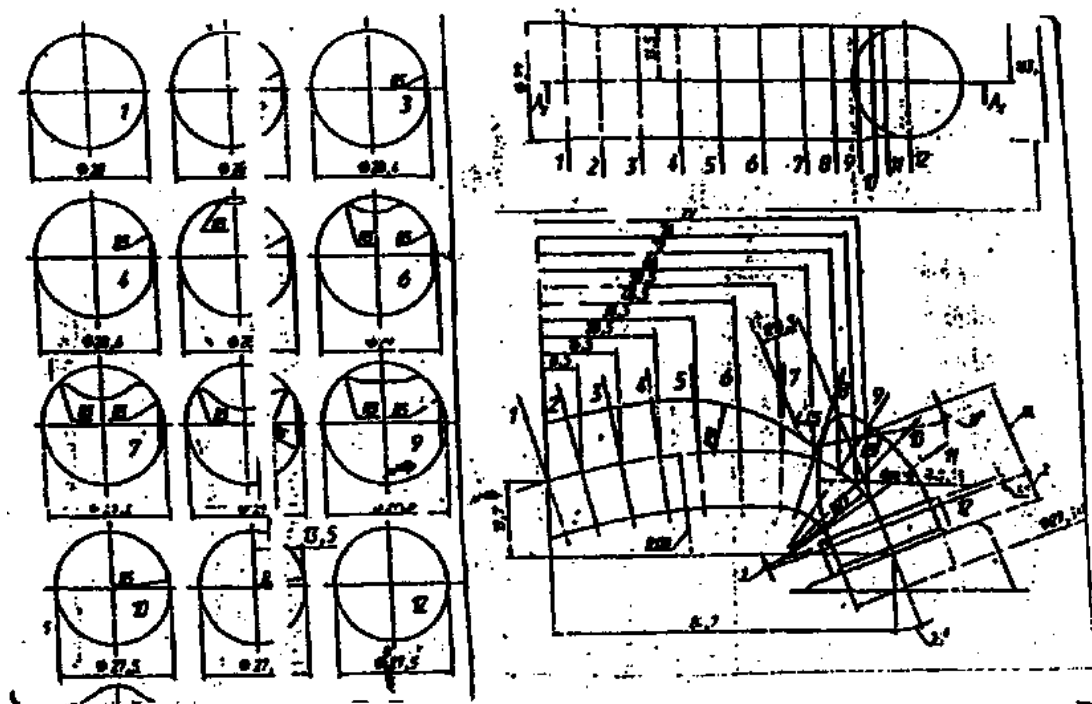


Рисунок 1.2 - Чертеж газового канала (выпуск)

- разработка технологической документации на стержневой ящик;
- разработка конструкторско-технологической документации на инструмент II порядка;
- изготовление инструмента II порядка;
- изготовление стержневого ящика.

Процесс изготовления стержневого ящика и инструмента второго порядка является трудоемким и дорогостоящим. Используется большой объем работ ручного труда, влияющего на качество изготовления инструмента второго порядка, стержневого ящика и, в конечном итоге, стержня газовых каналов головки цилиндров (рисунок 1.3).

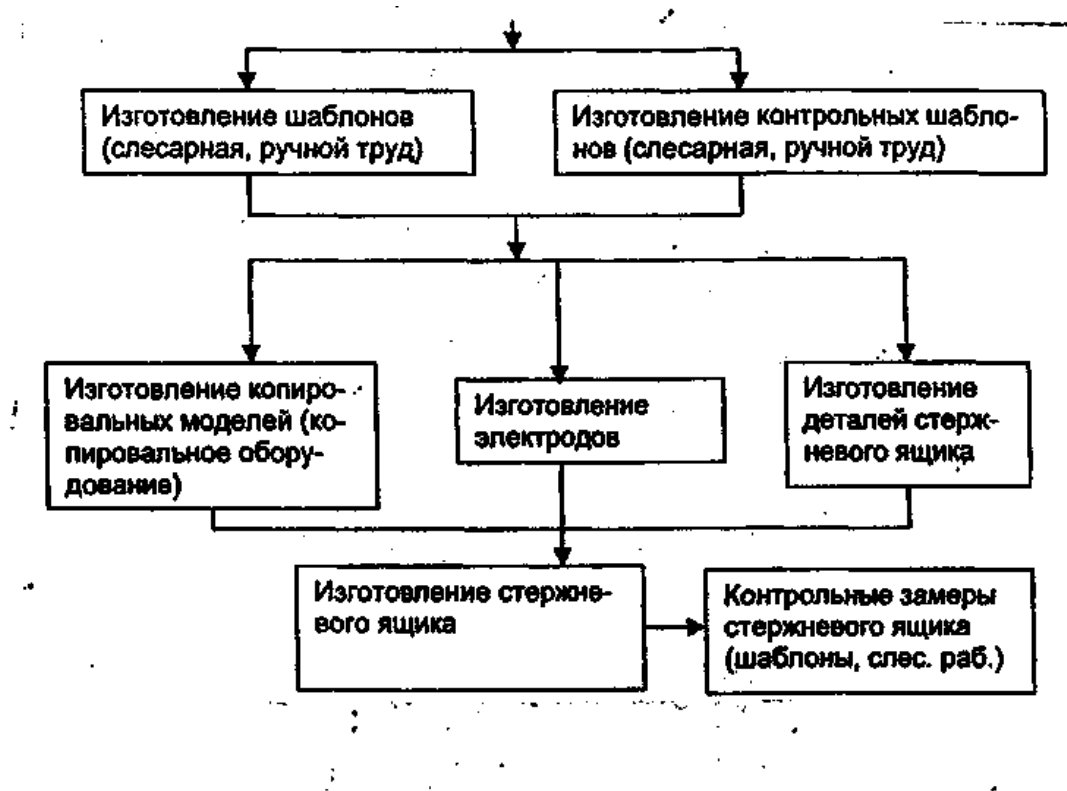


Рисунок 1.3 - Схема процесса изготовления стержневого ящика

Суть технологии изготовления инструмента II порядка состоит в следующем: Чертежи с формообразующими стержневого ящика поступают слесарю-инструментальщику участка инструмента II порядка. Слесарь, ориентируясь на сечения, указанные в чертежах, начинает изготовление

шаблонов и контршаблонов стержневого ящика (рисунок 1.4а) и его разъема (рисунок 1.4б).

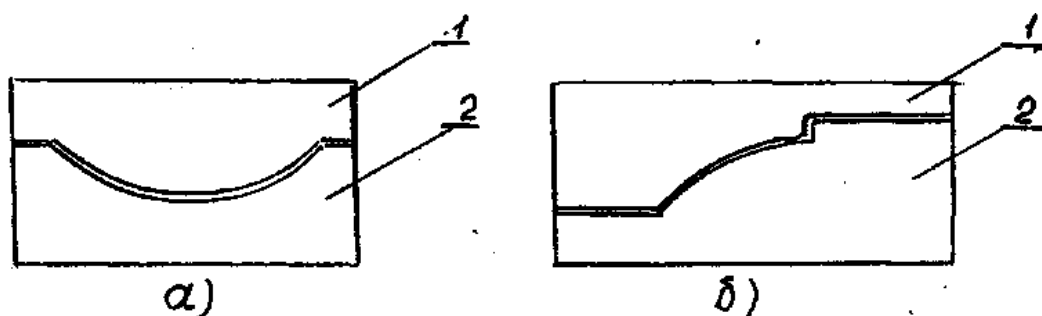


Рисунок 1.4 - Чертежи с формообразующими стержневого ящика: 1 - шаблон, 2 - контршаблон

Исходя из собственного опыта и квалификации, слесарь дополнительно разрабатывает шаблоны, по его мнению, необходимые для дальнейшей работы по изготовлению оснастки (стержневого ящика) [5].

Изготовление шаблонов и контршаблонов производится вручную или на универсальном фрезерном оборудовании с дальнейшей слесарной подгонкой по фигуре.

По изготовленным шаблонам в дальнейшем изготавливается копия-модель фигуры стержневого ящика на копировальном оборудовании. Копия-модель стержневого ящика изготавливается из эпоксидной смолы, специальных пластмассовых материалов или из металла.

Изготовление копия-модели производится на универсальном фрезерном оборудовании по шаблонам и по разметке. Затем слесарь дорабатывает и производит подгонку по плоскости разъема. Копия-модель принимает ОТК и аттестует его.

Аналогично копия-моделям изготавливаются графитовые электроды для электроэрозионной обработки (рисунок 1.5),

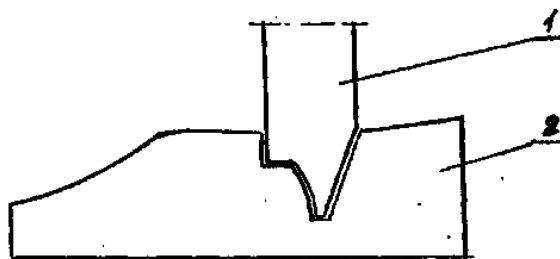


Рисунок 1.5 - Графитовый электрод (1) для электроэрозионной обработки труднодоступных мест изделия (2)

При готовом комплекте инструмента второго порядка изготавливается стержневой ящик. Формообразующие вставки стержневого ящика после предварительных операций поступают на копировально-фрезерный станок, где выполняется черновая обработка фигуры по копир-моделям. Далее вставки проходят термообработку-закалку и чистовую обработку фигуры по копир-моделям. После этого на электроэрозионных станках графитовыми электродами калибруются формообразующие поверхности и прожигаются недоступные для фрез места вставок (рисунок 1.5)[6].

На заключительном этапе изготовления стержневого ящика производится доводка каналов и знаковых частей вставок ящика по шаблонам, полировка плоскости разъема и каналов, подгонка плоскости разъема по краске (сурьме), сдача ОТК.

Основными недостатками исходного метода проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров является то, что практически невозможно достичь соответствия газовых каналов при их изготовлении конструкторской документации из-за сложности изготовления фигуры формообразующей и криволинейной плоскости разъема стержневого ящика, а также инструмента второго порядка (шаблонов, контр-шаблонов, копир-моделей, электродов) [7].

1.2 Технологичный подход к вопросу проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров

Результаты проведенных исследований исходного (далее "стандартного") метода проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров показали, что данный метод обладает рядом существенных недостатков [8].

Основным недостатком стандартного метода проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров является то, что практически невозможно достичь соответствия газовых каналов при их изготовлении конструкторской документации из-за сложности изготовления фигуры формообразующей и криволинейной плоскости разъема стержневого ящика, а также инструмента второго порядка [9].

Стандартный технологический процесс изготовления стержневого ящика является трудоемким и дорогостоящим, включающим в себя большой объем ручного труда, влияющего на точность изготовления и необходимость наличия большой номенклатуры инструмента второго порядка (шаблонов, электродов, копир-моделей). Изготовление инструмента второго порядка также требует большого объема слесарных работ (рисунок 1.6).

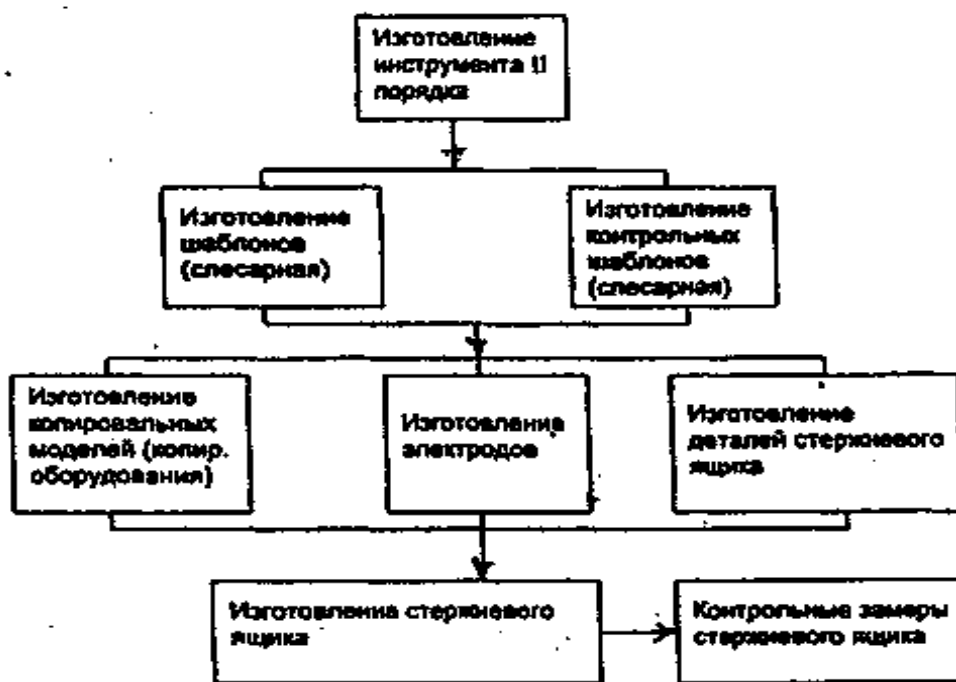


Рисунок 1.6 - Схема процесса изготовления стержневого ящика

При новом подходе к вопросу проектирования и технологии изготовления газовых каналов головки цилиндров двигателя процесс, показанный на рисунке 1.7, базируется на построении их математической модели.

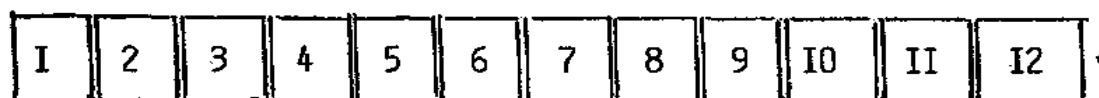


Рисунок 1.7 - Схема метода проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров, базирующегося на построении их математической модели

где на рисунке 1.7: 1 - разработка конструкторской документации на газовые каналы, например, головки цилиндров, показанной на рисунке 1.8.

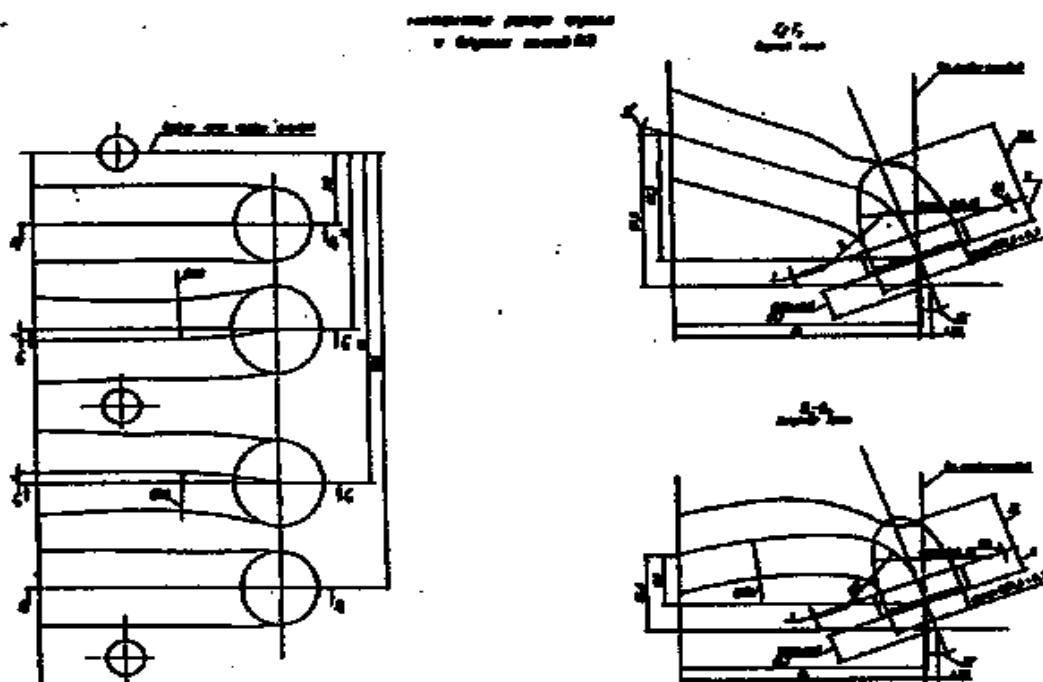


Рисунок 1.8 - Чертеж газовых каналов

2 - построение математической модели газовых каналов, показанной на рисунке 1.9.

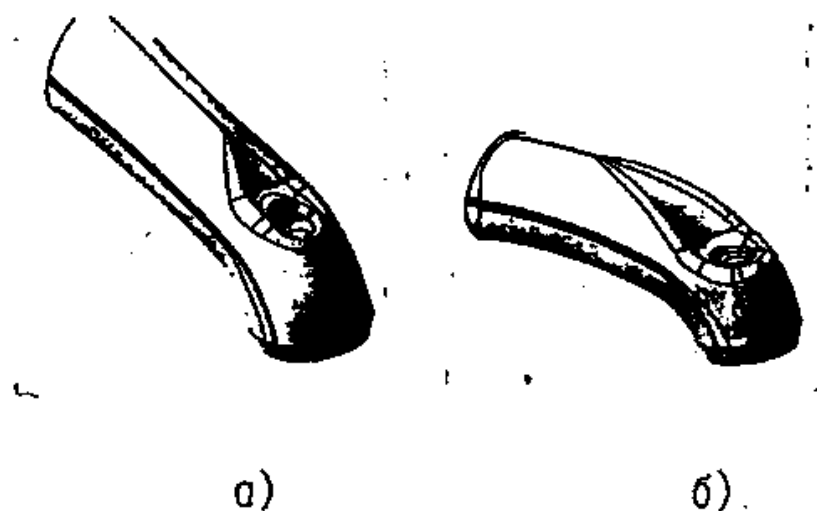


Рисунок 1.9 - Математическая модель газовых каналов головки цилиндров впускного (а) и выпускного (б)

3 – построение математической модели стержневого ящика и стержня каналов со знаковой частью (рисунки 1.10 и 1.11).

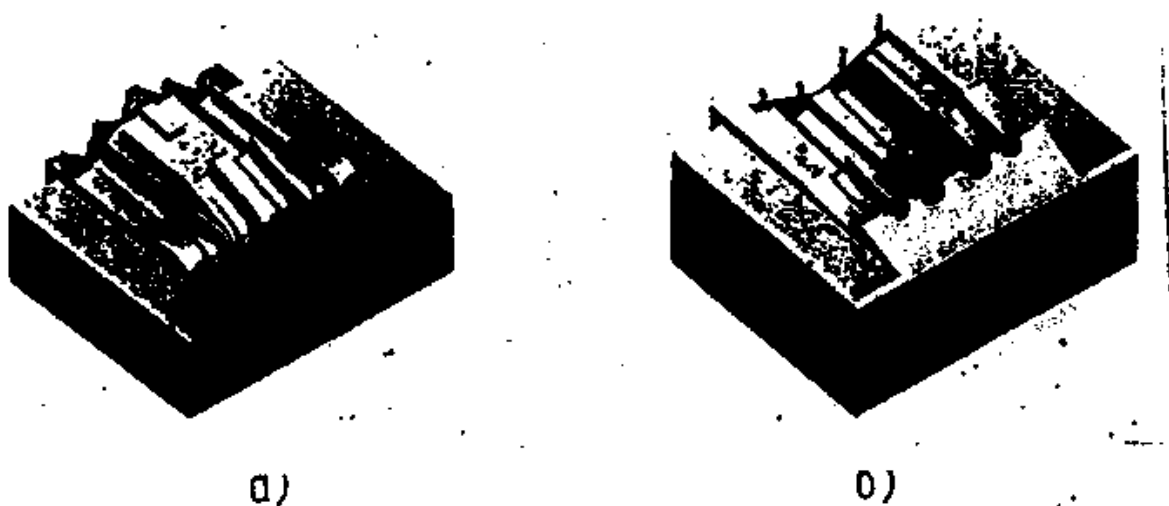


Рисунок 1.10 - Математическая модель стержневого ящика, вставка нижняя (а), вставка верхняя (б)

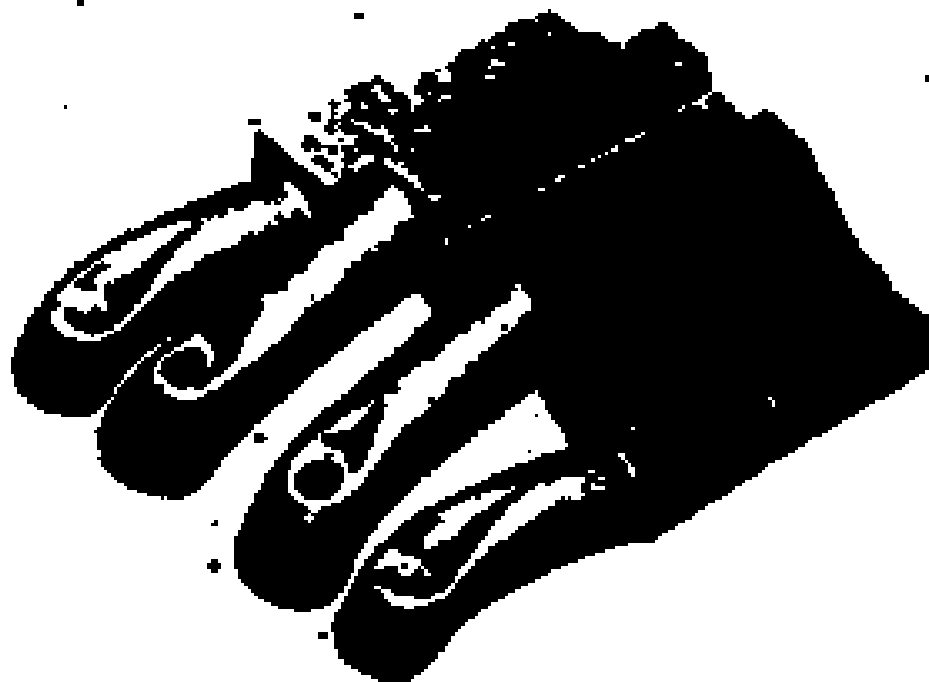


Рисунок 1.11 - Математическая модель стержня каналов со знаковой частью

- разработка конструкторской документации на стержневой ящик
- разработка технологической документации на стержневой ящик
- построение математической модели электрода на газовые каналы и разъем (рисунки 1.12, 1.13)

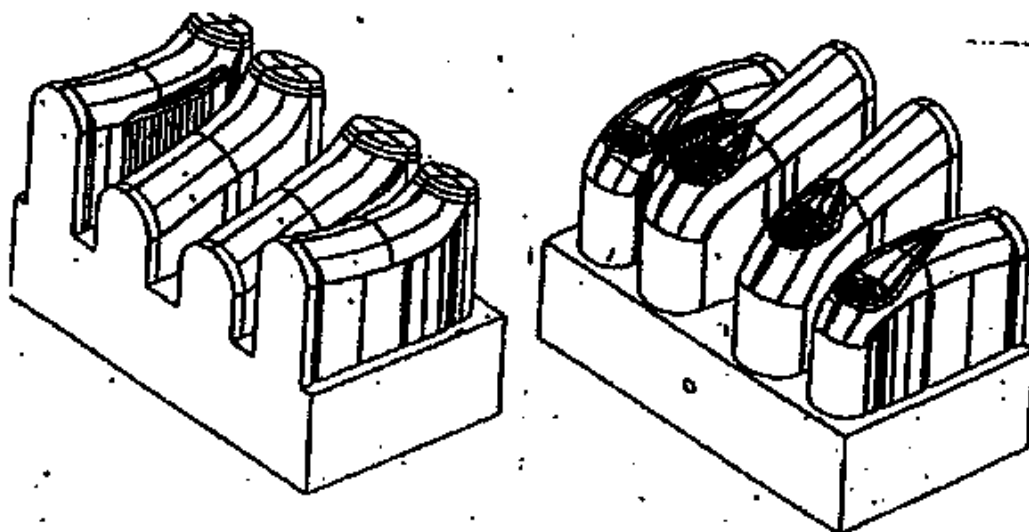


Рисунок 1.12 - Математическая модель электрода на газовые каналы

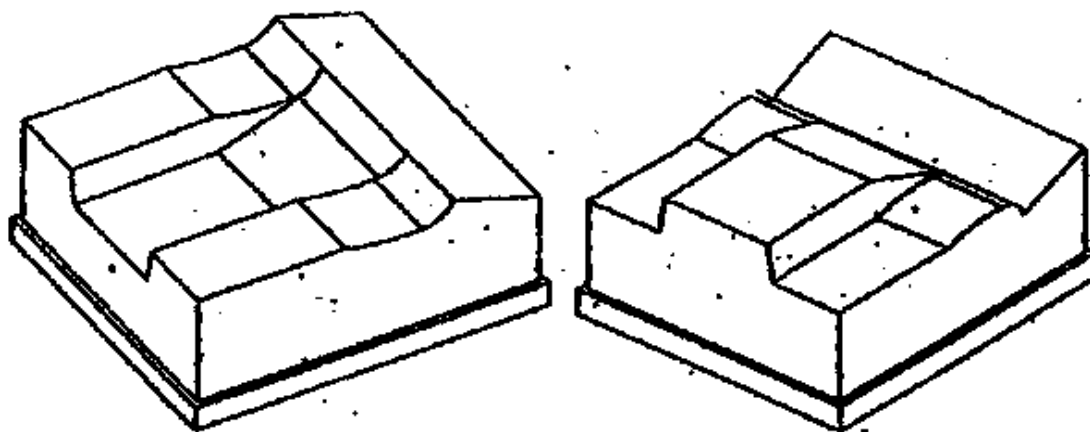


Рисунок 1.13 - Математическая модель электрода на разъем

7 - разработка конструкторско-технологической документации на инструмент второго порядка;

8 - разработка управляющих программ для обработки стержневого ящика и инструмента второго порядка на станках с ЧПУ;

9 - изготовление инструмента второго порядка на станках с ЧПУ по математическим моделям;

10 изготовление стержневого ящика по математической модели (обработка вставок, стержневого ящика на фрезерных станках с ЧПУ, чистовая калибровка вставок электродами на электроэрозионных станках);

11 - контроль стержневого ящика по математической модели;

12 - отливка головок цилиндров.

Анализ стандартного метода и нового подхода к вопросу проектирования и технологии изготовления газовых каналов головок цилиндров показывает, что новый подход имеет ряд существенных преимуществ, а именно:

- высокая точность изготовления стержней газовых каналов головок цилиндров.

- из технологического процесса изготовления стержневого ящика и инструмента второго порядка исключены слесарные работы;

- существенно уменьшен объем доводочных слесарных работ при контрольных замерах стержневого ящика;
- высокая производительность на участках изготовления стержневых ящиков;
- позволяет получить стабильный результат при воспроизводстве технологической оснастки стержневых ящиков;
- с высокой точностью проводить замеры стержневого ящика по математической модели;
- оперативно и с высокой точностью контролировать профиль газовых каналов головок цилиндров в любом их сечении по математической модели.

2 Тепловой расчет двигателя работающего на газовом топливе

Исходные данные: Двигатель, $i = 4$; $iV_h = 2,0$ л, $n_N = 5200$ об/мин.; $\varepsilon = 11,8$, Природный газ и природный газ с добавкой водорода 5%. от массы топлива, на следующих частотах вращения: 850, 1500, 2500, 4000, 5200 мин⁻¹.

Таблица 2.1 - Средний элементарный состав газового топлива

Массовая доля элемента в смеси СПГ в %	Состав природного газа	Объемная доля элемента в смеси СПГ в %
81,34	CH ₄ - Метан	90
5,05	C ₂ H ₆ - Этан	2,96
0,43	C ₃ H ₈ - Пропан	0,17
1,85	Бутан C ₄ H ₁₀ - Бутан	0,55
1,81	C ₅ H ₁₂ - Пентан	0,42
0,00016	Водород H ₂	0,14
0,221	CO - Угарный газ	0,14
1,17	CO ₂ - Углекислый газ	0,47
8,116	N ₂ - Азот	5,15

Молекулярная масса композитного газового топлива по объему $m_T = 12,59$ кг/кмоль, по массе $m_T = 16,14$ м³/кмоль, молекулярная масса СПГ по объему $m_T = 17,717$ м³/кмоль, по массе $m_T = 17,717$ кг/кмоль.

Низшая теплота сгорания композитного газового топлива по объему:

$$H_u' = 12,8CO + 10,8H_2 + 35,7CH_4 + 63,3C_2H_6 + 90,9C_3H_8 + 119,7C_4H_{10} + 146,2C_5H_{12} = 12,8 \cdot 0,000943 + 10,8 \cdot 0,327406 + 35,7 \cdot 0,606183 + 63,6 \cdot 0,0193 + 90,9 \cdot 0,0011 + 119,7 \cdot 0,0037 + 146,7 \cdot 0,0028 = 27,41187 \text{ МДж/м}^3 = 27411,87 \text{ кДж/м}^3 \quad (2.1)$$

Низшая теплота сгорания композитного газового топлива по массе:

$$H_u = [34,013C + 125,6H - 10,9(O - S) - 2,512(9H + W)] \cdot 10^6 = [34,013 \cdot 0,619629 + 125,6 \cdot 0,292478985 - 10,9 \cdot (0,008795215 - 0) - 2,512 \cdot (9 \cdot 0,25 + 0)] \cdot 10^6 = 51102,8 \text{ кДж / кг} \quad (2.2)$$

Низшая теплота сгорания СПГ топлива по объему:

$$H_u' = 12,8CO + 10,8H_2 + 35,7CH_4 + 63,3C_2H_6 + 90,9C_3H_8 + 119,7C_4H_{10} + 146,2C_5H_{12} = 12,8 \cdot 0,0014 + 10,8 \cdot 0,0014 + 35,7 \cdot 0,9 + 63,6 \cdot 0,0296 + 90,9 \cdot 0,0017 + 119,7 \cdot 0,0055 + 146,7 \cdot 0,0042 = 35,46364 \text{ МДж/м}^3 = 35463,64 \text{ кДж/м}^3$$

Низшая теплота сгорания СПГ топлива по массе:

$$H_u = [34,013C + 125,6H - 10,9(O - S) - 2,512(9H + W)] \cdot 10^6 = [34,013 \cdot 0,6884771 + 125,6 \cdot 0,2138655 - 10,9 \cdot (0,0097725 - 0) - 2,512 \cdot (9 \cdot 0,25 + 0)] \cdot 10^6 = 45337,09 \text{ кДж / кг}$$

Коэффициент избытка воздуха принимаем $\alpha = 1$.

Расчет будет проводиться для всех выбранных режимов, окончательные значения будут приводятся в форме таблицы.

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания:

$$L_0' = \frac{1}{0,21} * \sum \left(n + \frac{m}{4} - \frac{r}{2} \right) \cdot C_n H_m O_r \frac{\text{мольвоздуха}}{\text{мольгазообтопл}}, \text{ или } \frac{\text{м}^3 \text{возд}}{\text{м}^3 \text{топл}} \quad (2.2)$$

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} \right) (\text{кмоль.возд./кг.топл})$$

Количество горючей см./кмоль газообразного топлива

$$M_1 = \left(\alpha \cdot L_0 + \frac{1}{\mu_m} \right) \frac{\text{кмоль св. заряда}}{\text{кг. топлива}} \quad (2.3)$$

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания при $\alpha \geq 1$:

- углекислого газа

$$M'_{CO_2} = \sum n(C_n H_m O_r) \text{ кмоль } CO_2 / \text{кмоль топл} \quad (2.4)$$

$$M_{CO_2} = C / 12 \frac{\text{кмоль св. зар.}}{\text{кг. топл}}$$

- водяного пара

$$M'_{H_2O} = \sum \frac{m}{2} (C_n H_m O_r) \text{ кмоль} \quad (2.5)$$

$$M_{H_2O} = H / 2 \frac{\text{кмоль } H_2O}{\text{кг. топл.}}$$

- кислорода

$$M'_{O_2} = 0,208(\alpha - 1)L'_O \text{ кмоль} \quad (2.6)$$

$$M_{O_2} = 0,208(\alpha - 1)L_0 \frac{\text{кмоль } O_2}{\text{кг. топл}}$$

- азота

$$M'_{N_2} = 0,792 \alpha L'_O + N_2 \text{ кмоль.} \quad (2.7)$$

$$M_{N_2} = 0,792 \alpha L_0 \frac{\text{кмоль } N_2}{\text{кг. топл}}$$

Общее число продуктов сгорания

$$M'_2 = M'_{H_2O} + M'_{O_2} + M'_{CO_2} + M'_{N_2} \text{ кмоль.} \quad (2.8)$$

Параметры рабочего тела на всех режимах будут одинаковы, поэтому в таблице приведены параметры рабочего тела для топлив СПГ и СПГ+5%Н₂, на режиме 5200 об/мин.

Таблица 2.2 - Параметры рабочего тела

Топливо	СПГ	СПГ+5%Н ₂		СПГ	СПГ+5%Н ₂
L'_0	9,53293	7,20554	L_0	0,531413	0,598464
M'_1 , кмоль	9,532	7,20	M_1 , кмоль/кг	0,5878	0,6549
Доля СО ₂ в продуктах сгорания, кмоль	1,015	1,009	Доля СО ₂ в продуктах сгорания, кмоль/кг	0,05737	0,05163
Доля Н ₂ О в продуктах сгорания, кмоль	1,949	1,31	Доля Н ₂ О в продуктах сгорания, кмоль/кг	0,1475	0,1475
Доля N ₂ в продуктах сгорания, кмоль	7,55	5,71	Доля N ₂ в продуктах сгорания, кмоль/кг	0,5052	0,5506
M'_2 , кмоль	10,52	8,03	M_2 кмоль/кг	0,711	0,7497

Параметры окружающей среды приведены в таблице 2.3

Таблица 2.3 - Параметры окружающей среды

$p_k=p_0$ МПа	$T_k=T_0$ К	T_r К	P_r МПа
0,1	293	1200	0,118

Величина давлений остаточных газов приведена в таблице 5.

Зависимость A_n от частоты вращения коленчатого вала определяется по формуле ниже, расчетные данные приведены в таблице 2.4.

$$A_n = 95/n \quad (2.9)$$

Температура подогрева свежего заряда:

$$\Delta T = A_T (110 - 0,0125n), \quad (2.10)$$

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

Плотность заряда на впуске:

$$\rho_0 = p_0 \cdot 10^6 / (R_B T_0) \text{ кг/м}^3, \quad (2.11)$$

где $R_B = 287 \text{ Дж/(кг град)}$ – удельная газовая постоянная для воздуха.

Принимаем снижение сопротивления $\beta^2 + \xi_{\text{ВП}} = 2,8$ и $\omega_{\text{ВП}} = 95 \text{ м/с}$.

Тогда ΔP_a на всех скоростных режимах двигателя рассчитываем по формуле:

$$\Delta P_a = (\beta^2 + \xi_{\text{ВП}}) \cdot A_n^2 n^2 p_k \cdot 10^{-6} / 2 \text{ МПа}, \quad (2.12)$$

где $A_n = \omega_{\text{ВП}} / n_N$.

Давление в конце впуска:

$$P_a = p_0 - \Delta p \text{ МПа} \quad (2.13)$$

Коэффициент остаточных газов:

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{\varphi_{oc} P_r}{\varepsilon \varphi_{o3} P_a - \varphi_{oc} P_r} \quad (2.14)$$

Для всех режимов $\varphi_{\text{доз}}$ приведены в таблице.

Температура в конце впуска:

$$T_a = (T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r) / (1 + \gamma_r) \text{ К} \quad (2.15)$$

Коэффициент наполнения:

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{p_0} (\varphi_{o3} \varepsilon p_a - \varphi_{oc} p_r) \quad (2.16)$$

Таблица 2.5 – Параметры процесса впуска и газообмена

Толиво	СПГ	СПГ+ 5%Н ₂	СПГ	СПГ+5 %Н ₂	СПГ	СПГ+5 %Н ₂	СПГ	СПГ+5 %Н ₂	СПГ	СПГ+ 5%Н ₂
Частота вращения, мин ⁻¹	850		1500		2500		4000		5200	
Температура остаточных газов, К	950	900	1000	950	1050	1000	1100	1050	1200	1100
Давление остаточных газов, МПа	0,105	0,100	0,109	0,1082	0,115	0,110	0,118	0,115	0,120	0,118
Подогрев свежего заряда, °С	18,4	15,2	13,3	12	11,6	10,1	11	9,5	10	8
Разряжение во впускном трубопроводе, МПа	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Среднее давление впуска, МПа	0,1	0,09	0,088	0,086	0,086	0,082	0,084	0,085	0,084	0,083
Коэффициент дозарядки	0,85	0,85	1,05	1,05	1,15	1,15	1	1	0,9	0,9
Коэффициент остаточных газов	0,041	0,042	0,041	0,041	0,041	0,041	0,042	0,041	0,041	0,041
Средняя температура на впуске, К	355	352,7	350,1	350,7	350	350,7	350,7	350,7	349,7	348
Коэффициент наполнения	0,65	0,65	0,84	0,84	0,929	0,929	0,791	0,791	0,698	0,698

Значение показателя политропы сжатия:

$$n_1 = 1 + \frac{8,314}{20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} (\varepsilon^{n_1-1} + 1) \cdot T_a} \quad (2.17)$$

Давление в конце сжатия:

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1} \text{ МПа} \quad (2.18)$$

Температура в конце сжатия:

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1-1} \quad (2.19)$$

Удельный объем, давление и температура рабочего тела в момент воспламенения находятся по следующим формулам:

$$V_y = \frac{V_a}{\varepsilon} \cdot \left[1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \cdot \left[\left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) - \left[\cos\left(\frac{\Theta \cdot \pi}{180}\right) + \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 \left(\sin\left(\frac{(\Theta \cdot \pi)}{180}\right)} \right)^2} \right] \right] \right] \text{ м}^3/\text{кг} \quad (2.20)$$

$$p_y = \left(\frac{V_a}{V_y} \right)^{n_1} \cdot p_a, \text{ МПа} \quad (2.21)$$

$$T_y = \left(\frac{V_a}{V_y} \right)^{n_1-1} \cdot T_a, \text{ К} \quad (2.22)$$

Таблица 2.6 – Процесс сжатия и начала воспламенения смеси

Топливо	СПГ	СПГ+5% %H ₂	СПГ	СПГ+5% H ₂	СПГ	СПГ+5% H ₂	СПГ	СПГ+5% H ₂	СПГ	СПГ+5% H ₂
Частота вращения, мин ⁻¹	850		1500		2500		4000		5200	
Показатель плитропы сжатия	1,38	1,373	1,38	1,375	1,383	1,363	1,389	1,377	1,389	1,376
Давление в конце сжатия, МПа	3	2,61	2,7	2,5	2,45	2,39	2,35	2,3	2,09	2
Температура в конце сжатия, К	850	844,4	830	796	805	790	795,4	785	800,05	781
Удельный объем в момент воспламенения, м ³ /кг	0,155	0,144	0,163	0,154	0,18	0,162	0,18	0,18	0,21	0,18
Давление в момент зажигания, МПа	1,43	1,57	1,33	1,43	1,16	1,34	1,11	1,16	0,92	1,12
Температура в момент зажигания, К	768,5	788,9	754,2	768,5	724,7	754,2	717,2	724,7	680,5	717,3

Давление газов в процессе сгорания:

$$p_2 = E_2 \cdot \Delta X_{1-2} + p_1 \cdot (K_{1-2} \cdot \psi(\varphi'_1) - \psi(\varphi'_2)) / [K_{1-2} \cdot \psi(\varphi'_1) - \psi(\varphi'_2)] \text{ МПа} \quad (2.23)$$

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке:

$$\Delta X_{1-2} = \exp \left[-6,908 \left[\frac{\varphi_1}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] - \exp \left[-6,908 \left[\frac{\varphi_2}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] \quad (2.24)$$

Фактор теплоемкостей находится следующим образом:

$$K_{1-2} = \frac{k_{1-2} + 1}{k_{1-2} - 1} \quad (2.25)$$

Отношение средних теплоемкостей рабочего тела на участке 1-2:

$$k_{1-2} = 1,259 + \left[76,7 - \left(13,6 - \frac{14,2}{\alpha} \right) \cdot x_{1-2} \right] \cdot \frac{1}{T_{1-2}} - \left(0,0665 - \frac{0,0245}{\alpha} \right) \cdot x_{1-2} \quad (2.26)$$

Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке 1-2:

$$x_{1-2} = 0,5 \left[\exp \left[-6,908 \left[\frac{\varphi_1}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] - \exp \left[-6,908 \left[\frac{\varphi_2}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] \right] \quad (2.27)$$

Средняя температура на участке 1-2

$$T_{1-2} = \frac{T_1 + T_2}{2} \text{ К} \quad (2.28)$$

$$\psi(\varphi') = 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \cdot \sigma \quad (2.29)$$

$$\sigma = \left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) - \left[\cos(\varphi') + \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 (\sin(\varphi'))^2} \right] \quad (2.30)$$

Температура в процессе сгорания:

$$T_2 = \frac{T_y \cdot p_2 \cdot \psi(\varphi_2')}{p_y \cdot \psi(\varphi_y') \cdot \mu_{1-2}} \text{ К} \quad (2.31)$$

Средний коэффициент молекулярного изменения свежей смеси:

$$\mu_{1-2} = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} \quad (2.32)$$

$$\mu_1 = 1 + \frac{(\mu_{0\max} - 1) \left[1 - \exp \left[-6,908 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_z} \right)^{m+1} \right] \right]}{1 + \gamma_r} \quad (2.33)$$

Средний показатель политропы расширения:

$$n_2 = 1 + \frac{8,341}{23,7 + 0,0046 \cdot T_z \cdot \left(1 + \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right)} \quad (2.34)$$

Давление и температура в конце процесса расширения:

$$p_b = \frac{p_z}{\delta^{n_2}}, \text{ МПа} \quad (2.35)$$

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}, \text{ К} \quad (2.36)$$

Проверка ранее принятой температуры остаточных газов:

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{p_b / p_r}}, K \quad (2.37)$$

$$\Delta T_r = 100(T_r - 950)/950, \%$$

Для остальных режимов окончательные значения рассчитываемых параметров приводятся в таблице 7.

Таблица 2.7 – Параметры процесса расширения и выпуска

	СПГ	СПГ+5 %H ₂	СПГ	СПГ+5 %H ₂	СПГ	СПГ+5 %H ₂	СПГ	СПГ+5 %H ₂	СПГ	СПГ+5 %H ₂
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	850		1500		2500		4000		5200	
показатель политропы расширения	1,21	1,1971	1,21	1,19	1,21	1,19	1,32	1,2	1,2	1,19
Давление в конце процесса расширения, МПа	0,433	0,442	0,432	0,439	0,428	0,436	0,355	0,433	0,445	0,456
Температура в конце процесса расширения, К	1532	1654,6	1525,2	1634	1514,3	1625,4	1257,9	1614	1574,1	1701,6
Температура остаточных газов, К	900	893	925	900	951	910	1000	985	1053	995
Погрешность принятия температуры остаточных газов%	4,1	4,8	4,1	4,5	4,1	4,2	3	3,3	3,5	4

Теоретическое среднее индикаторное давление

$$p'_i = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (2.37)$$

Среднее индикаторное давление

$$p_i = \varphi_i p'_i, \quad (2.38)$$

где коэффициент диаграммы принят $\varphi_i = 0,96$.

Индикаторный КПД и индикаторный удельный расход газа:

$$\eta_i = 371,2 \cdot 10^{-6} M_1' T_k p_i / (H_u' p_k \eta_v) \quad (2.39)$$

$$v_i = 3600 / (H_u \eta_i) \quad (2.40)$$

Среднее давление механических потерь для бензиновых двигателей с числом цилиндров до шести и отношения $S / D \leq 1$:

$$p_M = 0,034 + 0,0113 \cdot v_{n.cp} \quad (2.41)$$

Значение средней скорости поршня при:

$$v_{n.cp} = \frac{Sn}{3 \cdot 10^4} \quad (2.42)$$

Среднее эффективное давление и механический КПД:

$$p_e = p_i - p_M \quad (2.44)$$

$$\eta_M = p_e / p_i \quad (2.43)$$

Эффективный КПД и эффективный удельный расход топлива:

$$\eta_e = \frac{371,2 \cdot 10^{-6} \cdot p_e \cdot T_k \cdot M_1}{p_k \cdot \eta_v \cdot H_u} \quad (2.44)$$

$$v_e = 3,6 / (\eta_e H_u') \quad (2.45)$$

Таблица 2.8 – Индикаторные и эффективные параметры двигателя

	СПГ	СПГ+5 %H ₂	СПГ	СПГ+5 %H ₂	СПГ	СПГ+5 %H ₂	СПГ	СПГ+5 %H ₂	СПГ	СПГ+5 %H ₂
Частота вращения, мин ⁻¹	850		1500		2500		4500		5200	
Индикаторное давление, МПа	0,978	0,994	0,967	0,987	0,966	0,984	0,959	0,984	1,022	1,062
Индикаторный КПД	0,368	0,366	0,284	0,284	0,255	0,255	0,298	0,299	0,359	0,366
Удельный индикаторный расход топлива, м ³ /(кВтч)	0,275	0,359	0,357	0,463	0,397	0,516	0,340	0,439	0,282	0,359
Средняя скорость поршня, м/с	2,012	2,012	3,55	3,55	5,92	5,917	9,46	9,47	12,31	12,31
Давление механических потерь, МПа	0,056	0,057	0,074	0,074	0,100	0,101	0,141	0,141	0,173	0,173
Эффективное давление, МПа	0,922	0,937	0,893	0,913	0,865	0,883	0,818	0,843	0,848	0,889
Механический КПД	0,942	0,943	0,923	0,925	0,895	0,897	0,853	0,857	0,831	0,837
Эффективный КПД	0,413	0,411	0,312	0,312	0,272	0,272	0,303	0,305	0,355	0,364
Удельный эффективный расход топлива м ³ /(кВтч)	0,246	0,319	0,325	0,421	0,373	0,483	0,335	0,431	0,286	0,361

Литраж двигателя:

$$V_{\text{л}} = 30\pi N_e / (p_e n), \text{ об/мин} \quad (2.46)$$

Рабочий объем одного цилиндра:

$$V_h = V_{\text{л}} / i, \text{ л} \quad (2.47)$$

Диаметр цилиндра:

$$D = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot S / D}}, \text{ мм} \quad (2.48)$$

Основные параметры и показатели двигателя определяем по окончательно принятым значениям S и D, таблица 2.9:

- площадь поршня:

$$F_n = \pi D^2 / (4 \cdot 100), \text{ см}^2 \quad (2.49)$$

- литраж двигателя:

$$V_d = \pi D^2 S i / (4 \cdot 10^6), \text{ л} \quad (2.50)$$

- мощность двигателя:

$$N_e = p_e V_d n / 30 \tau, \text{ кВт} \quad (2.51)$$

- крутящий момент:

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4}{\pi} \frac{N_e}{n}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.52)$$

- часовой расход топлива:

$$V_T = N_e v_e = N_e v_e, \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (2.53)$$

- литровая мощность двигателя:

$$N_{\text{л}} = N_e / V_{\text{л}}, \text{ кВт/л} \quad (2.54)$$

Таблица 2.9 - Основные параметры и показатели двигателя

Топливо	СПГ	СПГ+ 5%Н ₂	СПГ	СПГ+5 %Н ₂	СПГ	СПГ+5 %Н ₂	СПГ	СПГ+5 %Н ₂	СПГ	СПГ+ 5%Н ₂
Частота вращения, мин ⁻¹	850		1500		2500		4000		5200	
Площадь поршня, см ³	63,585									
Рабочий объем двигателя	2,0									
Литровая мощность , <i>кВт / л</i>	36,76									
Эффектив ная мощность, <i>кВт</i>	9,78	9,95	16,74	17,13	27,1	27,6	40,91	42,14	55,14	57,8
Крутящий момент, <i>Н · м</i>	109,9	111,8	106,6	109,1	103,2	105,4	97,7	100,6	101,3	106,1
Часовой расход топлива, <i>м³ / ч</i>	2,41	3,18	5,44	7,2	10,1	13,3	13,7	18,15	15,76	20,85

Результаты теплового расчета приведены в приложении А

3 Кинематический расчет

Кинематически расчет для габаритов двигателя полученных в результате теплового расчета:

$$L_{ш} = R/\lambda = 147,5 \text{ мм} \quad (3.1)$$

Перемещение поршня:

$$S_x = r \left[(1 - \cos \varphi) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\varphi) \right], \text{ мм} \quad (3.2)$$

Расчет S_x производится через каждые 10° угла поворота коленчатого вала.

Скорость поршня:

$$V_n = \omega \cdot R \left(\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi \right) \text{ м/с}, \quad (3.3)$$

где $\omega = \frac{\pi}{30}$ - угловая скорость вращения коленчатого вала, рад/с.

$$\omega = 3,14 \cdot 5200/30 = 544,5 \text{ рад/с} \quad (3.4)$$

Средняя скорость поршня:

$$V_{п.ср} = S_n/30 = 0,078 \cdot 5200/30 = 13,25 \text{ м/с} \quad (3.5)$$

Ускорение поршня:

$$j = \omega^2 R (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi), \text{ м/с}^2 \quad (3.6)$$

Результаты кинематического расчета приведены в приложении Б

4 Динамический расчет двигателя

Приведение масс частей кривошипно-шатунного механизма:

- масса поршневой группы:

$$m_n = m_n \cdot F_n = 80 \cdot 0,005278 = 0,422 \text{ кг} \quad (4.1)$$

- масса шатуна:

$$m_{ш} = m_{ш} \cdot F_n = 100 \cdot 0,005278 = 0,527 \text{ кг} \quad (4.2)$$

- масса неуравновешенных частей:

$$m_k = m_k \cdot F_n = 120 \cdot 0,005278 = 0,633 \text{ кг} \quad (4.3)$$

Масса шатуна, сосредоточенная на оси поршневого пальца:

$$m_{ш.п.} = 0,275 \cdot m_{ш} = 0,275 \cdot 0,527 = 0,1451 \text{ кг} \quad (4.4)$$

Масса шатуна, сосредоточенная на оси кривошипа:

$$m_{ш.к.} = 0,725 \cdot m_{ш} = 0,725 \cdot 0,527 = 0,382 \text{ кг} \quad (4.5)$$

Массы, совершающие возвратно-поступательное движение:

$$m_j = m_n + m_{ш.п.} = 0,422 + 0,1451 = 0,567 \text{ кг} \quad (4.6)$$

Массы, совершающие вращательное движение:

$$m_R = m_{\kappa} + m_{\text{ш.к}} = 0,633 + 0,382 = 1,016 \text{ кг} \quad (4.7)$$

Силы инерции:

$$P_j = -m_j j = 0,746 \cdot j \text{ (кН)} \quad (4.8)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс шатуна одного цилиндра:

$$K_{R\text{ш}} = -m_{\text{ш.к.}} \cdot R \cdot \omega^2 \cdot 10^{-3} = -4027,722 \text{ кН} \quad (4.9)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс кривошипа:

$$K_{R\kappa} = -m_{\kappa} \cdot R \cdot \omega^2 \cdot 10^{-3} = -6666,5 \text{ кН} \quad (4.10)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс кривошипа:

$$K_R = K_{R\text{ш}} + K_{R\kappa} = -10694,3 \text{ кН} \quad (4.11)$$

Суммарные силы.

Сила, сосредоточенная на оси поршневого пальца:

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

Нормальная сила:

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

Сила, действующая вдоль шатуна:

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

Сила (кН), действующая по радиусу кривошипа:

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

Полная тангенциальная сила:

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

Крутящий момент одного цилиндра:

$$M_{кр.ц} = T \cdot R \text{ (Н м)} \quad (4.17)$$

Период изменения крутящего момента четырехтактного двигателя с равными интервалами между вспышками:

$$\theta = 720 / i = 720 / 4 = 180^\circ \quad (4.18)$$

Средний крутящий момент двигателя:

- по данным теплового расчета:

$$M_{кр.ц.} = M_i = \frac{M_e}{\eta_M} = 106 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.19)$$

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

$$M_{кр.ср.} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{M_{кр.i} + M_{кр.i+1}}{2} \right) \cdot 10^\circ}{360^\circ} = 109,01 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.20)$$

Ошибка:

$$\Delta = ((168-161) / 168) * 100 = 3\% \quad (4.21)$$

Максимальный и минимальный крутящие моменты:

$$M_{кр. max} = 109,01 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (4.22)$$

$$M_{кр. min} = 100,61 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (4.23)$$

Суммарная сила, действующая на шатунную шейку по радиусу кривошипа:

$$P_k = K + K_{Rш}, \text{ Н} \quad (4.24)$$

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

$$R_{ш.ш.ср} = \sum_{i=1}^n ((R_{ш.ш.i} + R_{ш.ш.i+1}) / 2) * 10^\circ / 720^\circ = 6628 \text{ Н} \quad (4.25)$$

Суммарная сила, действующая на колено вала по радиусу кривошипа:

$$K_{P_k} = P_k + K_{Rk}, \text{ Н} \quad (4.26)$$

Результирующая сила, действующая на колено вала:

$$R_k = \sqrt{R_{ш.ш.}^2 + K_{Rk}^2} \quad (4.27)$$

Сила, действующая на первую коренную шейку:

$$R_{к.ш.1} = -0,5 * R_{k1} \quad (4.28)$$

Сила, действующая на вторую коренную шейку:

$$R_{\kappa.u.2} = \sqrt{T_{k2}^2 + K_{k2}^2}, \quad (4.29)$$

где:

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

$$K_{k2} = -0.5 \cdot (K_{pk1} + T_2 \cdot \sin \gamma_{k(1-2)} - K_{pk2} \cdot \cos \gamma_{k(1-2)}) = -0.5 \cdot (T_1 + T_2 \cdot \sin 180^\circ - K_{pk2} \cdot \cos 180^\circ) = -0.5 \cdot (K_{pk1} - K_{pk2}). \quad (4.31)$$

Сила, действующая на третью коренную шейку:

$$R_{\kappa.u.3} = \sqrt{T_{k3}^2 + K_{k3}^2}, \quad (4.32)$$

где:

$$T_{k3} = -0.5 \cdot (T_2 + T_3 \cdot \cos \gamma_{k(2-3)} - K_{pk3} \cdot \sin \gamma_{k(2-3)}) \cos \gamma_{k(1-2)} = -0.5 \cdot (T_2 + T_3 \cdot \cos 0^\circ - K_{pk3} \cdot \sin 0^\circ) \cdot \cos 180^\circ = 0.5 \cdot (T_2 + T_3); \quad (4.33)$$

$$K_{k3} = -0.5 \cdot (K_{pk2} + T_3 \cdot \sin \gamma_{k(2-3)} - K_{pk3} \cdot \cos \gamma_{k(2-3)}) \cos \gamma_{k(1-2)} = -0.5 \cdot (K_{pk2} + T_3 \cdot \sin 0^\circ - K_{pk3} \cdot \cos 0^\circ) \cdot \cos 180^\circ = 0.5 \cdot (K_{pk2} - K_{pk3}). \quad (4.34)$$

По диаграммам определяем:

- для 1 (5)-й коренной шейки:

$$R_{\kappa.u1cp} = \sum_{i=1}^n ((R_{\kappa.u1i} + R_{\kappa.u1i+1}) / 2) \cdot 10^\circ / 720^\circ = 3929 \quad (4.35)$$

$$R_{\kappa.u1max} = 5529 \text{ H} \quad (4.36)$$

$$R_{\kappa.u1min} = 3057 \text{ H} \quad (4.37)$$

- для 2 (4)-й коренной шейки:

$$R_{\kappa.ш2cp} = \sum_{i=1}^n ((R_{\kappa.ш2i} + R_{\kappa.ш2i+1}) / 2) \cdot 10^\circ / 720^\circ = 3397 \text{ Н} \quad (4.38)$$

$$R_{\kappa.ш2max} = 12492 \text{ Н} \quad (4.39)$$

$$R_{\kappa.ш2min} = 518 \text{ Н} \quad (4.40)$$

- для 3-й коренной шейки:

$$R_{\kappa.ш3cp} = \sum_{i=1}^n ((R_{\kappa.ш3i} + R_{\kappa.ш3i+1}) / 2) \cdot 10^\circ / 720^\circ = 6628 \text{ Н} \quad (4.41)$$

$$R_{\kappa.ш3max} = 9716 \text{ Н} \quad (4.42)$$

$$R_{\kappa.ш3min} = 2358 \text{ Н} \quad (4.43)$$

Равномерность крутящего момента:

$$\mu = (M_{кр. max} - M_{кр. min}) / M_{кр. ср.} = [499,87 - (201,57)] / 147,93 = 4,74 \quad (4.44)$$

Избыточная работа крутящего момента:

$$L_{изб} = A \cdot 4 \cdot \pi / (4 \cdot 90) = 13961 \cdot 4 \cdot \pi / 360 = 492,05 \text{ Дж}, \quad (4.45)$$

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

$$I_0 = L_{изб} / (\delta \cdot \omega^2) = 492,02 / (0,015 \cdot 544,5^2) = 0,110 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (4.46)$$

Результаты кинематического расчета приведены в приложении Б и В

5 Сравнительный анализ показателей работы двигателя на природном газе и с добавками водорода к нему

Проведя расчет четырехцилиндрового двигателя по методике И.И.Вибе, работающего на природном газе, а также с добавкой водорода в 5% и 10% были получены следующие результаты крутящего момента, сведенные в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Результаты расчетов изменения крутящего момента от частоты вращения коленчатого вала

n, min^{-1}	Природный газ	Природный газ + 5% H_2	Природный газ + 10% H_2
800	109,95	111,82	103,8
1500	106,61	109,02	101,08
2800	103,22	105,38	97,45
4200	97,668	100,61	92,68
5200	101,26	106,10	98,16
5800	100,3	109,2	99,8

По результатам расчетов построен график (рисунок 5.1) зависимости крутящего момента от частоты вращения коленчатого вала на трёх видах топлива:

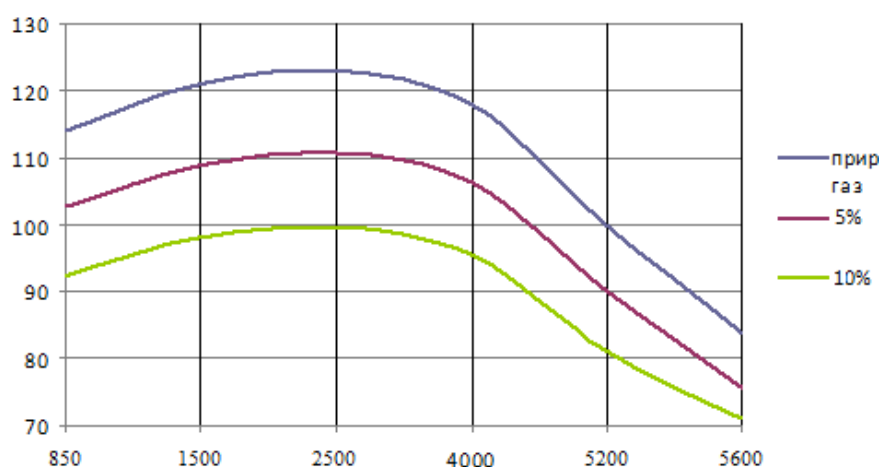


Рисунок 5.1 – Зависимость изменения $M_{кр}$ от частоты вращения коленчатого вала

Анализируя рисунок 5.1 можно увидеть что максимальный крутящий момент, получен на природном газе без добавки водорода на 2500 об/мин и составляет 111 Нм. При добавке водорода в 5 % максимальный крутящий момент составил 103 Нм, что составляет 92,97 % от природного газа значит падение крутящего момента составило около 7 %. При добавке водорода в 10% максимальный крутящий момент составил 98 Нм., что составляет 95,1 % от добавки водорода в 5 % значит падение составило 4,9 % и 88,3 % от значения крутящего момента для природного газа.

Результаты расчетов зависимости мощности от оборотов коленчатого вала сведены в таблице 5.2 и показаны на графике (рисунок 5.2).

Таблица 5.2 – Результаты расчета зависимости мощности от частоты вращения коленчатого вала

n, min^{-1}	Природный газ	Природный газ + 5% H ₂	Природный газ + 10% H ₂
850	9,78	9,95	8,65
1500	16,74	17,12	15,82
2500	27,02	27,59	26,22
4000	40,91	42,15	39,78
5200	55,14	57,77	55,41
5600	58,8	59,6	56,3

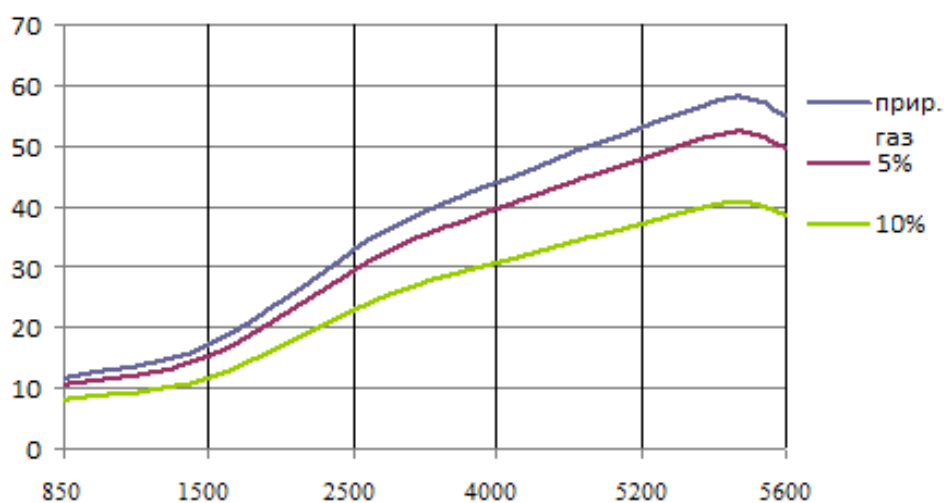


Рисунок 5.2 –Результаты расчета изменения мощности от частоты вращения коленчатого вала

Максимальная мощность, получена при работе ДВС, на природном газе и составляет 60 кВт. При добавке 5% водорода максимальная мощность составила - 58 кВт на номинальных оборотах, разница составила 3,7 %, при дальнейшем увеличении добавки водорода до 10% получена максимальная мощность в 53 кВт, что падение мощности составило 11,7%.

Расчёты зависимости эффективного удельного расхода топлива от оборотов коленчатого вала сведены в таблицу 5.3 и показаны на рисунке 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты расчета зависимости удельного расхода топлива от оборотов коленчатого вала

n, min^{-1}	Природный газ	Природный газ + 5% H ₂	Природный газ + 10% H ₂
850	0,32	0,245	0,186
1500	0,42	0,325	0,287
2500	0,48	0,372	0,349
4000	0,43	0,335	0,297
5200	0,36	0,285	0,227
5600	0,33	0,255	0,219

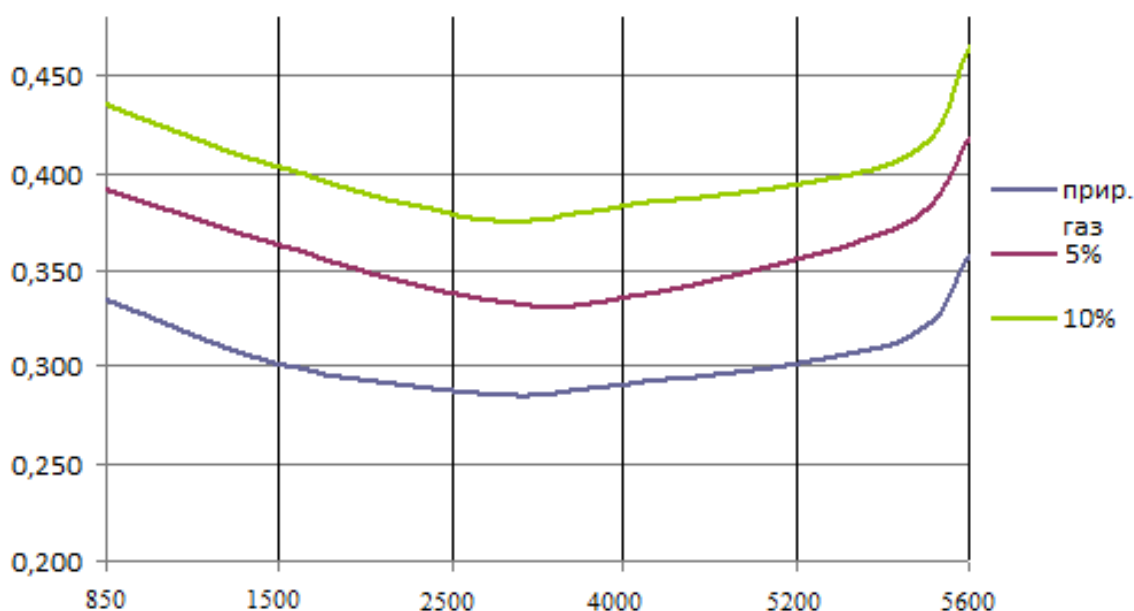


Рисунок 5.3 – Зависимость эффективного удельного расхода топлива от оборотов коленчатого вала.

Максимальное значение эффективного удельного расхода топлива,

получена у природного газа и составляет $320 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$.

При добавке водорода в 5%, максимальное значение эффективного удельного расхода топлива составило $245 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ на номинальных оборотах, разница составила 24,9 %. При дальнейшем увеличении добавки водорода до 10% получено значение $g_e = 186 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, что составило 81 % от значения g_e при добавке водорода в 5% и 61 % от значения g_e на природном газе [10].

Расчёты зависимости часового расхода топлива от оборотов коленчатого вала сведены в таблицу 5.4 и показаны на рисунке 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты расчета зависимости часового расхода топлива от оборотов коленчатого вала

V_t	Природный	5%	10%
850	2,406	6,77	2,58
1500	5,446	7,53	6,617
2500	10,076	13,25	12,78
4000	13,724	11,81	17,16
5200	15,76	9,89	20,29
5600	17,445	9,77	21,544

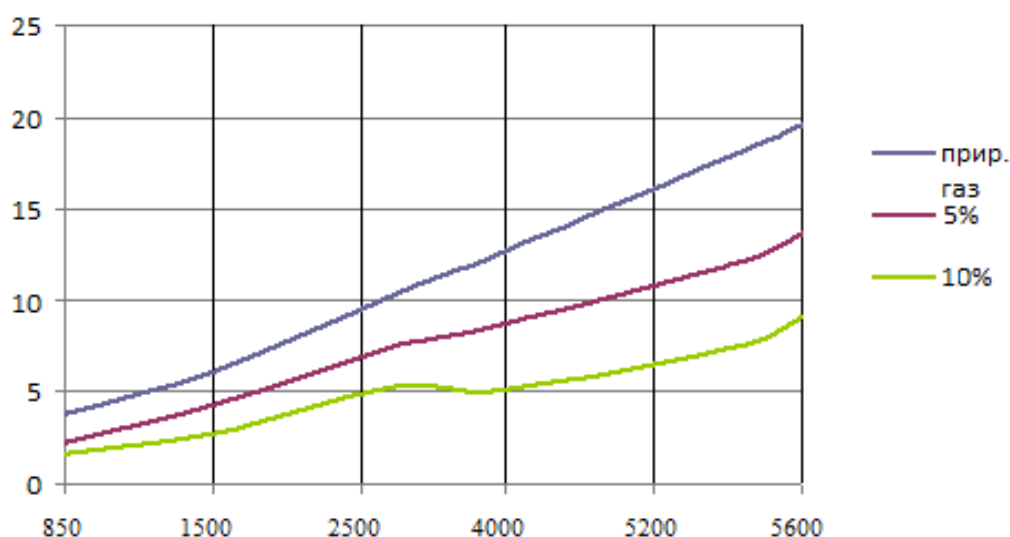


Рисунок 5.4 – Зависимость часового расхода топлива от оборотов коленчатого вала

Часовой расход топлива имеет максимальное значение для природного газа на номинальном режиме работы и составляет $17 \text{ м}^3/\text{ч}$. При добавке водорода в 5% значение G_t на номинальном режиме составило $13,25 \text{ м}^3/\text{ч}$, что соответствует 70 % от максимального значения без добавки. При добавке в 10% максимальное значение часового расхода топлива составило $12,78 \text{ м}^3/\text{ч}$, что составляет 76,7 % от значения G_t при добавке водорода в 5% и 53,75% от природного газа без добавок [11].

Расчёты зависимости коэффициента полезного действия от оборотов коленчатого вала сведены в таблицу 5.5 и показаны на рисунке 5.5.

Таблица 5.5 – результаты расчета зависимости коэффициента полезного действия от оборотов коленчатого вала

КПД	Природный	5%	10%
850	37,2	40,704	44,779
1500	36,3	41,472	43,8877
2500	35,4	41,27	43,506
4000	34,2	39,62	42,225
5200	32,4	37,677	39,865
5600	28,4	32,9974	35,083

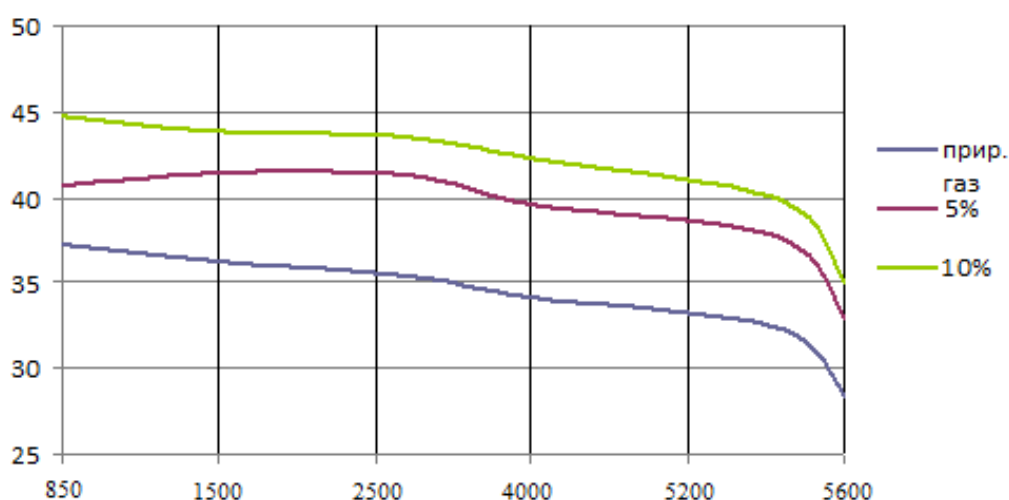


Рисунок 5.5 – Зависимость КПД от оборотов коленчатого вала.

На графике 5.6 видно, что максимальное значение КПД достигается на 2500 об/мин при добавке водорода в 10% и составляет около 40%. При добавке водорода в 5% рассчитано, что КПД на 2500 об/мин составляет около 37%, что показывает снижение КПД на 7,5 процентов. КПД двигателя, работающего на сжатом природном газе максимально составляет 31%, значит падение КПД составило 17,4 % от максимального КПД при добавке водорода в 5% и 22,5 % от максимального КПД при добавке водорода в 10%.

На рисунке, приведенном ниже, идет сравнение распределения масс сгоревшей фракции X_b , а на рисунке 5.7 сравнения уровня тепловыделения изменяющихся по углу поворота коленчатого вала для ДВС, работающего на трех видах топлива, при значениях α соответствующих максимальной эффективности трехкомпонентного каталитического нейтрализатора: т.е. $\alpha = 1$ для бензина и $\alpha = 1$ для сжатого природного газа и водорода, а из рисунка 5.7 видно что, уровень тепловыделения при работе ДВС на бензине выше, чем при работе его на СПГ и давление также в этом случае должно быть при работе на бензине выше, соответственно [12-15].

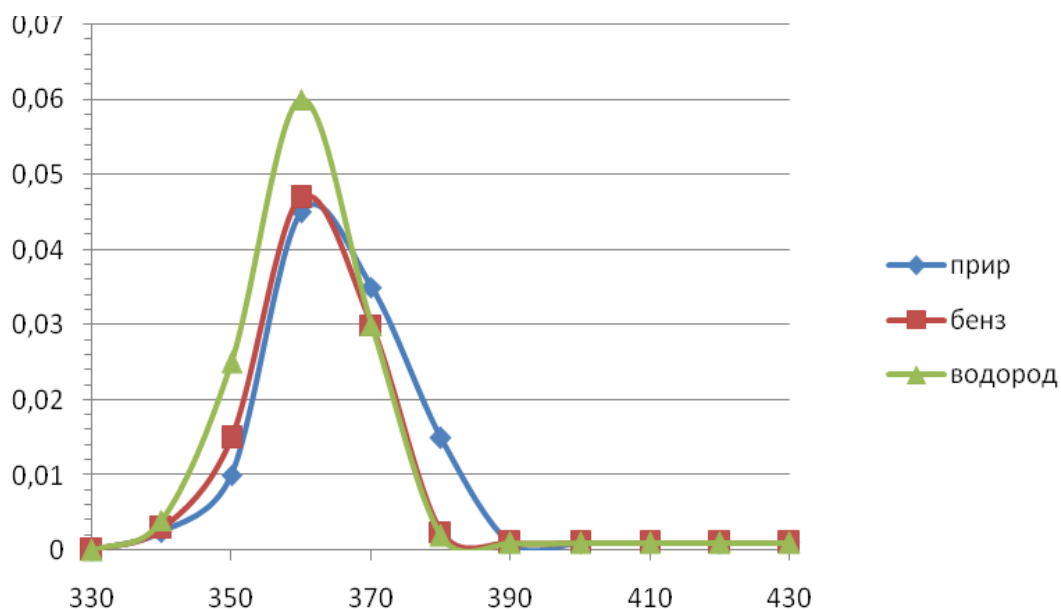


Рисунок 5.6 – Зависимость КПД от оборотов коленчатого вала.

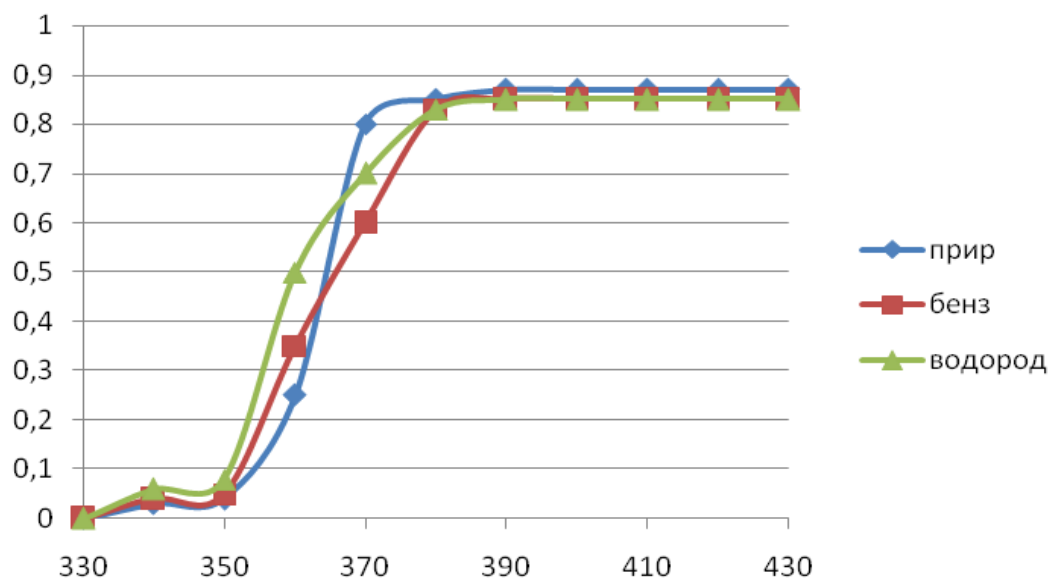


Рисунок 5.7 - Масса сгоревшей фракции и уровень тепловыделения при работе на бензине и на СПГ при α соответствующем минимальному времени сгорания

6 Безопасность и экологичность газопоршневого двигателя с добавкой водорода

6.1 Оценка безопасности и экологичности газопоршневого двигателя с добавкой водорода

Целью бакалаврской работы было повышение эффективности рабочего процесса газопоршневого двигателя за счет добавки водорода. В результате этого был спроектирован газопоршневой двигатель с непосредственным впрыском водорода в цилиндр, с целью улучшения наполнения цилиндра, так как при подаче водорода во впускной коллектор он за счет малой плотности сильно вытесняет от туда другие газы, даже при минимальной его добавки, так как его плотность в 13 раз меньше плотности воздуха [16].

6.1.1 Оценка взрыво-пожаробезопасности газопоршневого двигателя с добавкой водорода

При работе на газовом топливе, а особенно с добавками водорода, находящегося в отдельной системе питания, условия для выполнения требований по взрывобезопасности сильно ухудшаются, так автомобиль с заправленным баллоном нельзя хранить в закрытом помещении и .т.д. согласно требования по взрыво-пожаро- опасности к автомобильному транспорту [17].

6.1.2 Оценка экологичности, по нормируемым продуктам отработавших газов, газопоршневого двигателя с добавкой водорода

Водород являясь промоутером процесса горения обеспечивает повышение эффективности процесса и большую полноту выгорания топлива,

что сказывается на концентрации токсичных компонентов в отработавших газах, рассмотрим каждый токсичный компонент в отдельности [18]:

- Продукты неполного сгорания (CH , CO и сажа) - сгорание газового топлива имеет недостаток, а именно при работе на забалластированных смесях имеет место неполнота сгорания топлива, что повышает токсичность по CH и CO , следовательно добавляя водород в рабочую смесь мы решаем эти проблемы и значительно снижаем токсичность по продуктам неполного сгорания.
- Продукты неполного окисления азота (NO и NO_2) - добавка водорода повышает скорость тепловыделения и следовательно условия для увеличения термических оксидов азота в продуктах сгорания.
- Двуокись углерода (CO_2) - добавка водорода уменьшает количество атомов углерода в рабочей смеси, и при этом повышает скорость сгорания, тем самым снижая выбросы парникового газа примерно на 7-10%.

6.1.3 Оценка экологичности, по шуму, газопоршневого двигателя с добавкой водорода

Повышение скорости распространения пламени при добавке водорода увеличивает жесткость работы на полных и мощностных нагрузках, но в тоже время на низких нагрузках при добавке водорода повышается раскормленность работы, что положительно сказывается на вибрациях и шуме от работы двигателя. Следовательно, повышение жесткости сгорания повысит шум от работы двигателя, что потребует установки дополнительных элементов шумоизоляции моторного отсека [16].

6.2 Выводы о безопасности и экологичности газопоршневого двигателя с добавкой водорода

1. Пожаробезопасность не изменится, а взрывоопасность увеличится.
2. Шум двигателя на основных режимах работы возрастет, снижение возможно только при работе на низких нагрузках.
3. Токсичность по продуктам неполного сгорания и углекислому газу снизится.
4. Токсичность по оксиду азота, на максимальных и средних нагрузках возрастет, а на холостом ходу и низких нагрузках будет в тех же пределах или ниже.
5. Для соблюдения требований правил пожаро-взрыво-безопасности требуется хранение автомобиля только в открытом хорошо вентилируемом помещении, и при выезде на рейс требуется проверка герметичности всех топливных систем, также балло должен располагаться в автомобиле в вентилируемом пространстве [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе применен способ повышения эффективности процесса сгорания газопоршневого ДВС за счет активирующей добавки, в роли которой выступила добавка водорода. Полученные результаты показали значительную эффективность применения добавки водорода для повышения энергетических показателей работы газопоршневого ДВС, особенно если добавлять водород на такте сжатия непосредственно в камеру сгорания, как это предложено и реализовано в данной работе. Проведенные расчеты основных параметров работы двигателя и нагрузок в КШМ показали, повышение энергетических показателей работы при добавке 5% водорода от массы СПГ – эффективная мощность увеличилась на 5-7%, а увеличение крутящего момента также составило 5-7%, при этом эффективный КПД двигателя при использовании предложенного топлива по результатам расчета увеличивается в среднем на 10-15%, что говорит о целесообразности дальнейших исследований по вопросу повышения эффективности процесса сгорания за счет добавки водорода в углеводородное топливо, особенно если есть возможность подавать его непосредственно в цилиндр, для недопущения эффекта вытеснения при впуске в коллектор.

В разделе экологичность и безопасность проекта была проведена оценка влияния добавки водорода на токсичность продуктов сгорания и взрывопожаро- безопасность автомобиля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учебное пособие для вузов [Текст]/ А.И. Колчин, В.П. Демидов // 4-е изд., стер. – М: Высш. шк., 2008. - 496 с.: ил.
2. Вибе, И.И. Уточненный тепловой расчет двигателя [Текст] / И.И. Вибе// М. Машиностроение, 1971. - с.282
3. Бортников, Л.Н. Оценка коэффициента полезного действия двигателя с искровым зажиганием при работе на бензоводородовоздушной смеси [Текст] / Л. Н. Бортников, М. М. Русаков // Интеллектуальные системы в производстве. - 2007. - №2. - С. 166-170.
4. Русаков, М.М. Автомобильные двигатели с добавкой водорода в топливно-воздушную смесь [Текст] / М. М. Русаков [и др.] // Научно-технический конгресс по двигателестроению НТКД - 2008. - 2008. - С. 142-143.
5. Русаков, М.М. Применение водорода в автомобильных двигателях [Текст] / М. М. Русаков [и др.] // Международная научно-практическая конференция «Инновация - 2008», Екатеринбург. 2008. - С. 102-103.
6. Ganesh, R.H. Hydrogen fueled spark ignition engine with electronically controlled manifold injection: An experimental study [Text] / R. H. Ganesh [и др.] // Renv. Energy. - 2008. - №33(8). - С. 1324-1333.
7. Knop, V. Modeling of combustion and nitrogen oxide formation in hydrogen-fuelled internal combustion engines within a 3D CFD code [Text] / V. Knop, A. Benkenida, S. Jay, O. Colin // International Journal of Hydrogen Energy - 2008.
8. Polasek, M. Application of advanced simulation methods and their combination with experiments to modeling of hydrogen fueled engine emission potentials [Text] / M. Polasek, J. Macek, M. Takats, O. Vitek // SAE. - 2002. - №2002-01-0373.

9. David, E. An overview of advanced materials for hydrogen storage [Text] / E. David // Journal of Materials Processing Technology. - 2005. - №162. - С. 169-177.
10. Dehoche, Z. Ti-V-Mn based alloys for hydrogen compression system [Text] / Z. Dehoche, M. Savard, F. Laurencelle, J. Goyette // Journal of Alloys and Compounds. - 2005. - Т. 400. - №1-2. - С. 276-280.
11. Taizhong, H. Influence of V content on structure and hydrogen desorbtion performane of TiCrV-based hydrogen storage alloys [Text] / H. Taizhong, W. Zhu, X. Baojia, H. Tiesheng // Materials Chemistry and Physics. - 2005. - №93. - С. 544-547.
12. Du, Y.L. Optimization of Zrbased hydrogen storage alloys for nickel-hydride batteries [Text] / Y. L. Du, G. Chen, G. L. Chen // Intermetallics. - 2005. - Т. 13. - №3-4. - С. 399-402.
13. Au, M. Hydrogen storage properties of magnesium based nanostructured composite materials [Text] / M. Au // Materials Science and Engineering. - 2005. - Т. 117. - №1. - С. 37-44.
14. Тарасов, Б.П. Металлогидридные системы обратимого хранения водорода [Текст] / Б. П. Тарасов // Сборник тезисов второго Международного симпозиума «Безопасность и экономика водородного транспорта». - 2003. - С. 38-39.
15. Булычев, Б.М. Молекулярные и ионные гидриды металлов как источники водорода для энергетических установок [Текст] / Б. М. Булычев, П. А. Стороженко // Сборник тезисов второго Международного симпозиума «Безопасность и экономика водородного транспорта». - 2003. - С. 30-31.
16. Levin, D.V. Biohydrogen production: prospects and limitations to practical application [Text] / D. V. Levin, L. Pitt, M. Love // International Journal of Hydrogen Energy. - 2004. - №29. - С. 173-185.

17. Коровин, Н.В. Водородные топливные элементы. Состояние и проблемы [Текст] / Н. В. Коровин // 7-я Международная конференция "Водородное материаловедение и химия углеродных материалов". - 2001. - С. 928-929.
18. Collier, K. Emission results from the new development of a dedicated hydrogen - enriched natural gas heavy duty engine [Text] / K. Collier, N. Mulligan, D. S. Shin, S. Brandon // SAE. - 2005. - №2005-01-0235.
19. Flekiewicz, B. Hydrogen enriched CNG - a tool for dual fuel engine overall performance improvement [Text] / B. Flekiewicz, M. Flekiewicz // SAE. - 2009. - №2009-01-2681. - С. 38-49.
20. Allgeier, T. Advanced emission and fuel economy concept using combined injection of gasoline and hydrogen in SI engines [Text] / T. Allgeier [и др.] // SAE. - 2004. - №2004-01-1270.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Результаты теплового расчета

Таблица А1 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя, при $n = 800 \text{ мин}^{-1}$

μ	m_{1-2}	χ	φ_0 , град. ПКВ	φ , град. ПКВ	V , м ³	$T_{пр}$, К	T_1 , К	T_{1-2} , К	χ_{1-2}	$\Delta\chi_{1-2}$	k_{1-2}	K_{1-2}	P , МПа	$\sigma \cdot 10^{-2}$	$\psi(\varphi)$
1,0000	1,0000	0,0000	0	-18	0,1453	774,8805	779,8930	774,0524	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,5340	0,0630	1,2992
1,0000	1,0000	0,0000	1	-17	0,1417	773,2242	784,8006	775,5150	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,5828	0,0563	1,2672
1,0000	1,0000	0,0000	2	-16	0,1384	777,8057	789,6462	780,0785	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,6317	0,0499	1,2370
1,0000	1,0000	0,0001	3	-15	0,1352	782,3513	794,5284	784,6740	0,0001	0,0001	1,2590	8,7220	1,6804	0,0439	1,2086
1,0000	1,0001	0,0002	4	-14	0,1322	786,9967	799,6092	789,4786	0,0002	0,0003	1,2590	8,7219	1,7290	0,0383	1,1819
1,0001	1,0002	0,0005	5	-13	0,1294	791,9606	805,1193	794,7559	0,0003	0,0006	1,2590	8,7218	1,7775	0,0331	1,1570
1,0002	1,0004	0,0012	6	-12	0,1268	797,5513	811,3624	800,8618	0,0006	0,0011	1,2590	8,7217	1,8264	0,0282	1,1339
1,0005	1,0006	0,0023	7	-11	0,1245	804,1722	818,7169	808,2481	0,0009	0,0018	1,2590	8,7215	1,8761	0,0237	1,1127
1,0008	1,0011	0,0041	8	-10	0,1223	812,3240	827,6361	817,4644	0,0013	0,0027	1,2590	8,7213	1,9274	0,0196	1,0932
1,0014	1,0017	0,0068	9	-9	0,1203	822,6048	838,6444	829,1552	0,0019	0,0039	1,2590	8,7210	1,9813	0,0159	1,0755
1,0021	1,0027	0,0107	10	-8	0,1185	835,7056	852,3310	844,0535	0,0027	0,0054	1,2590	8,7207	2,0389	0,0126	1,0597
1,0032	1,0039	0,0160	11	-7	0,1170	852,4014	869,3374	862,9684	0,0036	0,0072	1,2591	8,7204	2,1018	0,0096	1,0458
1,0047	1,0056	0,0232	12	-6	0,1156	873,5355	890,3405	886,7662	0,0047	0,0094	1,2591	8,7202	2,1716	0,0071	1,0336
1,0065	1,0077	0,0326	13	-5	0,1145	899,9970	916,0279	916,3432	0,0060	0,0120	1,2591	8,7200	2,2501	0,0049	1,0234
1,0089	1,0104	0,0446	14	-4	0,1135	932,6895	947,0675	952,5901	0,0075	0,0149	1,2591	8,7199	2,3392	0,0031	1,0150
1,0119	1,0137	0,0595	15	-3	0,1128	972,4907	984,0692	996,3471	0,0091	0,0183	1,2591	8,7201	2,4406	0,0018	1,0084
1,0156	1,0178	0,0778	16	-2	0,1123	1020,2036	1027,5421	1048,3517	0,0110	0,0220	1,2591	8,7205	2,5562	0,0008	1,0037
1,0200	1,0226	0,0997	17	-1	0,1120	1076,4998	1077,8466	1109,1789	0,0130	0,0260	1,2590	8,7212	2,6872	0,0002	1,0009
1,0252	1,0282	0,1257	18	0	0,1119	1141,8579	1135,1471	1179,1795	0,0151	0,0302	1,2590	8,7222	2,8347	0,0000	1,0000
1,0312	1,0347	0,1559	19	1	0,1120	1216,5010	1199,3670	1258,4196	0,0173	0,0346	1,2589	8,7236	2,9990	0,0002	1,0009
1,0382	1,0421	0,1905	20	2	0,1123	1300,3382	1270,1531	1346,6278	0,0195	0,0390	1,2589	8,7253	3,1798	0,0008	1,0037
1,0460	1,0503	0,2295	21	3	0,1128	1392,9174	1346,8526	1443,1562	0,0216	0,0432	1,2588	8,7272	3,3757	0,0018	1,0084
1,0546	1,0593	0,2727	22	4	0,1135	1493,3950	1428,5088	1546,9621	0,0236	0,0472	1,2588	8,7293	3,5846	0,0031	1,0150
1,0641	1,0691	0,3199	23	5	0,1145	1600,5292	1513,8776	1656,6154	0,0253	0,0507	1,2587	8,7314	3,8031	0,0049	1,0234
1,0742	1,0796	0,3705	24	6	0,1156	1712,7015	1601,4675	1770,3346	0,0267	0,0535	1,2586	8,7335	4,0273	0,0071	1,0336
1,0849	1,0905	0,4240	25	7	0,1170	1827,9676	1689,6010	1886,0527	0,0278	0,0555	1,2586	8,7353	4,2520	0,0096	1,0458
1,0960	1,1017	0,4795	26	8	0,1185	1944,1378	1776,4942	2001,5093	0,0283	0,0566	1,2585	8,7369	4,4716	0,0126	1,0597

1,1074	1,1130	0,5361	27	9	0,1203	2058,8807	1860,3491	2114,3621	0,0283	0,0566	1,2585	8,7380	4,6802	0,0159	1,0755
1,1187	1,1243	0,5927	28	10	0,1223	2169,8435	1939,4509	2222,3114	0,0277	0,0554	1,2584	8,7386	4,8715	0,0196	1,0932
1,1298	1,1351	0,6481	29	11	0,1245	2274,7792	2012,2617	2323,2244	0,0266	0,0532	1,2584	8,7387	5,0401	0,0237	1,1127
1,1405	1,1455	0,7013	30	12	0,1268	2371,6696	2077,5038	2415,2519	0,0250	0,0499	1,2585	8,7382	5,1808	0,0282	1,1339
1,1505	1,1550	0,7512	31	13	0,1294	2458,8342	2134,2247	2496,9246	0,0229	0,0458	1,2585	8,7373	5,2897	0,0331	1,1570
1,1596	1,1637	0,7970	32	14	0,1322	2535,0151	2181,8393	2567,2239	0,0205	0,0410	1,2585	8,7361	5,3642	0,0383	1,1819
1,1678	1,1714	0,8380	33	15	0,1352	2599,4327	2220,1447	2625,6192	0,0179	0,0357	1,2586	8,7345	5,4033	0,0439	1,2086
1,1750	1,1780	0,8738	34	16	0,1384	2651,8057	2249,3086	2672,0706	0,0152	0,0303	1,2586	8,7327	5,4072	0,0499	1,2370
1,1811	1,1836	0,9041	35	17	0,1417	2692,3354	2269,8305	2706,9960	0,0125	0,0250	1,2587	8,7309	5,3779	0,0563	1,2672
1,1861	1,1881	0,9291	36	18	0,1453	2721,6565	2282,4813	2731,2069	0,0100	0,0200	1,2588	8,7292	5,3185	0,0630	1,2992
1,1901	1,1916	0,9491	37	19	0,1491	2740,7573	2288,2255	2745,8188	0,0077	0,0155	1,2588	8,7276	5,2329	0,0701	1,3328
1,1932	1,1943	0,9645	38	20	0,1530	2750,8803	2288,1366	2752,1456	0,0058	0,0116	1,2589	8,7262	5,1258	0,0775	1,3682
1,1955	1,1963	0,9761	39	21	0,1572	2753,4110	2283,3127	2751,5898	0,0042	0,0083	1,2589	8,7250	5,0017	0,0853	1,4052
1,1972	1,1978	0,9844	40	22	0,1615	2749,7685	2274,8019	2745,5387	0,0029	0,0058	1,2589	8,7241	4,8654	0,0935	1,4440
1,1983	1,1987	0,9902	41	23	0,1660	2741,3088	2263,5457	2735,2795	0,0019	0,0039	1,2590	8,7234	4,7210	0,1020	1,4843
1,1991	1,1994	0,9941	42	24	0,1707	2729,2501	2250,3422	2721,9380	0,0012	0,0025	1,2590	8,7229	4,5721	0,1108	1,5263
1,1996	1,1998	0,9966	43	25	0,1756	2714,6258	2235,8324	2706,4457	0,0008	0,0015	1,2590	8,7225	4,4214	0,1200	1,5700
1,1999	1,2000	0,9981	44	26	0,1807	2698,2655	2220,5038	2689,5330	0,0004	0,0009	1,2590	8,7223	4,2714	0,1295	1,6152
1,2001	1,2001	0,9990	45	27	0,1859	2680,8005	2204,7093	2671,7437	0,0002	0,0005	1,2590	8,7222	4,1235	0,1394	1,6620

Таблица А2 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя работающего на СПГ=90% и Н₂
= 10%, при n = 800 мин⁻¹

μ	m ₁₋₂	χ	φ ₀ , град. ПКВ	φ, град. ПКВ	V, м ³	T _{пр} , К	T ₁ , К	T ₁₋₂ , К	χ ₁₋₂	Δχ ₁₋₂	k ₁₋₂	K ₁₋₂	P, МПа	σ*10 ⁻²	ψ(φ)
1,0000	1,0000	0,0000	0	-15	0,1352	793,2049	797,8084	795,3180	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,6954	0,0439	1,2086
1,0000	1,0000	0,0000	1	-14	0,1322	797,4311	802,3040	799,6454	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,7437	0,0383	1,1819
1,0000	1,0000	0,0000	2	-13	0,1294	801,8598	806,8736	804,4070	0,0001	0,0002	1,2590	8,7220	1,7913	0,0331	1,1570
1,0000	1,0001	0,0002	3	-12	0,1268	806,9541	811,8333	810,1607	0,0002	0,0005	1,2590	8,7219	1,8382	0,0282	1,1339
1,0001	1,0002	0,0007	4	-11	0,1245	813,3673	817,6314	817,6531	0,0005	0,0010	1,2590	8,7217	1,8850	0,0237	1,1127
1,0002	1,0004	0,0017	5	-10	0,1223	821,9390	824,8467	827,8126	0,0009	0,0018	1,2590	8,7215	1,9325	0,0196	1,0932
1,0005	1,0007	0,0035	6	-9	0,1203	833,6861	834,1814	841,7366	0,0015	0,0030	1,2590	8,7213	1,9819	0,0159	1,0755
1,0009	1,0012	0,0065	7	-8	0,1185	849,7871	846,4503	860,6713	0,0023	0,0045	1,2590	8,7210	2,0349	0,0126	1,0597

1,0015	1,0020	0,0110	8	-7	0,1170	871,5556	862,5627	885,9790	0,0033	0,0066	1,2590	8,7207	2,0935	0,0096	1,0458
1,0024	1,0031	0,0175	9	-6	0,1156	900,4024	883,4951	919,0923	0,0045	0,0091	1,2591	8,7205	2,1600	0,0071	1,0336
1,0037	1,0046	0,0266	10	-5	0,1145	937,7822	910,2542	961,4531	0,0061	0,0121	1,2591	8,7204	2,2371	0,0049	1,0234
1,0054	1,0065	0,0387	11	-4	0,1135	985,1240	943,8274	1014,4343	0,0078	0,0157	1,2590	8,7206	2,3274	0,0031	1,0150
1,0076	1,0090	0,0544	12	-3	0,1128	1043,7446	985,1231	1079,2465	0,0099	0,0198	1,2590	8,7210	2,4335	0,0018	1,0084
1,0103	1,0120	0,0742	13	-2	0,1123	1114,7484	1034,8996	1156,8326	0,0121	0,0243	1,2590	8,7219	2,5581	0,0008	1,0037
1,0137	1,0158	0,0985	14	-1	0,1120	1198,9168	1093,6893	1247,7565	0,0146	0,0292	1,2590	8,7232	2,7031	0,0002	1,0009
1,0178	1,0202	0,1277	15	0	0,1119	1296,5962	1161,7208	1352,0959	0,0172	0,0344	1,2589	8,7250	2,8699	0,0000	1,0000
1,0226	1,0254	0,1621	16	1	0,1120	1407,5957	1238,8493	1469,3510	0,0198	0,0397	1,2588	8,7272	3,0589	0,0002	1,0009
1,0281	1,0313	0,2018	17	2	0,1123	1531,1063	1324,5014	1598,3815	0,0225	0,0449	1,2587	8,7297	3,2693	0,0008	1,0037
1,0344	1,0379	0,2467	18	3	0,1128	1665,6567	1417,6460	1737,3866	0,0249	0,0498	1,2587	8,7323	3,4992	0,0018	1,0084
1,0414	1,0451	0,2965	19	4	0,1135	1809,1166	1516,7978	1883,9364	0,0271	0,0541	1,2586	8,7350	3,7449	0,0031	1,0150
1,0489	1,0529	0,3506	20	5	0,1145	1958,7561	1620,0586	2035,0591	0,0288	0,0577	1,2585	8,7375	4,0017	0,0049	1,0234
1,0570	1,0612	0,4083	21	6	0,1156	2111,3620	1725,1986	2187,3846	0,0301	0,0602	1,2584	8,7397	4,2632	0,0071	1,0336
1,0654	1,0696	0,4685	22	7	0,1170	2263,4071	1829,7725	2337,3323	0,0308	0,0615	1,2584	8,7414	4,5223	0,0096	1,0458
1,0739	1,0782	0,5301	23	8	0,1185	2411,2574	1931,2630	2481,3290	0,0307	0,0615	1,2583	8,7425	4,7711	0,0126	1,0597
1,0825	1,0867	0,5915	24	9	0,1203	2551,4005	2027,2380	2616,0361	0,0300	0,0600	1,2583	8,7429	5,0015	0,0159	1,0755
1,0909	1,0949	0,6515	25	10	0,1223	2680,6718	2115,5073	2738,5636	0,0286	0,0571	1,2583	8,7426	5,2058	0,0196	1,0932
1,0988	1,1025	0,7086	26	11	0,1245	2796,4554	2194,2624	2846,6483	0,0265	0,0530	1,2583	8,7417	5,3776	0,0237	1,1127
1,1062	1,1096	0,7617	27	12	0,1268	2896,8412	2262,1848	2938,7803	0,0240	0,0479	1,2584	8,7402	5,5115	0,0282	1,1339
1,1129	1,1159	0,8096	28	13	0,1294	2980,7195	2318,5135	3014,2629	0,0211	0,0421	1,2585	8,7382	5,6042	0,0331	1,1570
1,1188	1,1213	0,8517	29	14	0,1322	3047,8063	2363,0628	3073,2019	0,0179	0,0359	1,2585	8,7360	5,6547	0,0383	1,1819
1,1238	1,1259	0,8876	30	15	0,1352	3098,5976	2396,1904	3116,4278	0,0148	0,0297	1,2586	8,7337	5,6636	0,0439	1,2086
1,1279	1,1296	0,9173	31	16	0,1384	3134,2580	2418,7203	3145,3588	0,0118	0,0237	1,2587	8,7314	5,6339	0,0499	1,2370
1,1313	1,1325	0,9410	32	17	0,1417	3156,4596	2431,8303	3161,8252	0,0091	0,0183	1,2588	8,7292	5,5697	0,0563	1,2672
1,1338	1,1348	0,9592	33	18	0,1453	3167,1908	2436,9187	3167,8760	0,0068	0,0136	1,2588	8,7274	5,4764	0,0630	1,2992
1,1357	1,1364	0,9728	34	19	0,1491	3168,5611	2435,4671	3165,5927	0,0049	0,0097	1,2589	8,7259	5,3598	0,0701	1,3328
1,1371	1,1375	0,9826	35	20	0,1530	3162,6242	2428,9171	3156,9319	0,0033	0,0067	1,2589	8,7246	5,2256	0,0775	1,3682
1,1380	1,1383	0,9892	36	21	0,1572	3151,2395	2418,5737	3143,6115	0,0022	0,0044	1,2589	8,7237	5,0793	0,0853	1,4052
1,1386	1,1388	0,9936	37	22	0,1615	3135,9836	2405,5434	3127,0488	0,0014	0,0028	1,2590	8,7231	4,9253	0,0935	1,4440
1,1390	1,1391	0,9964	38	23	0,1660	3118,1140	2390,7088	3108,3448	0,0008	0,0017	1,2590	8,7227	4,7676	0,1020	1,4843
1,1392	1,1393	0,9981	39	24	0,1707	3098,5756	2374,7337	3088,3078	0,0005	0,0009	1,2590	8,7224	4,6091	0,1108	1,5263
1,1394	1,1394	0,9990	40	25	0,1756	3078,0400	2358,0905	3067,4998	0,0003	0,0005	1,2590	8,7222	4,4517	0,1200	1,5700

Таблица А3 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя, при $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$

μ	m_{1-2}	χ	φ_0 , град. ПКВ	φ , град. ПКВ	V , м ³	$T_{пр}$, К	T_1 , К	T_{1-2} , К	χ_{1-2}	$\Delta\chi_{1-2}$	k_{1-2}	K_{1-2}	P , МПа	σ^*10^{-2}	$\psi(\varphi)$
1,0000	1,0000	0,0000	0	-20	0,1530	759,6077	764,7787	759,3410	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,4279	0,0775	1,3682
1,0000	1,0000	0,0000	1	-19	0,1491	759,0743	769,8757	761,4609	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,4758	0,0701	1,3328
1,0000	1,0000	0,0000	2	-18	0,1453	763,8474	774,9205	766,2124	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,5241	0,0630	1,2992
1,0000	1,0000	0,0000	3	-17	0,1417	768,5773	779,9702	770,9579	0,0000	0,0001	1,2590	8,7220	1,5728	0,0563	1,2672
1,0000	1,0000	0,0001	4	-16	0,1384	773,3384	785,1217	775,7960	0,0001	0,0002	1,2590	8,7219	1,6217	0,0499	1,2370
1,0001	1,0001	0,0003	5	-15	0,1352	778,2536	790,5154	780,8763	0,0002	0,0004	1,2590	8,7219	1,6708	0,0439	1,2086
1,0002	1,0002	0,0008	6	-14	0,1322	783,4991	796,3384	786,4032	0,0004	0,0007	1,2590	8,7218	1,7204	0,0383	1,1819
1,0003	1,0004	0,0015	7	-13	0,1294	789,3073	802,8257	792,6384	0,0006	0,0011	1,2590	8,7217	1,7705	0,0331	1,1570
1,0005	1,0007	0,0026	8	-12	0,1268	795,9694	810,2617	799,9029	0,0009	0,0017	1,2590	8,7215	1,8216	0,0282	1,1339
1,0009	1,0011	0,0043	9	-11	0,1245	803,8364	818,9794	808,5772	0,0012	0,0025	1,2590	8,7213	1,8742	0,0237	1,1127
1,0014	1,0017	0,0068	10	-10	0,1223	813,3180	829,3583	819,0994	0,0017	0,0034	1,2590	8,7211	1,9289	0,0196	1,0932
1,0020	1,0025	0,0102	11	-9	0,1203	824,8807	841,8201	831,9613	0,0023	0,0046	1,2590	8,7209	1,9866	0,0159	1,0755
1,0030	1,0036	0,0148	12	-8	0,1185	839,0420	856,8220	847,7021	0,0030	0,0060	1,2590	8,7206	2,0482	0,0126	1,0597
1,0042	1,0049	0,0209	13	-7	0,1170	856,3621	874,8467	866,8973	0,0039	0,0077	1,2591	8,7204	2,1148	0,0096	1,0458
1,0057	1,0067	0,0286	14	-6	0,1156	877,4325	896,3892	890,1459	0,0048	0,0097	1,2591	8,7201	2,1876	0,0071	1,0336
1,0077	1,0089	0,0382	15	-5	0,1145	902,8593	921,9401	918,0510	0,0060	0,0119	1,2591	8,7200	2,2679	0,0049	1,0234
1,0100	1,0115	0,0502	16	-4	0,1135	933,2428	951,9645	951,1979	0,0072	0,0144	1,2591	8,7200	2,3569	0,0031	1,0150
1,0129	1,0147	0,0646	17	-3	0,1128	969,1529	986,8787	990,1264	0,0086	0,0172	1,2591	8,7201	2,4558	0,0018	1,0084
1,0164	1,0184	0,0819	18	-2	0,1123	1011,0998	1027,0230	1035,3008	0,0101	0,0203	1,2591	8,7204	2,5658	0,0008	1,0037
1,0205	1,0228	0,1021	19	-1	0,1120	1059,5018	1072,6338	1087,0763	0,0118	0,0236	1,2590	8,7210	2,6876	0,0002	1,0009
1,0252	1,0279	0,1257	20	0	0,1119	1114,6509	1123,8157	1145,6650	0,0135	0,0270	1,2590	8,7217	2,8217	0,0000	1,0000
1,0306	1,0336	0,1527	21	1	0,1120	1176,6791	1180,5150	1211,1030	0,0153	0,0305	1,2590	8,7227	2,9682	0,0002	1,0009
1,0367	1,0401	0,1832	22	2	0,1123	1245,5269	1242,4988	1283,2217	0,0170	0,0341	1,2589	8,7240	3,1266	0,0008	1,0037
1,0435	1,0473	0,2173	23	3	0,1128	1320,9166	1309,3404	1361,6259	0,0188	0,0376	1,2589	8,7254	3,2960	0,0018	1,0084
1,0511	1,0551	0,2549	24	4	0,1135	1402,3353	1380,4138	1445,6816	0,0205	0,0409	1,2588	8,7270	3,4748	0,0031	1,0150
1,0592	1,0636	0,2958	25	5	0,1145	1489,0278	1454,8997	1534,5156	0,0220	0,0439	1,2588	8,7287	3,6606	0,0049	1,0234
1,0680	1,0727	0,3397	26	6	0,1156	1580,0034	1531,8029	1627,0300	0,0233	0,0466	1,2587	8,7303	3,8505	0,0071	1,0336
1,0774	1,0822	0,3863	27	7	0,1170	1674,0566	1609,9823	1721,9300	0,0243	0,0487	1,2587	8,7319	4,0412	0,0096	1,0458

1,0871	1,0921	0,4350	28	8	0,1185	1769,8034	1688,1914	1817,7667	0,0251	0,0502	1,2586	8,7333	4,2287	0,0126	1,0597
1,0972	1,1023	0,4852	29	9	0,1203	1865,7299	1765,1274	1912,9911	0,0255	0,0509	1,2586	8,7345	4,4089	0,0159	1,0755
1,1074	1,1125	0,5361	30	10	0,1223	1960,2523	1839,4871	2006,0179	0,0255	0,0509	1,2586	8,7354	4,5775	0,0196	1,0932
1,1176	1,1226	0,5870	31	11	0,1245	2051,7836	1910,0231	2095,2933	0,0251	0,0501	1,2585	8,7360	4,7302	0,0237	1,1127
1,1276	1,1325	0,6371	32	12	0,1268	2138,8031	1975,6005	2179,3636	0,0242	0,0485	1,2585	8,7362	4,8632	0,0282	1,1339
1,1373	1,1419	0,6856	33	13	0,1294	2219,9242	2035,2458	2256,9397	0,0230	0,0461	1,2585	8,7360	4,9732	0,0331	1,1570
1,1466	1,1509	0,7317	34	14	0,1322	2293,9552	2088,1887	2326,9525	0,0215	0,0430	1,2585	8,7355	5,0574	0,0383	1,1819
1,1552	1,1591	0,7747	35	15	0,1352	2359,9497	2133,8915	2388,5960	0,0197	0,0393	1,2586	8,7347	5,1141	0,0439	1,2086
1,1630	1,1666	0,8140	36	16	0,1384	2417,2423	2172,0651	2441,3557	0,0176	0,0353	1,2586	8,7336	5,1425	0,0499	1,2370
1,1701	1,1732	0,8493	37	17	0,1417	2465,4691	2202,6705	2485,0194	0,0155	0,0310	1,2587	8,7323	5,1427	0,0563	1,2672
1,1763	1,1790	0,8803	38	18	0,1453	2504,5697	2225,9059	2519,6707	0,0133	0,0266	1,2587	8,7310	5,1159	0,0630	1,2992
1,1816	1,1839	0,9068	39	19	0,1491	2534,7718	2242,1807	2545,6655	0,0111	0,0223	1,2587	8,7296	5,0640	0,0701	1,3328
1,1861	1,1879	0,9291	40	20	0,1530	2556,5592	2252,0771	2563,5931	0,0091	0,0182	1,2588	8,7282	4,9898	0,0775	1,3682
1,1897	1,1912	0,9473	41	21	0,1572	2570,6269	2256,3045	2574,2259	0,0072	0,0145	1,2588	8,7270	4,8964	0,0853	1,4052
1,1926	1,1938	0,9618	42	22	0,1615	2577,8248	2255,6491	2578,4608	0,0056	0,0112	1,2589	8,7259	4,7872	0,0935	1,4440
1,1949	1,1957	0,9730	43	23	0,1660	2579,0968	2250,9233	2577,2584	0,0042	0,0085	1,2589	8,7249	4,6657	0,1020	1,4843
1,1966	1,1972	0,9814	44	24	0,1707	2575,4200	2242,9196	2571,5841	0,0031	0,0062	1,2589	8,7241	4,5352	0,1108	1,5263
1,1978	1,1982	0,9876	45	25	0,1756	2567,7482	2232,3728	2562,3574	0,0022	0,0044	1,2589	8,7235	4,3989	0,1200	1,5700
1,1987	1,1990	0,9920	46	26	0,1807	2556,9666	2219,9325	2550,4124	0,0015	0,0030	1,2590	8,7230	4,2594	0,1295	1,6152
1,1993	1,1995	0,9950	47	27	0,1859	2543,8581	2206,1475	2536,4713	0,0010	0,0020	1,2590	8,7227	4,1189	0,1394	1,6620
1,1997	1,1998	0,9970	48	28	0,1913	2529,0844	2191,4615	2521,1324	0,0006	0,0013	1,2590	8,7224	3,9793	0,1495	1,7103
1,1999	1,2000	0,9982	49	29	0,1969	2513,1804	2176,2182	2504,8705	0,0004	0,0008	1,2590	8,7223	3,8419	0,1600	1,7602
1,2001	1,2001	0,9990	50	30	0,2026	2496,5606	2160,6725	2488,0465	0,0002	0,0005	1,2590	8,7222	3,7077	0,1708	1,8115

Таблица А4 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя работающего на СПГ=90% и Н₂
= 10%, при $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$

μ	m_{1-2}	χ	φ_0 , град. ПКВ	φ , град. ПКВ	V , м ³	$T_{пр}$, К	T_1 , К	T_{1-2} , К	χ_{1-2}	$\Delta\chi_{1-2}$	k_{1-2}	K_{1-2}	P , МПа	$\sigma \cdot 10^{-2}$	$\psi(\varphi)$
1,0000	1,0000	0,0000	0	-18	0,1453	774,8805	779,8954	774,0539	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,5340	0,0630	1,2992
1,0000	1,0000	0,0000	1	-17	0,1417	773,2273	784,8358	775,5391	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,5829	0,0563	1,2672

1,0000	1,0000	0,0000	2	-16	0,1384	777,8510	789,8098	780,2061	0,0001	0,0001	1,2590	8,7220	1,6318	0,0499	1,2370
1,0000	1,0000	0,0001	3	-15	0,1352	782,5613	795,0091	785,0875	0,0001	0,0003	1,2590	8,7219	1,6808	0,0439	1,2086
1,0001	1,0001	0,0004	4	-14	0,1322	787,6137	800,7087	790,4926	0,0003	0,0006	1,2590	8,7218	1,7300	0,0383	1,1819
1,0001	1,0002	0,0011	5	-13	0,1294	793,3716	807,2660	796,8385	0,0006	0,0011	1,2590	8,7217	1,7800	0,0331	1,1570
1,0003	1,0004	0,0022	6	-12	0,1268	800,3055	815,1186	804,6475	0,0009	0,0019	1,2590	8,7215	1,8314	0,0282	1,1339
1,0006	1,0008	0,0040	7	-11	0,1245	808,9895	824,7799	814,5428	0,0014	0,0028	1,2590	8,7212	1,8850	0,0237	1,1127
1,0010	1,0012	0,0069	8	-10	0,1223	820,0962	836,8320	827,2415	0,0021	0,0041	1,2590	8,7210	1,9419	0,0196	1,0932
1,0015	1,0019	0,0110	9	-9	0,1203	834,3869	851,9147	843,5424	0,0029	0,0057	1,2590	8,7206	2,0036	0,0159	1,0755
1,0023	1,0029	0,0167	10	-8	0,1185	852,6979	870,7101	864,3094	0,0038	0,0077	1,2591	8,7203	2,0716	0,0126	1,0597
1,0034	1,0041	0,0244	11	-7	0,1170	875,9208	893,9225	890,4481	0,0050	0,0100	1,2591	8,7201	2,1475	0,0096	1,0458
1,0048	1,0057	0,0343	12	-6	0,1156	904,9754	922,2514	922,8758	0,0063	0,0126	1,2591	8,7199	2,2334	0,0071	1,0336
1,0066	1,0076	0,0470	13	-5	0,1145	940,7762	956,3596	962,4834	0,0078	0,0157	1,2591	8,7199	2,3309	0,0049	1,0234
1,0087	1,0101	0,0627	14	-4	0,1135	984,1906	996,8360	1010,0907	0,0095	0,0191	1,2591	8,7202	2,4420	0,0031	1,0150
1,0114	1,0130	0,0817	15	-3	0,1128	1035,9907	1044,1535	1066,3949	0,0114	0,0228	1,2590	8,7207	2,5680	0,0018	1,0084
1,0146	1,0164	0,1045	16	-2	0,1123	1096,7990	1098,6257	1131,9156	0,0134	0,0267	1,2590	8,7215	2,7102	0,0008	1,0037
1,0183	1,0205	0,1313	17	-1	0,1120	1167,0322	1160,3639	1206,9387	0,0154	0,0308	1,2590	8,7227	2,8694	0,0002	1,0009
1,0226	1,0251	0,1621	18	0	0,1119	1246,8451	1229,2393	1291,4629	0,0175	0,0350	1,2589	8,7242	3,0454	0,0000	1,0000
1,0275	1,0302	0,1971	19	1	0,1120	1336,0807	1304,8526	1385,1558	0,0196	0,0392	1,2589	8,7259	3,2377	0,0002	1,0009
1,0330	1,0360	0,2363	20	2	0,1123	1434,2309	1386,5176	1487,3224	0,0215	0,0431	1,2588	8,7279	3,4445	0,0008	1,0037
1,0390	1,0422	0,2794	21	3	0,1128	1540,4139	1473,2595	1596,8931	0,0234	0,0467	1,2587	8,7299	3,6634	0,0018	1,0084
1,0455	1,0490	0,3261	22	4	0,1135	1653,3722	1563,8333	1712,4336	0,0249	0,0498	1,2587	8,7320	3,8909	0,0031	1,0150
1,0524	1,0561	0,3759	23	5	0,1145	1771,4950	1656,7611	1832,1810	0,0261	0,0523	1,2586	8,7340	4,1226	0,0049	1,0234
1,0597	1,0635	0,4282	24	6	0,1156	1892,8671	1750,3882	1954,1042	0,0270	0,0540	1,2585	8,7357	4,3536	0,0071	1,0336
1,0673	1,0711	0,4821	25	7	0,1170	2015,3413	1842,9558	2075,9870	0,0274	0,0548	1,2585	8,7371	4,5782	0,0096	1,0458
1,0749	1,0787	0,5369	26	8	0,1185	2136,6327	1932,6843	2195,5299	0,0273	0,0546	1,2585	8,7381	4,7907	0,0126	1,0597
1,0825	1,0862	0,5915	27	9	0,1203	2254,4272	2017,8622	2310,4620	0,0267	0,0534	1,2584	8,7386	4,9853	0,0159	1,0755
1,0900	1,0935	0,6449	28	10	0,1223	2366,4968	2096,9335	2418,6551	0,0256	0,0513	1,2584	8,7387	5,1568	0,0196	1,0932
1,0971	1,1005	0,6962	29	11	0,1245	2470,8134	2168,5763	2518,2321	0,0241	0,0483	1,2585	8,7383	5,3005	0,0237	1,1127
1,1039	1,1070	0,7445	30	12	0,1268	2565,6508	2231,7665	2607,6594	0,0222	0,0445	1,2585	8,7375	5,4128	0,0282	1,1339
1,1101	1,1128	0,7890	31	13	0,1294	2649,6679	2285,8221	2685,8170	0,0200	0,0401	1,2585	8,7363	5,4914	0,0331	1,1570
1,1156	1,1181	0,8291	32	14	0,1322	2721,9660	2330,4236	2752,0407	0,0177	0,0353	1,2586	8,7348	5,5354	0,0383	1,1819
1,1206	1,1227	0,8644	33	15	0,1352	2782,1153	2365,6092	2806,1326	0,0152	0,0304	1,2586	8,7331	5,5449	0,0439	1,2086
1,1248	1,1266	0,8947	34	16	0,1384	2830,1499	2391,7469	2848,3401	0,0127	0,0255	1,2587	8,7314	5,5218	0,0499	1,2370

1,1284	1,1298	0,9202	35	17	0,1417	2866,5303	2409,4841	2879,3051	0,0104	0,0208	1,2587	8,7298	5,4687	0,0563	1,2672
1,1313	1,1324	0,9410	36	18	0,1453	2892,0798	2419,6820	2899,9894	0,0082	0,0165	1,2588	8,7282	5,3892	0,0630	1,2992
1,1336	1,1344	0,9575	37	19	0,1491	2907,8991	2423,3398	2911,5839	0,0064	0,0127	1,2588	8,7268	5,2875	0,0701	1,3328
1,1353	1,1360	0,9702	38	20	0,1530	2915,2688	2421,5182	2915,4094	0,0048	0,0095	1,2589	8,7256	5,1679	0,0775	1,3682
1,1367	1,1371	0,9797	39	21	0,1572	2915,5499	2415,2675	2912,8209	0,0034	0,0069	1,2589	8,7246	5,0347	0,0853	1,4052
1,1376	1,1380	0,9866	40	22	0,1615	2910,0919	2405,5688	2905,1236	0,0024	0,0048	1,2589	8,7238	4,8920	0,0935	1,4440
1,1383	1,1385	0,9914	41	23	0,1660	2900,1553	2393,2909	2893,5064	0,0016	0,0033	1,2590	8,7232	4,7432	0,1020	1,4843
1,1388	1,1389	0,9947	42	24	0,1707	2886,8574	2379,1667	2878,9988	0,0011	0,0021	1,2590	8,7228	4,5914	0,1108	1,5263
1,1390	1,1391	0,9968	43	25	0,1756	2871,1403	2363,7852	2862,4507	0,0007	0,0013	1,2590	8,7225	4,4389	0,1200	1,5700
1,1392	1,1393	0,9982	44	26	0,1807	2853,7611	2347,5992	2844,5315	0,0004	0,0008	1,2590	8,7223	4,2877	0,1295	1,6152
1,1394	1,1394	0,9990	45	27	0,1859	2835,3018	2330,9420	2825,7460	0,0002	0,0005	1,2590	8,7222	4,1390	0,1394	1,6620

Таблица А5 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя, при $n = 2800 \text{ мин}^{-1}$

μ	m_{1-2}	χ	φ_0 , град. ПКВ	φ , град. ПКВ	V , м ³	$T_{пр}$, К	T_1 , К	T_{1-2} , К	χ_{1-2}	$\Delta\chi_{1-2}$	k_{1-2}	K_{1-2}	P , МПа	$\sigma \cdot 10^{-2}$	$\psi(\varphi)$
1,0000	1,0000	0,0000	0	-24	0,1707	728,3123	733,5977	729,0100	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,2272	0,1108	1,5263
1,0000	1,0000	0,0000	1	-23	0,1660	729,7078	738,8666	732,1931	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,2711	0,1020	1,4843
1,0000	1,0000	0,0000	2	-22	0,1615	734,6784	744,1321	737,1594	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,3160	0,0935	1,4440
1,0000	1,0000	0,0000	3	-21	0,1572	739,6403	749,4302	742,1362	0,0000	0,0001	1,2590	8,7220	1,3620	0,0853	1,4052
1,0000	1,0000	0,0001	4	-20	0,1530	744,6322	754,8231	747,1762	0,0001	0,0001	1,2590	8,7220	1,4088	0,0775	1,3682
1,0000	1,0001	0,0002	5	-19	0,1491	749,7202	760,4016	752,3604	0,0001	0,0003	1,2590	8,7219	1,4566	0,0701	1,3328
1,0001	1,0001	0,0005	6	-18	0,1453	755,0005	766,2871	757,8007	0,0002	0,0005	1,2590	8,7218	1,5055	0,0630	1,2992
1,0002	1,0003	0,0010	7	-17	0,1417	760,6009	772,6328	763,6418	0,0004	0,0008	1,2590	8,7218	1,5555	0,0563	1,2672
1,0003	1,0005	0,0017	8	-16	0,1384	766,6828	779,6251	770,0624	0,0006	0,0011	1,2590	8,7216	1,6068	0,0499	1,2370
1,0006	1,0007	0,0029	9	-15	0,1352	773,4420	787,4836	777,2755	0,0008	0,0016	1,2590	8,7215	1,6598	0,0439	1,2086
1,0009	1,0011	0,0045	10	-14	0,1322	781,1089	796,4605	785,5286	0,0011	0,0023	1,2590	8,7213	1,7149	0,0383	1,1819
1,0014	1,0017	0,0068	11	-13	0,1294	789,9483	806,8396	795,1029	0,0015	0,0031	1,2590	8,7211	1,7724	0,0331	1,1570
1,0020	1,0024	0,0099	12	-12	0,1268	800,2575	818,9331	806,3104	0,0020	0,0040	1,2590	8,7209	1,8331	0,0282	1,1339
1,0028	1,0033	0,0139	13	-11	0,1245	812,3634	833,0774	819,4911	0,0026	0,0052	1,2590	8,7206	1,8975	0,0237	1,1127
1,0038	1,0045	0,0191	14	-10	0,1223	826,6188	849,6278	835,0071	0,0032	0,0065	1,2591	8,7204	1,9664	0,0196	1,0932
1,0051	1,0059	0,0255	15	-9	0,1203	843,3955	868,9501	853,2360	0,0040	0,0080	1,2591	8,7202	2,0408	0,0159	1,0755
1,0067	1,0077	0,0336	16	-8	0,1185	863,0766	891,4110	874,5615	0,0049	0,0098	1,2591	8,7200	2,1214	0,0126	1,0597

1,0087	1,0099	0,0434	17	-7	0,1170	886,0464	917,3664	899,3621	0,0059	0,0117	1,2591	8,7198	2,2092	0,0096	1,0458
1,0110	1,0124	0,0551	18	-6	0,1156	912,6777	947,1469	927,9976	0,0070	0,0139	1,2591	8,7198	2,3051	0,0071	1,0336
1,0138	1,0155	0,0690	19	-5	0,1145	943,3174	981,0428	960,7939	0,0081	0,0163	1,2591	8,7198	2,4100	0,0049	1,0234
1,0171	1,0190	0,0853	20	-4	0,1135	978,2704	1019,2862	998,0261	0,0094	0,0188	1,2591	8,7200	2,5244	0,0031	1,0150
1,0209	1,0230	0,1042	21	-3	0,1128	1017,7817	1062,0341	1039,8998	0,0108	0,0216	1,2591	8,7204	2,6490	0,0018	1,0084
1,0252	1,0276	0,1257	22	-2	0,1123	1062,0179	1109,3506	1086,5339	0,0122	0,0244	1,2590	8,7209	2,7839	0,0008	1,0037
1,0301	1,0328	0,1501	23	-1	0,1120	1111,0499	1161,1911	1137,9426	0,0137	0,0273	1,2590	8,7216	2,9292	0,0002	1,0009
1,0355	1,0386	0,1774	24	0	0,1119	1164,8354	1217,3887	1194,0205	0,0151	0,0303	1,2590	8,7225	3,0844	0,0000	1,0000
1,0416	1,0449	0,2077	25	1	0,1120	1223,2055	1277,6449	1254,5302	0,0166	0,0332	1,2589	8,7235	3,2487	0,0002	1,0009
1,0482	1,0518	0,2408	26	2	0,1123	1285,8548	1341,5250	1319,0955	0,0180	0,0360	1,2589	8,7247	3,4208	0,0008	1,0037
1,0554	1,0593	0,2768	27	3	0,1128	1352,3361	1408,4601	1387,1993	0,0193	0,0386	1,2589	8,7259	3,5989	0,0018	1,0084
1,0632	1,0673	0,3154	28	4	0,1135	1422,0625	1477,7548	1458,1890	0,0205	0,0410	1,2588	8,7272	3,7807	0,0031	1,0150
1,0714	1,0757	0,3564	29	5	0,1145	1494,3154	1548,6029	1531,2876	0,0215	0,0430	1,2588	8,7285	3,9637	0,0049	1,0234
1,0800	1,0845	0,3994	30	6	0,1156	1568,2598	1620,1088	1605,6136	0,0223	0,0446	1,2587	8,7297	4,1449	0,0071	1,0336
1,0889	1,0935	0,4440	31	7	0,1170	1642,9674	1691,3154	1680,2057	0,0229	0,0457	1,2587	8,7308	4,3210	0,0096	1,0458
1,0981	1,1027	0,4898	32	8	0,1185	1717,4440	1761,2358	1754,0538	0,0232	0,0463	1,2587	8,7318	4,4886	0,0126	1,0597
1,1074	1,1120	0,5361	33	9	0,1203	1790,6636	1828,8883	1826,1336	0,0232	0,0463	1,2586	8,7325	4,6443	0,0159	1,0755
1,1167	1,1212	0,5824	34	10	0,1223	1861,6036	1893,3320	1895,4430	0,0229	0,0457	1,2586	8,7331	4,7848	0,0196	1,0932
1,1258	1,1303	0,6281	35	11	0,1245	1929,2824	1953,7015	1961,0389	0,0222	0,0445	1,2586	8,7333	4,9070	0,0237	1,1127
1,1347	1,1390	0,6726	36	12	0,1268	1992,7955	2009,2383	2022,0718	0,0213	0,0427	1,2586	8,7334	5,0084	0,0282	1,1339
1,1433	1,1473	0,7153	37	13	0,1294	2051,3482	2059,3178	2077,8160	0,0202	0,0403	1,2586	8,7331	5,0870	0,0331	1,1570
1,1513	1,1551	0,7556	38	14	0,1322	2104,2838	2103,4694	2127,6947	0,0187	0,0375	1,2586	8,7326	5,1412	0,0383	1,1819
1,1588	1,1623	0,7931	39	15	0,1352	2151,1056	2141,3905	2171,2979	0,0171	0,0343	1,2587	8,7320	5,1704	0,0439	1,2086
1,1657	1,1688	0,8274	40	16	0,1384	2191,4903	2172,9508	2208,3923	0,0154	0,0308	1,2587	8,7311	5,1747	0,0499	1,2370
1,1719	1,1746	0,8582	41	17	0,1417	2225,2943	2198,1902	2238,9224	0,0136	0,0272	1,2587	8,7302	5,1546	0,0563	1,2672
1,1773	1,1797	0,8854	42	18	0,1453	2252,5506	2217,3068	2263,0040	0,0118	0,0236	1,2588	8,7292	5,1116	0,0630	1,2992
1,1821	1,1841	0,9090	43	19	0,1491	2273,4575	2230,6394	2280,9086	0,0100	0,0201	1,2588	8,7282	5,0476	0,0701	1,3328
1,1861	1,1878	0,9291	44	20	0,1530	2288,3597	2238,6426	2293,0414	0,0083	0,0167	1,2588	8,7272	4,9651	0,0775	1,3682
1,1894	1,1908	0,9458	45	21	0,1572	2297,7231	2241,8575	2299,9137	0,0068	0,0136	1,2589	8,7262	4,8666	0,0853	1,4052
1,1922	1,1932	0,9594	46	22	0,1615	2302,1043	2240,8810	2302,1113	0,0054	0,0108	1,2589	8,7254	4,7550	0,0935	1,4440
1,1943	1,1952	0,9702	47	23	0,1660	2302,1184	2236,3334	2300,2620	0,0042	0,0084	1,2589	8,7246	4,6331	0,1020	1,4843
1,1960	1,1967	0,9787	48	24	0,1707	2298,4056	2228,8292	2295,0031	0,0032	0,0064	1,2589	8,7240	4,5037	0,1108	1,5263
1,1973	1,1978	0,9851	49	25	0,1756	2291,6007	2218,9510	2286,9535	0,0024	0,0047	1,2590	8,7235	4,3693	0,1200	1,5700

1,1982	1,1986	0,9898	50	26	0,1807	2282,3064	2207,2302	2276,6893	0,0017	0,0034	1,2590	8,7231	4,2321	0,1295	1,6152
1,1989	1,1992	0,9932	51	27	0,1859	2271,0722	2194,1330	2264,7265	0,0012	0,0024	1,2590	8,7227	4,0940	0,1394	1,6620
1,1994	1,1996	0,9956	52	28	0,1913	2258,3807	2180,0538	2251,5106	0,0008	0,0016	1,2590	8,7225	3,9566	0,1495	1,7103
1,1997	1,1998	0,9972	53	29	0,1969	2244,6405	2165,3145	2237,4127	0,0005	0,0011	1,2590	8,7223	3,8212	0,1600	1,7602
1,2000	1,2000	0,9983	54	30	0,2026	2230,1849	2150,1686	2222,7309	0,0003	0,0007	1,2590	8,7222	3,6886	0,1708	1,8115
1,2001	1,2001	0,9990	55	31	0,2085	2215,2769	2134,8091	2207,6968	0,0002	0,0004	1,2590	8,7221	3,5595	0,1820	1,8644

Таблица А6 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя работающего на СПГ=90% и Н₂
= 10%, при $n = 2800 \text{ мин}^{-1}$

μ	m_{1-2}	χ	φ_0 , град. ПКВ	φ , град. ПКВ	V , м ³	$T_{пр}$, К	T_1 , К	T_{1-2} , К	χ_{1-2}	$\Delta\chi_{1-2}$	k_{1-2}	K_{1-2}	P , МПа	$\sigma \cdot 10^{-2}$	$\psi(\varphi)$
1,0000	1,0000	0,0000	0	-20	0,1530	759,6077	764,7804	759,3420	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,4279	0,0775	1,3682
1,0000	1,0000	0,0000	1	-19	0,1491	759,0763	769,8993	761,4760	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,4758	0,0701	1,3328
1,0000	1,0000	0,0000	2	-18	0,1453	763,8757	775,0305	766,2924	0,0000	0,0001	1,2590	8,7220	1,5242	0,0630	1,2992
1,0000	1,0000	0,0001	3	-17	0,1417	768,7092	780,2947	771,2182	0,0001	0,0002	1,2590	8,7219	1,5730	0,0563	1,2672
1,0000	1,0001	0,0003	4	-16	0,1384	773,7272	785,8669	776,4369	0,0002	0,0004	1,2590	8,7219	1,6224	0,0499	1,2370
1,0001	1,0001	0,0007	5	-15	0,1352	779,1465	791,9764	782,1979	0,0004	0,0007	1,2590	8,7218	1,6725	0,0439	1,2086
1,0002	1,0003	0,0014	6	-14	0,1322	785,2493	798,9058	788,8157	0,0006	0,0012	1,2590	8,7216	1,7236	0,0383	1,1819
1,0004	1,0005	0,0027	7	-13	0,1294	792,3822	806,9893	796,6683	0,0009	0,0019	1,2590	8,7215	1,7763	0,0331	1,1570
1,0006	1,0008	0,0045	8	-12	0,1268	800,9544	816,6094	806,1939	0,0014	0,0027	1,2590	8,7213	1,8313	0,0282	1,1339
1,0010	1,0013	0,0072	9	-11	0,1245	811,4335	828,1923	817,8868	0,0019	0,0038	1,2590	8,7210	1,8891	0,0237	1,1127
1,0015	1,0019	0,0110	10	-10	0,1223	824,3400	842,2013	832,2896	0,0025	0,0051	1,2590	8,7207	1,9509	0,0196	1,0932
1,0022	1,0027	0,0161	11	-9	0,1203	840,2392	859,1273	849,9845	0,0033	0,0066	1,2591	8,7205	2,0177	0,0159	1,0755
1,0032	1,0037	0,0227	12	-8	0,1185	859,7298	879,4770	871,5797	0,0042	0,0084	1,2591	8,7202	2,0907	0,0126	1,0597
1,0043	1,0051	0,0311	13	-7	0,1170	883,4295	903,7574	897,6932	0,0052	0,0105	1,2591	8,7201	2,1711	0,0096	1,0458
1,0058	1,0067	0,0416	14	-6	0,1156	911,9568	932,4579	928,9329	0,0064	0,0128	1,2591	8,7200	2,2601	0,0071	1,0336
1,0076	1,0087	0,0544	15	-5	0,1145	945,9089	966,0290	965,8724	0,0077	0,0155	1,2591	8,7200	2,3591	0,0049	1,0234
1,0097	1,0110	0,0699	16	-4	0,1135	985,8360	1004,8587	1009,0245	0,0092	0,0183	1,2591	8,7202	2,4691	0,0031	1,0150
1,0123	1,0138	0,0882	17	-3	0,1128	1032,2131	1049,2468	1058,8110	0,0107	0,0214	1,2590	8,7207	2,5911	0,0018	1,0084
1,0153	1,0170	0,1095	18	-2	0,1123	1085,4090	1099,3796	1115,5321	0,0123	0,0246	1,2590	8,7213	2,7256	0,0008	1,0037

1,0187	1,0207	0,1341	19	-1	0,1120	1145,6553	1155,3048	1179,3359	0,0140	0,0279	1,2590	8,7222	2,8729	0,0002	1,0009
1,0226	1,0248	0,1621	20	0	0,1119	1213,0164	1216,9099	1250,1897	0,0157	0,0313	1,2590	8,7234	3,0327	0,0000	1,0000
1,0270	1,0294	0,1934	21	1	0,1120	1287,3629	1283,9049	1327,8568	0,0173	0,0347	1,2589	8,7247	3,2044	0,0002	1,0009
1,0318	1,0345	0,2281	22	2	0,1123	1368,3508	1355,8120	1411,8798	0,0190	0,0379	1,2589	8,7262	3,3865	0,0008	1,0037
1,0371	1,0400	0,2660	23	3	0,1128	1455,4089	1431,9645	1501,5727	0,0205	0,0409	1,2588	8,7278	3,5771	0,0018	1,0084
1,0428	1,0459	0,3070	24	4	0,1135	1547,7366	1511,5138	1596,0248	0,0218	0,0436	1,2588	8,7294	3,7736	0,0031	1,0150
1,0489	1,0521	0,3506	25	5	0,1145	1644,3131	1593,4490	1694,1164	0,0230	0,0459	1,2587	8,7310	3,9730	0,0049	1,0234
1,0553	1,0586	0,3965	26	6	0,1156	1743,9196	1676,6250	1794,5469	0,0238	0,0477	1,2586	8,7325	4,1715	0,0071	1,0336
1,0620	1,0654	0,4442	27	7	0,1170	1845,1741	1759,8010	1895,8755	0,0244	0,0488	1,2586	8,7338	4,3653	0,0096	1,0458
1,0688	1,0722	0,4931	28	8	0,1185	1946,5769	1841,6862	1996,5713	0,0247	0,0493	1,2586	8,7349	4,5502	0,0126	1,0597
1,0757	1,0791	0,5424	29	9	0,1203	2046,5657	1920,9901	2095,0715	0,0246	0,0491	1,2585	8,7357	4,7220	0,0159	1,0755
1,0825	1,0859	0,5915	30	10	0,1223	2143,5773	1996,4754	2189,8439	0,0241	0,0482	1,2585	8,7362	4,8769	0,0196	1,0932
1,0892	1,0925	0,6397	31	11	0,1245	2236,1105	2067,0095	2279,4495	0,0233	0,0465	1,2585	8,7363	5,0111	0,0237	1,1127
1,0957	1,0988	0,6862	32	12	0,1268	2322,7885	2131,6105	2362,6019	0,0221	0,0442	1,2585	8,7361	5,1217	0,0282	1,1339
1,1019	1,1048	0,7304	33	13	0,1294	2402,4154	2189,4866	2438,2195	0,0206	0,0413	1,2585	8,7355	5,2064	0,0331	1,1570
1,1076	1,1103	0,7717	34	14	0,1322	2474,0237	2240,0647	2505,4663	0,0190	0,0379	1,2586	8,7347	5,2635	0,0383	1,1819
1,1129	1,1153	0,8096	35	15	0,1352	2536,9090	2283,0072	2563,7799	0,0171	0,0342	1,2586	8,7337	5,2926	0,0439	1,2086
1,1177	1,1198	0,8438	36	16	0,1384	2590,6508	2318,2158	2612,8840	0,0151	0,0302	1,2586	8,7325	5,2940	0,0499	1,2370
1,1219	1,1237	0,8740	37	17	0,1417	2635,1173	2345,8216	2652,7855	0,0131	0,0262	1,2587	8,7312	5,2687	0,0563	1,2672
1,1256	1,1271	0,9002	38	18	0,1453	2670,4538	2366,1634	2683,7553	0,0111	0,0223	1,2587	8,7299	5,2186	0,0630	1,2992
1,1287	1,1300	0,9225	39	19	0,1491	2697,0569	2379,7552	2706,2961	0,0092	0,0185	1,2588	8,7286	5,1464	0,0701	1,3328
1,1313	1,1323	0,9410	40	20	0,1530	2715,5354	2387,2460	2721,0985	0,0075	0,0150	1,2588	8,7274	5,0549	0,0775	1,3682
1,1334	1,1342	0,9560	41	21	0,1572	2726,6616	2389,3746	2728,9895	0,0060	0,0119	1,2589	8,7263	4,9473	0,0853	1,4052
1,1350	1,1357	0,9679	42	22	0,1615	2731,3173	2386,9237	2730,8779	0,0046	0,0092	1,2589	8,7253	4,8269	0,0935	1,4440
1,1363	1,1368	0,9771	43	23	0,1660	2730,4385	2380,6770	2727,7007	0,0035	0,0070	1,2589	8,7245	4,6969	0,1020	1,4843
1,1373	1,1376	0,9841	44	24	0,1707	2724,9630	2371,3817	2720,3745	0,0026	0,0051	1,2589	8,7238	4,5602	0,1108	1,5263
1,1380	1,1382	0,9892	45	25	0,1756	2715,7860	2359,7195	2709,7555	0,0018	0,0037	1,2590	8,7233	4,4195	0,1200	1,5700
1,1385	1,1387	0,9929	46	26	0,1807	2703,7249	2346,2877	2696,6103	0,0013	0,0025	1,2590	8,7229	4,2769	0,1295	1,6152
1,1389	1,1390	0,9955	47	27	0,1859	2689,4957	2331,5892	2681,5987	0,0009	0,0017	1,2590	8,7226	4,1344	0,1394	1,6620
1,1391	1,1392	0,9972	48	28	0,1913	2673,7017	2316,0319	2665,2670	0,0006	0,0011	1,2590	8,7224	3,9935	0,1495	1,7103
1,1393	1,1393	0,9983	49	29	0,1969	2656,8323	2299,9346	2648,0511	0,0004	0,0007	1,2590	8,7223	3,8551	0,1600	1,7602
1,1394	1,1394	0,9990	50	30	0,2026	2639,2699	2283,5375	2630,2865	0,0002	0,0004	1,2590	8,7222	3,7202	0,1708	1,8115

Таблица А7 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя, при $n = 4200 \text{ мин}^{-1}$

μ	m_{1-2}	χ	φ_0 , град. ПКВ	φ , град. ПКВ	V , м ³	$T_{пр}$, К	T_1 , К	T_{1-2} , К	χ_{1-2}	$\Delta\chi_{1-2}$	k_{1-2}	K_{1-2}	P , МПа	$\sigma \cdot 10^{-2}$	$\psi(\varphi)$
1,0000	1,0000	0,0000	0	-25	0,1756	720,4617	725,7408	721,3668	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,1803	0,1200	1,5700
1,0000	1,0000	0,0000	1	-24	0,1707	722,2719	731,0132	724,7635	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,2229	0,1108	1,5263
1,0000	1,0000	0,0000	2	-23	0,1660	727,2551	736,2848	729,7425	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,2666	0,1020	1,4843
1,0000	1,0000	0,0000	3	-22	0,1615	732,2299	741,5771	734,7243	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,3114	0,0935	1,4440
1,0000	1,0000	0,0001	4	-21	0,1572	737,2186	746,9292	739,7398	0,0000	0,0001	1,2590	8,7220	1,3573	0,0853	1,4052
1,0000	1,0001	0,0002	5	-20	0,1530	742,2610	752,3995	744,8387	0,0001	0,0002	1,2590	8,7219	1,4041	0,0775	1,3682
1,0001	1,0001	0,0003	6	-19	0,1491	747,4163	758,0672	750,0906	0,0002	0,0003	1,2590	8,7219	1,4520	0,0701	1,3328
1,0001	1,0002	0,0007	7	-18	0,1453	752,7648	764,0334	755,5867	0,0003	0,0005	1,2590	8,7218	1,5009	0,0630	1,2992
1,0002	1,0003	0,0012	8	-17	0,1417	758,4085	770,4218	761,4405	0,0004	0,0008	1,2590	8,7217	1,5509	0,0563	1,2672
1,0004	1,0005	0,0020	9	-16	0,1384	764,4724	777,3793	767,7885	0,0006	0,0011	1,2590	8,7216	1,6023	0,0499	1,2370
1,0006	1,0008	0,0031	10	-15	0,1352	771,1046	785,0761	774,7905	0,0008	0,0016	1,2590	8,7215	1,6551	0,0439	1,2086
1,0009	1,0011	0,0047	11	-14	0,1322	778,4764	793,7049	782,6294	0,0011	0,0021	1,2590	8,7214	1,7097	0,0383	1,1819
1,0014	1,0016	0,0068	12	-13	0,1294	786,7823	803,4805	791,5104	0,0014	0,0028	1,2590	8,7212	1,7663	0,0331	1,1570
1,0019	1,0023	0,0096	13	-12	0,1268	796,2385	814,6375	801,6597	0,0018	0,0036	1,2590	8,7210	1,8254	0,0282	1,1339
1,0026	1,0031	0,0131	14	-11	0,1245	807,0809	827,4277	813,3222	0,0022	0,0045	1,2590	8,7208	1,8873	0,0237	1,1127
1,0035	1,0041	0,0176	15	-10	0,1223	819,5634	842,1168	826,7583	0,0028	0,0056	1,2590	8,7206	1,9527	0,0196	1,0932
1,0047	1,0053	0,0232	16	-9	0,1203	833,9531	858,9794	842,2398	0,0034	0,0068	1,2591	8,7204	2,0220	0,0159	1,0755
1,0060	1,0068	0,0300	17	-8	0,1185	850,5264	878,2929	860,0445	0,0041	0,0082	1,2591	8,7202	2,0958	0,0126	1,0597
1,0077	1,0086	0,0382	18	-7	0,1170	869,5625	900,3305	880,4496	0,0049	0,0098	1,2591	8,7200	2,1748	0,0096	1,0458
1,0096	1,0108	0,0480	19	-6	0,1156	891,3367	925,3530	903,7240	0,0057	0,0115	1,2591	8,7199	2,2596	0,0071	1,0336
1,0119	1,0133	0,0595	20	-5	0,1145	916,1114	953,5987	930,1193	0,0067	0,0134	1,2591	8,7199	2,3506	0,0049	1,0234
1,0146	1,0161	0,0729	21	-4	0,1135	944,1271	985,2734	959,8595	0,0077	0,0154	1,2591	8,7200	2,4485	0,0031	1,0150
1,0177	1,0194	0,0883	22	-3	0,1128	975,5919	1020,5391	993,1309	0,0088	0,0176	1,2591	8,7201	2,5534	0,0018	1,0084
1,0212	1,0232	0,1058	23	-2	0,1123	1010,6700	1059,5027	1030,0705	0,0099	0,0199	1,2591	8,7204	2,6658	0,0008	1,0037
1,0252	1,0274	0,1257	24	-1	0,1120	1049,4711	1102,2051	1070,7550	0,0111	0,0222	1,2590	8,7208	2,7855	0,0002	1,0009
1,0296	1,0321	0,1480	25	0	0,1119	1092,0388	1148,6109	1115,1900	0,0123	0,0247	1,2590	8,7213	2,9125	0,0000	1,0000
1,0346	1,0373	0,1727	26	1	0,1120	1138,3411	1198,6001	1163,3012	0,0136	0,0272	1,2590	8,7220	3,0461	0,0002	1,0009
1,0400	1,0430	0,1998	27	2	0,1123	1188,2612	1251,9614	1214,9265	0,0148	0,0296	1,2590	8,7228	3,1858	0,0008	1,0037
1,0460	1,0492	0,2295	28	3	0,1128	1241,5917	1308,3893	1269,8113	0,0160	0,0320	1,2589	8,7237	3,3303	0,0018	1,0084
1,0524	1,0558	0,2615	29	4	0,1135	1298,0309	1367,4839	1327,6067	0,0172	0,0343	1,2589	8,7247	3,4785	0,0031	1,0150

1,0592	1,0629	0,2958	30	5	0,1145	1357,1825	1428,7547	1387,8710	0,0182	0,0364	1,2589	8,7257	3,6285	0,0049	1,0234
1,0665	1,0704	0,3322	31	6	0,1156	1418,5596	1491,6288	1450,0761	0,0192	0,0383	1,2588	8,7267	3,7787	0,0071	1,0336
1,0742	1,0782	0,3705	32	7	0,1170	1481,5926	1555,4624	1513,6163	0,0199	0,0399	1,2588	8,7278	3,9267	0,0096	1,0458
1,0822	1,0863	0,4104	33	8	0,1185	1545,6400	1619,5565	1577,8225	0,0206	0,0412	1,2588	8,7288	4,0703	0,0126	1,0597
1,0904	1,0947	0,4516	34	9	0,1203	1610,0049	1683,1758	1641,9787	0,0210	0,0420	1,2587	8,7297	4,2071	0,0159	1,0755
1,0989	1,1031	0,4936	35	10	0,1223	1673,9525	1745,5691	1705,3420	0,0212	0,0425	1,2587	8,7305	4,3348	0,0196	1,0932
1,1074	1,1116	0,5361	36	11	0,1245	1736,7315	1805,9923	1767,1640	0,0212	0,0425	1,2587	8,7311	4,4510	0,0237	1,1127
1,1159	1,1201	0,5786	37	12	0,1268	1797,5965	1863,7310	1826,7135	0,0210	0,0420	1,2587	8,7316	4,5534	0,0282	1,1339
1,1243	1,1284	0,6206	38	13	0,1294	1855,8305	1918,1224	1883,2988	0,0205	0,0411	1,2587	8,7318	4,6403	0,0331	1,1570
1,1325	1,1365	0,6616	39	14	0,1322	1910,7672	1968,5761	1936,2895	0,0198	0,0396	1,2587	8,7319	4,7099	0,0383	1,1819
1,1405	1,1442	0,7013	40	15	0,1352	1961,8117	2014,5914	1985,1351	0,0189	0,0378	1,2587	8,7318	4,7609	0,0439	1,2086
1,1480	1,1516	0,7391	41	16	0,1384	2008,4584	2055,7722	2029,3818	0,0178	0,0356	1,2587	8,7315	4,7927	0,0499	1,2370
1,1552	1,1585	0,7747	42	17	0,1417	2050,3052	2091,8365	2068,6848	0,0165	0,0331	1,2587	8,7311	4,8048	0,0563	1,2672
1,1618	1,1648	0,8078	43	18	0,1453	2087,0643	2122,6224	2102,8159	0,0151	0,0303	1,2587	8,7305	4,7974	0,0630	1,2992
1,1678	1,1706	0,8380	44	19	0,1491	2118,5676	2148,0891	2131,6679	0,0137	0,0273	1,2587	8,7298	4,7711	0,0701	1,3328
1,1733	1,1757	0,8653	45	20	0,1530	2144,7683	2168,3127	2155,2524	0,0121	0,0243	1,2588	8,7290	4,7268	0,0775	1,3682
1,1782	1,1803	0,8896	46	21	0,1572	2165,7365	2183,4774	2173,6938	0,0106	0,0212	1,2588	8,7282	4,6660	0,0853	1,4052
1,1824	1,1843	0,9108	47	22	0,1615	2181,6512	2193,8632	2187,2191	0,0091	0,0183	1,2588	8,7274	4,5904	0,0935	1,4440
1,1861	1,1876	0,9291	48	23	0,1660	2192,7871	2199,8293	2196,1431	0,0077	0,0154	1,2588	8,7265	4,5018	0,1020	1,4843
1,1892	1,1905	0,9445	49	24	0,1707	2199,4990	2201,7956	2200,8508	0,0064	0,0128	1,2589	8,7258	4,4023	0,1108	1,5263
1,1917	1,1928	0,9573	50	25	0,1756	2202,2025	2200,2219	2201,7783	0,0052	0,0104	1,2589	8,7251	4,2939	0,1200	1,5700
1,1938	1,1947	0,9678	51	26	0,1807	2201,3540	2195,5880	2199,3919	0,0042	0,0083	1,2589	8,7245	4,1789	0,1295	1,6152
1,1955	1,1962	0,9761	52	27	0,1859	2197,4299	2188,3735	2194,1685	0,0033	0,0065	1,2589	8,7239	4,0591	0,1394	1,6620
1,1968	1,1973	0,9826	53	28	0,1913	2190,9072	2179,0407	2186,5766	0,0025	0,0050	1,2590	8,7235	3,9363	0,1495	1,7103
1,1978	1,1982	0,9876	54	29	0,1969	2182,2461	2168,0202	2177,0607	0,0019	0,0037	1,2590	8,7231	3,8122	0,1600	1,7602
1,1986	1,1988	0,9914	55	30	0,2026	2171,8753	2155,6999	2166,0283	0,0014	0,0027	1,2590	8,7228	3,6881	0,1708	1,8115
1,1991	1,1993	0,9941	56	31	0,2085	2160,1814	2142,4188	2153,8419	0,0010	0,0020	1,2590	8,7226	3,5651	0,1820	1,8644
1,1995	1,1996	0,9961	57	32	0,2146	2147,5024	2128,4635	2140,8135	0,0007	0,0014	1,2590	8,7224	3,4443	0,1934	1,9186
1,1998	1,1999	0,9974	58	33	0,2208	2134,1245	2114,0697	2127,2037	0,0005	0,0009	1,2590	8,7223	3,3262	0,2051	1,9743
1,2000	1,2000	0,9984	59	34	0,2272	2120,2829	2099,4248	2113,2239	0,0003	0,0006	1,2590	8,7222	3,2115	0,2171	2,0314
1,2001	1,2001	0,9990	60	35	0,2338	2106,1649	2084,6734	2106,6649	0,0002	0,0004	1,2590	8,7221	3,1004	0,2295	2,0899

Таблица А8 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя работающего на СПГ=90% и Н₂
= 10%, при $n = 4200 \text{ мин}^{-1}$

μ	m_{1-2}	χ	φ_0 , град. ПКВ	φ , град. ПКВ	V , м ³	$T_{пр}$, К	T_1 , К	T_{1-2} , К	χ_{1-2}	$\Delta\chi_{1-2}$	k_{1-2}	K_{1-2}	P , МПа	$\sigma \cdot 10^{-2}$	$\psi(\varphi)$
1,0000	1,0000	0,0000	0	-24	0,1707	728,3123	733,5988	729,0106	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,2272	0,1108	1,5263
1,0000	1,0000	0,0000	1	-23	0,1660	729,7090	738,8830	732,2022	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,2711	0,1020	1,4843
1,0000	1,0000	0,0000	2	-22	0,1615	734,6954	744,2088	737,2076	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,3161	0,0935	1,4440
1,0000	1,0000	0,0001	3	-21	0,1572	739,7198	749,6574	742,2936	0,0001	0,0001	1,2590	8,7220	1,3621	0,0853	1,4052
1,0000	1,0000	0,0002	4	-20	0,1530	744,8674	755,3468	747,5649	0,0001	0,0003	1,2590	8,7219	1,4092	0,0775	1,3682
1,0001	1,0001	0,0005	5	-19	0,1491	750,2623	761,4319	753,1646	0,0003	0,0005	1,2590	8,7218	1,4577	0,0701	1,3328
1,0001	1,0002	0,0010	6	-18	0,1453	756,0668	768,1041	759,2740	0,0004	0,0008	1,2590	8,7217	1,5075	0,0630	1,2992
1,0003	1,0003	0,0018	7	-17	0,1417	762,4812	775,5904	766,1122	0,0006	0,0013	1,2590	8,7216	1,5592	0,0563	1,2672
1,0004	1,0006	0,0031	8	-16	0,1384	769,7432	784,1524	773,9346	0,0009	0,0019	1,2590	8,7214	1,6131	0,0499	1,2370
1,0007	1,0009	0,0049	9	-15	0,1352	778,1260	794,0836	783,0312	0,0013	0,0026	1,2590	8,7212	1,6696	0,0439	1,2086
1,0010	1,0013	0,0075	10	-14	0,1322	787,9364	805,7063	793,7239	0,0017	0,0035	1,2590	8,7210	1,7295	0,0383	1,1819
1,0015	1,0018	0,0110	11	-13	0,1294	799,5114	819,3677	806,3625	0,0023	0,0045	1,2590	8,7207	1,7933	0,0331	1,1570
1,0022	1,0026	0,0155	12	-12	0,1268	813,2136	835,4333	821,3193	0,0029	0,0058	1,2591	8,7205	1,8619	0,0282	1,1339
1,0030	1,0035	0,0213	13	-11	0,1245	829,4250	854,2800	838,9823	0,0036	0,0073	1,2591	8,7202	1,9361	0,0237	1,1127
1,0040	1,0046	0,0286	14	-10	0,1223	848,5396	876,2865	859,7466	0,0045	0,0089	1,2591	8,7200	2,0168	0,0196	1,0932
1,0052	1,0060	0,0375	15	-9	0,1203	870,9535	901,8227	884,0038	0,0054	0,0108	1,2591	8,7199	2,1051	0,0159	1,0755
1,0067	1,0076	0,0483	16	-8	0,1185	897,0540	931,2365	912,1298	0,0064	0,0128	1,2591	8,7198	2,2018	0,0126	1,0597
1,0085	1,0096	0,0611	17	-7	0,1170	927,2057	964,8401	944,4712	0,0075	0,0151	1,2591	8,7198	2,3077	0,0096	1,0458
1,0106	1,0118	0,0762	18	-6	0,1156	961,7366	1002,8940	981,3289	0,0088	0,0175	1,2591	8,7200	2,4237	0,0071	1,0336
1,0131	1,0145	0,0937	19	-5	0,1145	1000,9213	1045,5912	1022,9430	0,0100	0,0201	1,2591	8,7203	2,5503	0,0049	1,0234
1,0159	1,0175	0,1138	20	-4	0,1135	1044,9647	1093,0411	1069,4749	0,0114	0,0228	1,2590	8,7207	2,6879	0,0031	1,0150
1,0190	1,0208	0,1365	21	-3	0,1128	1093,9852	1145,2543	1120,9922	0,0128	0,0255	1,2590	8,7214	2,8364	0,0018	1,0084
1,0226	1,0246	0,1621	22	-2	0,1123	1147,9991	1202,1294	1177,4528	0,0142	0,0283	1,2590	8,7222	2,9956	0,0008	1,0037
1,0266	1,0287	0,1904	23	-1	0,1120	1206,9064	1263,4426	1238,6932	0,0156	0,0311	1,2590	8,7232	3,1648	0,0002	1,0009
1,0309	1,0333	0,2216	24	0	0,1119	1270,4801	1328,8411	1304,4198	0,0169	0,0338	1,2589	8,7243	3,3428	0,0000	1,0000
1,0356	1,0382	0,2554	25	1	0,1120	1338,3595	1397,8420	1374,2038	0,0182	0,0364	1,2589	8,7255	3,5281	0,0002	1,0009
1,0407	1,0434	0,2918	26	2	0,1123	1410,0481	1469,8358	1447,4829	0,0194	0,0387	1,2588	8,7268	3,7184	0,0008	1,0037
1,0461	1,0489	0,3305	27	3	0,1128	1484,9178	1544,0964	1523,5682	0,0204	0,0408	1,2588	8,7280	3,9114	0,0018	1,0084

1,0518	1,0547	0,3712	28	4	0,1135	1562,2186	1619,7969	1601,6568	0,0212	0,0425	1,2588	8,7293	4,1042	0,0031	1,0150
1,0577	1,0608	0,4137	29	5	0,1145	1641,0950	1696,0312	1680,8516	0,0219	0,0437	1,2587	8,7304	4,2937	0,0049	1,0234
1,0638	1,0669	0,4575	30	6	0,1156	1720,6082	1771,8401	1760,1856	0,0223	0,0446	1,2587	8,7315	4,4765	0,0071	1,0336
1,0700	1,0732	0,5020	31	7	0,1170	1799,7629	1846,2415	1838,6508	0,0224	0,0449	1,2587	8,7323	4,6492	0,0096	1,0458
1,0763	1,0794	0,5469	32	8	0,1185	1877,5387	1918,2624	1915,2310	0,0223	0,0446	1,2586	8,7330	4,8085	0,0126	1,0597
1,0825	1,0856	0,5915	33	9	0,1203	1952,9233	1986,9721	1988,9351	0,0219	0,0438	1,2586	8,7334	4,9513	0,0159	1,0755
1,0886	1,0916	0,6354	34	10	0,1223	2024,9470	2051,5140	2058,8314	0,0213	0,0425	1,2586	8,7336	5,0747	0,0196	1,0932
1,0946	1,0974	0,6779	35	11	0,1245	2092,7158	2111,1349	2124,0788	0,0204	0,0407	1,2586	8,7335	5,1764	0,0237	1,1127
1,1002	1,1029	0,7186	36	12	0,1268	2155,4418	2165,2095	2183,9555	0,0192	0,0384	1,2586	8,7333	5,2547	0,0282	1,1339
1,1056	1,1081	0,7570	37	13	0,1294	2212,4692	2213,2598	2237,8817	0,0179	0,0358	1,2586	8,7328	5,3083	0,0331	1,1570
1,1106	1,1129	0,7928	38	14	0,1322	2263,2942	2254,9679	2285,4366	0,0164	0,0328	1,2587	8,7321	5,3367	0,0383	1,1819
1,1152	1,1172	0,8256	39	15	0,1352	2307,5789	2290,1807	2326,3677	0,0148	0,0296	1,2587	8,7313	5,3403	0,0439	1,2086
1,1193	1,1211	0,8552	40	16	0,1384	2345,1565	2318,9084	2360,5928	0,0132	0,0263	1,2587	8,7304	5,3197	0,0499	1,2370
1,1230	1,1246	0,8815	41	17	0,1417	2376,0291	2341,3144	2388,1939	0,0115	0,0230	1,2588	8,7294	5,2765	0,0563	1,2672
1,1262	1,1276	0,9045	42	18	0,1453	2400,3587	2357,6991	2409,4041	0,0099	0,0198	1,2588	8,7284	5,2125	0,0630	1,2992
1,1289	1,1301	0,9243	43	19	0,1491	2418,4495	2368,4785	2424,5879	0,0083	0,0167	1,2588	8,7274	5,1300	0,0701	1,3328
1,1313	1,1322	0,9410	44	20	0,1530	2430,7262	2374,1579	2434,2166	0,0069	0,0138	1,2588	8,7265	5,0315	0,0775	1,3682
1,1332	1,1340	0,9548	45	21	0,1572	2437,7070	2375,3035	2438,8404	0,0056	0,0112	1,2589	8,7257	4,9198	0,0853	1,4052
1,1347	1,1354	0,9660	46	22	0,1615	2439,9738	2372,5139	2439,0583	0,0045	0,0089	1,2589	8,7249	4,7976	0,0935	1,4440
1,1360	1,1365	0,9749	47	23	0,1660	2438,1429	2366,3928	2435,4896	0,0035	0,0069	1,2589	8,7243	4,6673	0,1020	1,4843
1,1370	1,1373	0,9818	48	24	0,1707	2432,8363	2357,5241	2428,7465	0,0026	0,0053	1,2589	8,7237	4,5316	0,1108	1,5263
1,1377	1,1380	0,9871	49	25	0,1756	2424,6566	2346,4528	2419,4114	0,0020	0,0040	1,2590	8,7233	4,3924	0,1200	1,5700
1,1382	1,1384	0,9911	50	26	0,1807	2414,1663	2333,6697	2408,0193	0,0014	0,0029	1,2590	8,7229	4,2518	0,1295	1,6152
1,1386	1,1388	0,9939	51	27	0,1859	2401,8724	2319,6031	2395,0450	0,0010	0,0020	1,2590	8,7227	4,1113	0,1394	1,6620
1,1389	1,1390	0,9960	52	28	0,1913	2388,2176	2304,6147	2380,8969	0,0007	0,0014	1,2590	8,7225	3,9723	0,1495	1,7103
1,1391	1,1392	0,9974	53	29	0,1969	2373,5761	2289,0011	2365,9154	0,0005	0,0010	1,2590	8,7223	3,8356	0,1600	1,7602
1,1393	1,1393	0,9984	54	30	0,2026	2358,2546	2272,9977	2350,3759	0,0003	0,0006	1,2590	8,7222	3,7022	0,1708	1,8115
1,1394	1,1394	0,9990	55	31	0,2085	2342,4971	2256,7866	2334,4947	0,0002	0,0004	1,2590	8,7221	3,5725	0,1820	1,8644

Таблица А9 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя, при $n = 5800 \text{ мин}^{-1}$

μ	m_{1-2}	χ	φ_0 , град. ПКВ	φ , град. ПКВ	V , м ³	$T_{пр}$, К	T_1 , К	T_{1-2} , К	χ_{1-2}	$\Delta\chi_{1-2}$	k_{1-2}	K_{1-2}	P , МПа	σ^*10^{-2}	$\psi(\varphi)$
-------	-----------	--------	----------------------------	--------------------------	----------------------	--------------	-----------	---------------	--------------	--------------------	-----------	-----------	-----------	-------------------	-----------------

1,0000	1,0000	0,0000	0	-30	0,2026	681,8808	686,9808	683,6335	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	0,9681	0,1708	1,8115
1,0000	1,0000	0,0000	1	-29	0,1969	685,3862	692,1257	687,8399	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,0038	0,1600	1,7602
1,0000	1,0000	0,0000	2	-28	0,1913	690,2937	697,3372	692,7762	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,0408	0,1495	1,7103
1,0000	1,0000	0,0000	3	-27	0,1859	695,2587	702,6550	697,7897	0,0000	0,0001	1,2590	8,7220	1,0791	0,1394	1,6620
1,0000	1,0000	0,0001	4	-26	0,1807	700,3207	708,1372	702,9292	0,0001	0,0001	1,2590	8,7219	1,1189	0,1295	1,6152
1,0000	1,0001	0,0002	5	-25	0,1756	705,5378	713,8598	708,2619	0,0001	0,0003	1,2590	8,7219	1,1601	0,1200	1,5700
1,0001	1,0001	0,0005	6	-24	0,1707	710,9861	719,9169	713,8729	0,0002	0,0004	1,2590	8,7218	1,2030	0,1108	1,5263
1,0002	1,0003	0,0009	7	-23	0,1660	716,7598	726,4205	719,8653	0,0003	0,0007	1,2590	8,7218	1,2476	0,1020	1,4843
1,0003	1,0004	0,0016	8	-22	0,1615	722,9709	733,4999	726,3599	0,0005	0,0010	1,2590	8,7216	1,2942	0,0935	1,4440
1,0005	1,0006	0,0025	9	-21	0,1572	729,7489	741,3011	733,4945	0,0007	0,0013	1,2590	8,7215	1,3430	0,0853	1,4052
1,0008	1,0010	0,0039	10	-20	0,1530	737,2401	749,9862	741,4235	0,0009	0,0018	1,2590	8,7214	1,3944	0,0775	1,3682
1,0011	1,0014	0,0056	11	-19	0,1491	745,6069	759,7315	750,3164	0,0012	0,0023	1,2590	8,7212	1,4486	0,0701	1,3328
1,0016	1,0019	0,0080	12	-18	0,1453	755,0260	770,7266	760,3568	0,0015	0,0030	1,2590	8,7210	1,5061	0,0630	1,2992
1,0022	1,0026	0,0110	13	-17	0,1417	765,6875	783,1714	771,7398	0,0019	0,0038	1,2590	8,7208	1,5672	0,0563	1,2672
1,0030	1,0034	0,0148	14	-16	0,1384	777,7920	797,2740	784,6703	0,0023	0,0046	1,2590	8,7206	1,6325	0,0499	1,2370
1,0039	1,0045	0,0194	15	-15	0,1352	791,5485	813,2467	799,3593	0,0028	0,0056	1,2591	8,7204	1,7024	0,0439	1,2086
1,0050	1,0057	0,0250	16	-14	0,1322	807,1702	831,3026	816,0209	0,0034	0,0068	1,2591	8,7202	1,7775	0,0383	1,1819
1,0064	1,0072	0,0318	17	-13	0,1294	824,8715	851,6500	834,8669	0,0040	0,0080	1,2591	8,7200	1,8584	0,0331	1,1570
1,0080	1,0089	0,0398	18	-12	0,1268	844,8624	874,4881	856,1031	0,0047	0,0094	1,2591	8,7199	1,9455	0,0282	1,1339
1,0099	1,0109	0,0492	19	-11	0,1245	867,3438	900,0001	879,9225	0,0054	0,0109	1,2591	8,7198	2,0394	0,0237	1,1127
1,0120	1,0133	0,0600	20	-10	0,1223	892,5012	928,3475	906,4999	0,0062	0,0125	1,2591	8,7198	2,1406	0,0196	1,0932
1,0145	1,0159	0,0725	21	-9	0,1203	920,4985	959,6627	935,9850	0,0071	0,0142	1,2591	8,7198	2,2494	0,0159	1,0755
1,0174	1,0190	0,0867	22	-8	0,1185	951,4715	994,0427	968,4959	0,0080	0,0160	1,2591	8,7200	2,3662	0,0126	1,0597
1,0206	1,0223	0,1026	23	-7	0,1170	985,5203	1031,5420	1004,1119	0,0089	0,0179	1,2591	8,7202	2,4911	0,0096	1,0458
1,0241	1,0261	0,1205	24	-6	0,1156	1022,7034	1072,1664	1042,8671	0,0099	0,0198	1,2590	8,7206	2,6241	0,0071	1,0336
1,0281	1,0303	0,1403	25	-5	0,1145	1063,0309	1115,8676	1084,7449	0,0109	0,0218	1,2590	8,7210	2,7649	0,0049	1,0234
1,0325	1,0348	0,1621	26	-4	0,1135	1106,4589	1162,5382	1129,6720	0,0119	0,0238	1,2590	8,7216	2,9132	0,0031	1,0150
1,0372	1,0398	0,1859	27	-3	0,1128	1152,8851	1212,0093	1177,5154	0,0129	0,0258	1,2590	8,7222	3,0683	0,0018	1,0084
1,0424	1,0452	0,2117	28	-2	0,1123	1202,1457	1264,0487	1228,0796	0,0139	0,0278	1,2590	8,7229	3,2292	0,0008	1,0037
1,0480	1,0509	0,2394	29	-1	0,1120	1254,0135	1318,3614	1281,1061	0,0148	0,0296	1,2589	8,7237	3,3947	0,0002	1,0009
1,0539	1,0570	0,2691	30	0	0,1119	1308,1988	1374,5925	1336,2750	0,0157	0,0314	1,2589	8,7245	3,5634	0,0000	1,0000
1,0602	1,0635	0,3005	31	1	0,1120	1364,3512	1432,3317	1393,2081	0,0165	0,0330	1,2589	8,7254	3,7335	0,0002	1,0009
1,0668	1,0703	0,3335	32	2	0,1123	1422,0650	1491,1202	1451,4750	0,0172	0,0345	1,2589	8,7263	3,9031	0,0008	1,0037

1,0737	1,0773	0,3680	33	3	0,1128	1480,8851	1550,4595	1510,6007	0,0179	0,0357	1,2588	8,7271	4,0702	0,0018	1,0084
1,0809	1,0846	0,4038	34	4	0,1135	1540,3162	1609,8218	1570,0745	0,0184	0,0367	1,2588	8,7280	4,2326	0,0031	1,0150
1,0882	1,0920	0,4405	35	5	0,1145	1599,8327	1668,6618	1629,3616	0,0187	0,0374	1,2588	8,7287	4,3879	0,0049	1,0234
1,0957	1,0995	0,4780	36	6	0,1156	1658,8905	1726,4292	1687,9150	0,0189	0,0379	1,2588	8,7294	4,5339	0,0071	1,0336
1,1033	1,1071	0,5158	37	7	0,1170	1716,9395	1782,5817	1745,1881	0,0190	0,0380	1,2587	8,7299	4,6685	0,0096	1,0458
1,1109	1,1147	0,5538	38	8	0,1185	1773,4366	1836,5980	1800,6478	0,0189	0,0377	1,2587	8,7304	4,7897	0,0126	1,0597
1,1185	1,1222	0,5915	39	9	0,1203	1827,8589	1887,9904	1853,7872	0,0186	0,0372	1,2587	8,7307	4,8955	0,0159	1,0755
1,1259	1,1296	0,6287	40	10	0,1223	1879,7155	1936,3158	1904,1377	0,0181	0,0363	1,2587	8,7308	4,9846	0,0196	1,0932
1,1332	1,1367	0,6650	41	11	0,1245	1928,5599	1981,1859	1951,2796	0,0175	0,0351	1,2587	8,7309	5,0557	0,0237	1,1127
1,1402	1,1436	0,7001	42	12	0,1268	1973,9993	2022,2754	1994,8515	0,0168	0,0336	1,2587	8,7308	5,1078	0,0282	1,1339
1,1469	1,1501	0,7337	43	13	0,1294	2015,7036	2059,3286	2034,5576	0,0159	0,0319	1,2587	8,7306	5,1406	0,0331	1,1570
1,1533	1,1563	0,7655	44	14	0,1322	2053,4116	2092,1633	2070,1734	0,0150	0,0299	1,2587	8,7302	5,1540	0,0383	1,1819
1,1593	1,1621	0,7954	45	15	0,1352	2086,9353	2120,6728	2101,5487	0,0139	0,0278	1,2587	8,7298	5,1482	0,0439	1,2086
1,1649	1,1674	0,8232	46	16	0,1384	2116,1622	2144,8256	2128,6086	0,0127	0,0255	1,2588	8,7292	5,1238	0,0499	1,2370
1,1700	1,1723	0,8487	47	17	0,1417	2141,0550	2164,6631	2151,3521	0,0116	0,0231	1,2588	8,7287	5,0819	0,0563	1,2672
1,1746	1,1767	0,8718	48	18	0,1453	2161,6492	2180,2945	2169,8489	0,0104	0,0208	1,2588	8,7280	5,0237	0,0630	1,2992
1,1788	1,1806	0,8926	49	19	0,1491	2178,0486	2191,8910	2184,2339	0,0092	0,0184	1,2588	8,7274	4,9507	0,0701	1,3328
1,1825	1,1841	0,9110	50	20	0,1530	2190,4191	2199,6771	2194,6997	0,0080	0,0161	1,2588	8,7267	4,8645	0,0775	1,3682
1,1857	1,1871	0,9271	51	21	0,1572	2198,9804	2203,9215	2201,4885	0,0070	0,0139	1,2589	8,7261	4,7670	0,0853	1,4052
1,1885	1,1897	0,9410	52	22	0,1615	2203,9966	2204,9271	2204,8815	0,0059	0,0118	1,2589	8,7255	4,6599	0,0935	1,4440
1,1908	1,1918	0,9528	53	23	0,1660	2205,7664	2203,0195	2205,1892	0,0050	0,0100	1,2589	8,7250	4,5451	0,1020	1,4843
1,1928	1,1937	0,9628	54	24	0,1707	2204,6120	2198,5371	2202,7403	0,0041	0,0083	1,2589	8,7244	4,4242	0,1108	1,5263
1,1945	1,1952	0,9710	55	25	0,1756	2200,8685	2191,8202	2197,8710	0,0034	0,0067	1,2589	8,7240	4,2991	0,1200	1,5700
1,1958	1,1964	0,9778	56	26	0,1807	2194,8735	2183,2021	2190,9158	0,0027	0,0054	1,2589	8,7236	4,1712	0,1295	1,6152
1,1969	1,1973	0,9832	57	27	0,1859	2186,9580	2173,0008	2182,1979	0,0021	0,0043	1,2590	8,7233	4,0420	0,1394	1,6620
1,1978	1,1981	0,9875	58	28	0,1913	2177,4379	2161,5121	2172,0228	0,0017	0,0033	1,2590	8,7230	3,9126	0,1495	1,7103
1,1984	1,1987	0,9908	59	29	0,1969	2166,6077	2149,0053	2160,6716	0,0013	0,0026	1,2590	8,7227	3,7841	0,1600	1,7602
1,1990	1,1992	0,9934	60	30	0,2026	2154,7356	2135,7197	2148,3978	0,0010	0,0019	1,2590	8,7226	3,6573	0,1708	1,8115
1,1993	1,1995	0,9953	61	31	0,2085	2142,0600	2121,8636	2135,4244	0,0007	0,0014	1,2590	8,7224	3,5330	0,1820	1,8644
1,1996	1,1997	0,9967	62	32	0,2146	2128,7887	2107,6139	2121,9435	0,0005	0,0010	1,2590	8,7223	3,4118	0,1934	1,9186
1,1998	1,1999	0,9977	63	33	0,2208	2115,0983	2093,1177	2108,1173	0,0004	0,0007	1,2590	8,7222	3,2939	0,2051	1,9743
1,2000	1,2000	0,9985	64	34	0,2272	2101,1362	2078,4949	2094,0792	0,0003	0,0005	1,2590	8,7222	3,1798	0,2171	2,0314
1,2001	1,2001	0,9990	65	35	0,2338	2087,0223	2063,8408	2079,9373	0,0002	0,0004	1,2590	8,7221	3,0695	0,2295	2,0899

Таблица А10 - Результаты теплового расчета проектируемого газопоршневого двигателя работающего на СПГ=90% и Н₂
= 10%, при n = 5800 мин⁻¹

μ	m ₁₋₂	χ	φ ₀ , град. ПКВ	φ, град. ПКВ	V, м ³	T _{пр} , К	T ₁ , К	T ₁₋₂ , К	χ ₁₋₂	Δχ ₁₋₂	k ₁₋₂	K ₁₋₂	P, МПа	σ*10 ⁻²	ψ(φ)
1,0000	1,0000	0,0000	0	-25	0,1756	720,4617	725,7462	721,3695	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,1803	0,1200	1,5700
1,0000	1,0000	0,0000	1	-24	0,1707	722,2773	731,0811	724,8000	0,0000	0,0000	1,2590	8,7220	1,2229	0,1108	1,5263
1,0000	1,0000	0,0000	2	-23	0,1660	727,3228	736,5806	729,9238	0,0001	0,0001	1,2590	8,7220	1,2668	0,1020	1,4843
1,0000	1,0000	0,0001	3	-22	0,1615	732,5248	742,4135	735,2885	0,0001	0,0003	1,2590	8,7219	1,3120	0,0935	1,4440
1,0001	1,0001	0,0004	4	-21	0,1572	738,0522	748,7956	741,0867	0,0003	0,0005	1,2590	8,7218	1,3589	0,0853	1,4052
1,0001	1,0002	0,0010	5	-20	0,1530	744,1212	755,9858	747,5559	0,0005	0,0009	1,2590	8,7217	1,4077	0,0775	1,3682
1,0003	1,0004	0,0019	6	-19	0,1491	750,9905	764,2818	754,9742	0,0007	0,0015	1,2590	8,7215	1,4591	0,0701	1,3328
1,0005	1,0006	0,0034	7	-18	0,1453	758,9580	774,0154	763,6567	0,0011	0,0021	1,2590	8,7213	1,5136	0,0630	1,2992
1,0008	1,0010	0,0055	8	-17	0,1417	768,3554	785,5481	773,9500	0,0015	0,0030	1,2590	8,7211	1,5719	0,0563	1,2672
1,0012	1,0015	0,0085	9	-16	0,1384	779,5445	799,2649	786,2275	0,0020	0,0040	1,2590	8,7208	1,6348	0,0499	1,2370
1,0017	1,0021	0,0125	10	-15	0,1352	792,9104	815,5674	800,8826	0,0026	0,0052	1,2590	8,7205	1,7033	0,0439	1,2086
1,0025	1,0029	0,0178	11	-14	0,1322	808,8548	834,8649	818,3212	0,0033	0,0067	1,2591	8,7202	1,7785	0,0383	1,1819
1,0034	1,0040	0,0244	12	-13	0,1294	827,7876	857,5645	838,9520	0,0041	0,0083	1,2591	8,7200	1,8612	0,0331	1,1570
1,0046	1,0053	0,0327	13	-12	0,1268	850,1164	884,0592	863,1759	0,0050	0,0101	1,2591	8,7198	1,9528	0,0282	1,1339
1,0060	1,0068	0,0428	14	-11	0,1245	876,2354	914,7149	891,3735	0,0060	0,0121	1,2591	8,7197	2,0543	0,0237	1,1127
1,0077	1,0086	0,0549	15	-10	0,1223	906,5116	949,8555	923,8914	0,0071	0,0143	1,2591	8,7197	2,1667	0,0196	1,0932
1,0096	1,0108	0,0691	16	-9	0,1203	941,2711	989,7481	961,0273	0,0083	0,0166	1,2591	8,7198	2,2910	0,0159	1,0755
1,0120	1,0133	0,0858	17	-8	0,1185	980,7834	1034,5869	1003,0148	0,0096	0,0191	1,2591	8,7201	2,4280	0,0126	1,0597
1,0146	1,0161	0,1049	18	-7	0,1170	1025,2461	1084,4785	1050,0078	0,0108	0,0217	1,2590	8,7205	2,5783	0,0096	1,0458
1,0177	1,0194	0,1266	19	-6	0,1156	1074,7695	1139,4274	1102,0662	0,0122	0,0244	1,2590	8,7211	2,7420	0,0071	1,0336
1,0211	1,0229	0,1509	20	-5	0,1145	1129,3629	1199,3244	1159,1428	0,0135	0,0270	1,2590	8,7219	2,9190	0,0049	1,0234
1,0248	1,0269	0,1780	21	-4	0,1135	1188,9228	1263,9378	1221,0732	0,0149	0,0297	1,2590	8,7229	3,1088	0,0031	1,0150
1,0290	1,0312	0,2077	22	-3	0,1128	1253,2236	1332,9088	1287,5684	0,0161	0,0323	1,2589	8,7239	3,3103	0,0018	1,0084
1,0335	1,0359	0,2400	23	-2	0,1123	1321,9133	1405,7507	1358,2129	0,0174	0,0347	1,2589	8,7251	3,5220	0,0008	1,0037
1,0383	1,0409	0,2747	24	-1	0,1120	1394,5125	1481,8545	1432,4660	0,0185	0,0370	1,2589	8,7263	3,7418	0,0002	1,0009
1,0435	1,0462	0,3117	25	0	0,1119	1470,4195	1560,4987	1509,6699	0,0195	0,0390	1,2588	8,7276	3,9671	0,0000	1,0000

1,0489	1,0518	0,3507	26	1	0,1120	1548,9203	1640,8651	1589,0620	0,0203	0,0407	1,2588	8,7288	4,1950	0,0002	1,0009
1,0546	1,0575	0,3914	27	2	0,1123	1629,2037	1722,0594	1669,7927	0,0210	0,0420	1,2587	8,7300	4,4221	0,0008	1,0037
1,0605	1,0635	0,4335	28	3	0,1128	1710,3817	1803,1358	1750,9478	0,0215	0,0429	1,2587	8,7310	4,6447	0,0018	1,0084
1,0664	1,0695	0,4764	29	4	0,1135	1791,5139	1883,1242	1831,5741	0,0217	0,0434	1,2587	8,7319	4,8591	0,0031	1,0150
1,0725	1,0755	0,5197	30	5	0,1145	1871,6344	1961,0600	1910,7079	0,0217	0,0434	1,2586	8,7326	5,0614	0,0049	1,0234
1,0785	1,0815	0,5631	31	6	0,1156	1949,7815	2036,0136	1987,4042	0,0214	0,0428	1,2586	8,7331	5,2481	0,0071	1,0336
1,0845	1,0874	0,6059	32	7	0,1170	2025,0270	2107,1193	2060,7659	0,0209	0,0419	1,2586	8,7334	5,4156	0,0096	1,0458
1,0904	1,0932	0,6478	33	8	0,1185	2096,5048	2173,6013	2129,9711	0,0202	0,0404	1,2586	8,7335	5,5611	0,0126	1,0597
1,0960	1,0987	0,6882	34	9	0,1203	2163,4374	2234,7963	2194,2979	0,0193	0,0385	1,2586	8,7334	5,6820	0,0159	1,0755
1,1014	1,1039	0,7267	35	10	0,1223	2225,1583	2290,1717	2253,1443	0,0181	0,0363	1,2586	8,7330	5,7766	0,0196	1,0932
1,1064	1,1088	0,7630	36	11	0,1245	2281,1303	2339,3378	2306,0440	0,0169	0,0337	1,2586	8,7325	5,8438	0,0237	1,1127
1,1111	1,1133	0,7968	37	12	0,1268	2330,9578	2382,0543	2352,6759	0,0155	0,0310	1,2587	8,7318	5,8831	0,0282	1,1339
1,1155	1,1174	0,8277	38	13	0,1294	2374,3940	2418,2310	2392,8676	0,0140	0,0280	1,2587	8,7310	5,8949	0,0331	1,1570
1,1194	1,1211	0,8557	39	14	0,1322	2411,3412	2447,9221	2426,5936	0,0125	0,0250	1,2587	8,7302	5,8800	0,0383	1,1819
1,1229	1,1244	0,8807	40	15	0,1352	2441,8459	2471,3151	2453,9668	0,0110	0,0220	1,2588	8,7292	5,8401	0,0439	1,2086
1,1259	1,1272	0,9027	41	16	0,1384	2466,0876	2488,7152	2475,2255	0,0095	0,0190	1,2588	8,7283	5,7772	0,0499	1,2370
1,1286	1,1297	0,9217	42	17	0,1417	2484,3634	2500,5253	2490,7158	0,0081	0,0162	1,2588	8,7274	5,6937	0,0563	1,2672
1,1308	1,1318	0,9379	43	18	0,1453	2497,0683	2507,2240	2500,8709	0,0068	0,0136	1,2588	8,7266	5,5923	0,0630	1,2992
1,1327	1,1335	0,9515	44	19	0,1491	2504,6735	2509,3414	2506,1879	0,0056	0,0112	1,2589	8,7258	5,4757	0,0701	1,3328
1,1343	1,1349	0,9627	45	20	0,1530	2507,7022	2507,4360	2507,2043	0,0045	0,0091	1,2589	8,7251	5,3468	0,0775	1,3682
1,1355	1,1361	0,9717	46	21	0,1572	2506,7063	2502,0717	2504,4752	0,0036	0,0072	1,2589	8,7244	5,2084	0,0853	1,4052
1,1366	1,1369	0,9790	47	22	0,1615	2502,2440	2493,7984	2498,5520	0,0028	0,0057	1,2589	8,7239	5,0629	0,0935	1,4440
1,1373	1,1376	0,9846	48	23	0,1660	2494,8600	2483,1347	2489,9644	0,0022	0,0043	1,2590	8,7235	4,9128	0,1020	1,4843
1,1379	1,1382	0,9890	49	24	0,1707	2485,0687	2470,5562	2479,2053	0,0016	0,0033	1,2590	8,7231	4,7601	0,1108	1,5263
1,1384	1,1386	0,9922	50	25	0,1756	2473,3418	2456,4861	2466,7207	0,0012	0,0024	1,2590	8,7228	4,6065	0,1200	1,5700
1,1387	1,1389	0,9946	51	26	0,1807	2460,0996	2441,2915	2452,9032	0,0009	0,0017	1,2590	8,7226	4,4536	0,1295	1,6152
1,1390	1,1391	0,9964	52	27	0,1859	2445,7069	2425,2824	2438,0893	0,0006	0,0012	1,2590	8,7224	4,3025	0,1394	1,6620
1,1392	1,1392	0,9976	53	28	0,1913	2430,4718	2408,7143	2422,5601	0,0004	0,0008	1,2590	8,7223	4,1543	0,1495	1,7103
1,1393	1,1393	0,9984	54	29	0,1969	2414,6485	2391,7925	2406,5450	0,0003	0,0006	1,2590	8,7222	4,0095	0,1600	1,7602
1,1394	1,1394	0,9990	55	30	0,2026	2398,4416	2374,6781	2390,2267	0,0002	0,0004	1,2590	8,7221	3,8688	0,1708	1,8115

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Результаты динамического расчета

Таблица Б1 – Параметры динамического расчета

Мкр1, Н*М	Мкр2, Н*М	Мкр4, Н*М	Мкр3, Н*М	Pi,МПа	P, Н	Pj2, Н	Pj, Н	PΣ, Н	Сумма- рные силы в КШМ, Н	β, рад	P _N , Н	P _S , Н	P _K , Н	P _T , Н
0	1E-14	4,1E-14	-4E-13	0,10679	31,2022	-1514,68	-4942,49	-4911,29	-4911,29	0	0	-4911,3	-4911,29	0
-40,94	-12,73	-13,536	191,28	0,09679	-14,7578	-1423,33	-4817,56	-4832,32	-4832,32	0,05	-241,9	-4838,4	-4716,906	-1077,32
-74,6	-25,75	-26,415	188,52	0,08679	-60,7178	-1160,31	-4452,58	-4513,3	-4513,3	0,0986	-446,6	-4535,3	-4088,382	-1963,26
-93,86	-38,97	-39,831	451,92	0,08479	-69,9098	-757,341	-3875,94	-3945,85	-3945,85	0,1444	-573,9	-3987,4	-3130,237	-2469,97
-96,16	-51,67	-52,651	328,86	0,08179	-83,6978	-263,022	-3131,69	-3215,39	-3215,39	0,1861	-605,4	-3271,9	-2073,958	-2530,61
-82,16	-62,52	-63,446	246,03	0,07879	-97,4858	263,022	-2274,98	-2372,47	-2372,47	0,2224	-536,4	-2432,3	-1114,085	-2162,21
-55,86	-70,28	-70,113	199,05	0,07579	-111,274	757,341	-1366,45	-1477,73	-1477,73	0,252	-380,4	-1525,9	-409,4059	-1469,96
-23,27	-72,43	-70,206	176,23	0,07279	-125,062	1160,31	-466,251	-591,312	-591,312	0,2739	-166,2	-614,21	-46,10565	-612,48
9,3513	-67,19	-61,571	166,25	0,07079	-134,254	1423,33	371,756	237,502	237,502	0,2874	70,214	247,663	-27,90538	246,086
36,88	-54,03	-43,168	160,31	0,07079	-134,254	1514,68	1104,79	970,539	970,539	0,292	291,75	1013,44	-291,7481	970,539
57,298	-34,55	-15,866	152,73	0,08057	-89,2791	1423,33	1704,57	1615,3	1615,3	0,2874	477,54	1684,41	-750,7762	1507,83
66,344	-12,93	17,1237	140,87	0,08057	-89,2791	1160,31	2158,89	2069,61	2069,61	0,2739	581,55	2149,77	-1254,326	1745,9
66,737	4,0309	50,4729	124,47	0,08057	-89,2791	757,341	2471,25	2381,97	2381,97	0,252	613,21	2459,63	-1722,041	1756,24
60,605	7,6704	77,7071	104,67	0,08057	-89,2791	263,022	2658,67	2569,39	2569,39	0,2224	580,92	2634,25	-2096,587	1594,86
50,456	-11,25	92,727	83,126	0,08157	-84,6831	-263,022	2748	2663,32	2663,32	0,1861	501,49	2710,12	-2362,576	1327,78
38,249	-1107	91,4538	56,162	0,08257	-80,0871	-757,341	2771,15	2691,06	2691,06	0,1444	391,43	2719,38	-2526,241	1006,55
25,405	-1368	73,0844	32,939	0,08357	-75,4911	-1160,31	2759,94	2684,45	2684,45	0,0986	265,6	2697,55	-2613,396	668,551
12,641	-653,7	40,5487	16,142	0,08557	-66,2991	-1423,33	2741,23	2674,93	2674,93	0,05	133,89	2678,28	-2657,543	332,645
1E-14	-4E-13	9,1E-14	4E-14	0,08757	-57,1071	-1514,68	2732,91	2675,8	2675,8	4E-17	9E-14	2675,8	-2675,8	3,3E-13
-12,73	191,28	-40,938	-13,536	0,08957	-47,9151	-1423,33	2741,23	2693,32	2693,32	-0,05	-134,8	2696,69	-2675,808	-334,931
-25,75	188,52	-74,604	-26,415	0,09157	-38,7231	-1160,31	2759,94	2721,22	2721,22	-0,099	-269,2	2734,5	-2649,191	-677,707
-38,97	451,92	-93,859	-39,831	0,09357	-29,5311	-757,341	2771,15	2741,62	2741,62	-0,144	-398,8	2770,47	-2573,701	-1025,46
-51,67	328,86	-96,163	-52,651	0,09557	-20,3391	-263,022	2748	2727,66	2727,66	-0,186	-513,6	2775,6	-2419,655	-1359,86
-62,52	246,03	-82,164	-63,446	0,09827	-7,94254	263,022	2658,67	2650,73	2650,73	-0,222	-599,3	2717,63	-2162,957	-1645,34
-70,28	199,05	-55,859	-70,113	0,10813	37,3523	314,92	2471,25	2508,6	2508,6	-0,252	-645,8	2590,39	-1813,589	-1849,6
-72,43	176,23	-23,274	-70,206	0,12187	100,518	366,435	2158,89	2259,41	2259,41	-0,274	-634,9	2346,91	-1369,357	-1906,01
-67,19	166,25	9,35128	-61,571	0,14122	189,461	417,503	1704,57	1894,04	1894,04	-0,287	-559,9	1975,07	-880,3322	-1768,03
-54,03	160,31	36,8805	-43,168	0,16901	317,147	468,062	1104,79	1421,94	1421,94	-0,292	-427,4	1484,8	-427,4412	-1421,94
-34,55	152,73	57,2976	-15,866	0,21003	505,71	518,051	371,756	877,466	877,466	-0,287	-259,4	915,008	-103,0982	-909,181

-12,93	140,87	66,3441	17,124	0,27294	794,82	567,41	-466,251	328,569	328,569	-0,274	-92,33	341,294	25,619107	-340,331
4,0309	124,47	66,737	50,473	0,37411	1259,82	616,076	-1366,45	-106,637	-106,637	-0,252	27,453	-110,11	-29,54391	106,077
7,6704	104,67	60,6046	77,707	0,5468	2053,5	663,993	-2274,98	-221,481	-221,481	-0,222	50,076	-227,07	-104,0051	201,852
-11,25	83,126	50,4557	92,727	0,86322	3507,74	711,1	-3131,69	376,046	376,046	-0,186	-70,81	382,654	242,55309	-295,96
-1107	56,162	38,2488	91,454	11,0737	50435	757,341	-3875,94	46559,1	46559,1	-0,144	-6772	47049	36935,251	-29144,5
-1368	32,939	25,4049	73,084	19,0712	87191,7	802,659	-4452,58	82739,1	82739,1	-0,099	-8186	83143,1	74949,485	-35991,1
-653,7	16,142	12,6405	40,549	17,9384	81985,5	846,999	-4817,56	77167,9	77167,9	-0,05	-3862	77264,5	75324,886	-17203,8
-4E-13	4E-14	1,2E-14	9E-14	10,9257	49754,7	890,307	-4942,49	44812,2	44812,2	-7E-17	-3E-12	44812,2	44812,222	-1,1E-11
191,28	-13,54	-12,727	-40,938	6,06093	27396,5	932,531	-4817,56	22578,9	22578,9	0,05	1130,1	22607,2	22039,627	5033,74
188,52	-26,41	-25,753	-74,604	3,55028	15857,5	973,618	-4452,58	11404,9	11404,9	0,0986	1128,4	11460,6	10331,157	4961,07
451,92	-39,83	-38,967	-93,859	5,07713	22874,9	1013,52	-3875,94	18998,9	18998,9	0,1444	2763,5	19198,9	15071,821	11892,7
328,86	-52,65	-51,675	-96,163	3,17393	14127,8	1052,19	-3131,69	10996,1	10996,1	0,1861	2070,5	11189,3	7092,5692	8654,25
246,03	-63,45	-62,523	-82,164	2,14071	9379,09	1089,57	-2274,98	7104,11	7104,11	0,2224	1606,2	7283,42	3336,014	6474,51
199,05	-70,11	-70,285	-55,859	1,54305	6632,26	1125,63	-1366,45	5265,81	5265,81	0,252	1355,6	5437,51	1458,898	5238,14
176,23	-70,21	-72,428	-23,274	1,1756	4943,48	1160,31	-466,251	4477,22	4477,22	0,2739	1258,1	4650,62	349,09701	4637,5
166,25	-61,57	-67,185	9,3513	0,93782	3850,63	1193,59	371,756	4222,39	4222,39	0,2874	1248,3	4403,04	-496,1113	4375
160,31	-43,17	-54,034	36,88	0,77751	3113,83	1225,4	1104,79	4218,62	4218,62	0,292	1268,1	4405,1	-1268,135	4218,62
152,73	-15,87	-34,549	57,298	0,66593	2601,02	1255,73	1704,57	4305,59	4305,59	0,2874	1272,9	4489,81	-2001,204	4019,15
140,87	17,124	-12,933	66,344	0,58643	2235,65	1284,52	2158,89	4394,54	4394,54	0,2739	1234,8	4564,74	-2663,394	3707,18
124,47	50,473	4,03092	66,737	0,52893	1971,35	1311,75	2471,25	4442,59	4442,59	0,252	1143,7	4587,45	-3211,769	3275,55
104,67	77,707	7,67039	60,605	0,48707	1778,99	1337,38	2658,67	4437,66	4437,66	0,2224	1003,3	4549,67	-3621,067	2754,52
83,126	92,727	-11,246	50,456	0,45679	1639,8	1361,39	2748	4387,81	4387,81	0,1861	826,21	4464,91	-3892,331	2187,51
56,162	91,454	-1107,5	38,249	0,35679	1180,2	1383,73	2771,15	3951,35	3951,35	0,1444	574,74	3992,93	-3709,341	1477,94
32,939	73,084	-1367,7	25,405	0,25679	720,602	1404,39	2759,94	3480,54	3480,54	0,0986	344,37	3497,53	-3388,419	866,814
16,142	40,549	-653,75	12,641	0,24679	674,642	1423,33	2741,23	3415,87	3415,87	0,05	170,97	3420,15	-3393,668	424,786
4E-14	9E-14	-4E-13	1E-14	0,14679	215,042	1440,55	2732,91	2947,95	2947,95	1E-16	3E-13	2947,95	-2947,95	1,1E-12
-13,54	-40,94	191,282	-12,727	0,12679	123,122	1456	2741,23	2864,35	2864,35	-0,05	-143,4	2867,94	-2845,733	-356,201
-26,41	-74,6	188,52	-25,753	0,10679	31,2022	1469,69	2759,94	2791,14	2791,14	-0,099	-276,2	2804,77	-2717,266	-695,122
-39,83	-93,86	451,923	-38,967	0,10679	31,2022	1481,58	2771,15	2802,35	2802,35	-0,144	-407,6	2831,84	-2630,714	-1048,17
-52,65	-96,16	328,861	-51,675	0,10679	31,2022	1491,67	2748	2779,21	2779,21	-0,186	-523,3	2828,05	-2465,376	-1385,56
-63,45	-82,16	246,031	-62,523	0,10679	31,2022	1499,94	2658,67	2689,87	2689,87	-0,222	-608,2	2757,77	-2194,898	-1669,64
-70,11	-55,86	199,049	-70,285	0,10679	31,2022	1506,38	2471,25	2502,45	2502,45	-0,252	-644,2	2584,04	-1809,142	-1845,07
-70,21	-23,27	176,225	-72,428	0,10679	31,2022	1510,99	2158,89	2190,09	2190,09	-0,274	-615,4	2274,91	-1327,346	-1847,53
-61,57	9,3513	166,25	-67,185	0,10679	31,2022	1513,76	1704,57	1735,78	1735,78	-0,287	-513,2	1810,04	-806,7749	-1620,3
-43,17	36,88	160,308	-54,034	0,10679	31,2022	1514,68	1104,79	1135,99	1135,99	-0,292	-341,5	1186,21	-341,4849	-1135,99
-15,87	57,298	152,728	-34,549	0,10679	31,2022	1513,76	371,756	402,958	402,958	-0,287	-119,1	420,198	-47,34571	-417,522
17,124	66,344	140,873	-12,933	0,10679	31,2022	1510,99	-466,251	-435,048	-435,048	-0,274	122,25	-451,9	-33,92148	450,622

50,473	66,737	124,471	4,0309	0,10679	31,2022	1506,38	-1366,45	-1335,25	-1335,25	-0,252	343,75	-1378,8	-369,9327	1328,23
77,707	60,605	104,672	7,6704	0,10679	31,2022	1499,94	-2274,98	-2243,78	-2243,78	-0,222	507,31	-2300,4	-1053,655	2044,92
92,727	50,456	83,1255	-11,246	0,10679	31,2022	1491,67	-3131,69	-3100,49	-3100,49	-0,186	583,81	-3155	-1999,847	2440,18
91,454	38,249	56,1616	-1107,5	0,10679	31,2022	1481,58	-3875,94	-3844,74	-3844,74	-0,144	559,23	-3885,2	-3050,025	2406,68
73,084	25,405	32,9389	-1367,7	0,10679	31,2022	1469,69	-4452,58	-4421,38	-4421,38	-0,099	437,46	-4443	-4005,116	1923,27
40,549	12,641	16,1419	-653,75	0,10679	31,2022	1456	-4817,56	-4786,36	-4786,36	-0,05	239,57	-4792,4	-4672,043	1067,07
9E-14	1E-14	4,1E-14	-4E-13	0,10679	31,2022	1440,55	-4942,49	-4911,29	-4911,29	-1E-16	7E-13	-4911,3	-4911,29	2,4E-12
0	1E-14	4,1E-14	-4E-13	0,10679	31,2022	1423,33	-4942,49	-4911,29	-4911,29	0	0	-4911,3	-4911,29	0

Таблица Б2 - Нагрузки на коренные и шатунные шейки

Нагрузки			1-я кор. шейка	Первый кривошип				Вторая коренная шейка			Второй кривошип			Третья коренная шейка			Третий кривошип		
T1, Н	Ркшпр3	Рк.ш2,4 Н	Рк.ш1, Н	φ _{кв} , град	Рк1, Н	T1, Н	Крк1, Н	Тк2, Н	Кк2, Н	Рк.ш2, Н	φ _{кв} , град	T2, Н	Крк2, Н	Тк3, Н	Кк3, Н	Рк.ш3, Н	φ _{кв} , град	T3, Н	Крк3, Н
0	1260,167182	2235,48953	7279,79	0	14559,58	0	-14559,58	1,6E-13	1117,7	1117,74	180	3,3E-13	-12324,09	7,1E-13	-12460,17	12460,17	540	1,08E-12	-12596,24
-538,6586	1213,873159	2068,395609	7202,77	10	14405,54	-1077,32	-14365,2	371,193	1020,5	1085,96	190	-334,93	-12324,1	-345,566	-12409,06	12413,87	550	-356,201	-12494,03
-981,6291	1150,609992	1590,772327	6938,13	20	13876,26	-1963,26	-13736,67	642,775	719,6	964,872	200	-677,71	-12297,48	-686,415	-12331,52	12350,61	560	-695,122	-12365,56
-1234,986	1094,296575	1166,744541	6507,53	30	13015,05	-2469,97	-12778,53	722,258	278,27	774,009	210	-1025,5	-12221,99	-1036,81	-12250,5	12294,3	570	-1048,17	-12279,01
-1265,307	968,4818228	1403,113004	5996,15	40	11992,3	-2530,61	-11722,25	585,377	-172,85	610,362	220	-1359,9	-12067,95	-1372,71	-12090,81	12168,48	580	-1385,56	-12113,67
-1081,103	742,797547	1951,227513	5488,71	50	10977,43	-2162,21	-10762,38	258,431	-524,44	584,654	230	-1645,3	-11811,25	-1657,49	-11827,22	11942,8	590	-1669,64	-11843,19
-734,9811	407,6013977	2322,232594	5082,28	60	10164,55	-1469,96	-10057,7	-189,821	-702,09	727,299	240	-1849,6	-11461,88	-1847,34	-11459,66	11607,6	600	-1845,07	-11457,43
-306,2402	-44,35389	2320,314073	4856,86	70	9713,727	-612,48	-9694,398	-646,764	-661,63	925,23	250	-1906	-11017,65	-1876,77	-10996,64	11155,65	610	-1847,53	-10975,64
123,0431	-572,252581	1962,792325	4839,66	80	9679,326	246,0862	-9676,198	-1007,06	-426,21	1093,54	260	-1768	-10528,62	-1694,16	-10491,85	10627,75	620	-1620,3	-10455,07
485,26928	-1086,05246	1428,399441	4993,65	90	9987,309	970,5386	-9940,04	-1196,24	-67,847	1198,16	270	-1421,9	-10075,73	-1278,97	-10032,76	10113,95	630	-1135,99	-9989,777
753,91608	-1453,88471	1116,286941	5253,91	100	10507,82	1507,832	-10399,07	-1208,51	323,84	1251,14	280	-909,18	-9751,39	-663,352	-9723,514	9746,115	640	-417,522	-9695,638
872,94857	-1547,39906	1324,419171	5520,76	110	11041,52	1745,897	-10902,62	-1043,11	639,97	1223,79	290	-340,33	-9622,673	55,1455	-9652,443	9652,601	650	450,6224	-9682,214
878,11895	-1325,89152	1695,817649	5752,58	120	11505,17	1756,238	-11370,33	-825,081	846,25	1181,9	300	106,077	-9677,836	717,156	-9848,031	9874,108	660	1328,235	-10018,22
797,4286	-911,364243	2002,780235	5926,33	130	11852,67	1594,857	-11744,88	-696,502	996,29	1215,61	310	201,852	-9752,297	1123,39	-10227,12	10288,64	670	2044,924	-10701,95
663,89104	-618,607342	2621,886947	6042,02	140	12084,04	1327,782	-12010,87	-811,871	1302,6	1534,86	320	-295,96	-9405,739	1072,11	-10526,94	10581,39	680	2440,184	-11648,14
503,27313	4029,386871	49057,19563	6108,04	150	12216,07	1006,546	-12174,53	-15075,5	19731	24830,9	330	-29144	27286,96	-13368,9	7294,3206	15229,39	690	2406,68	-12698,32
334,27529	19735,85249	85506,47386	6139,95	160	12279,9	668,5506	-12261,69	-18329,8	38781	42895	340	-35991	65301,19	-17033,9	25823,892	30935,85	700	1923,274	-13653,41

166,32244	15715,88693	79857,56439	6155,17	170	12310,33	332,6449	-12305,84	-8768,23	38991	39964,9	350	-17204	65676,59	-8068,37	25678,129	26915,89	710	1067,071	-14320,34
1,639E-13	-897,82596	47488,02269	6162,05	180	12324,09	3,28E-13	-12324,09	-5,7E-12	23744	23744	360	-1E-11	35163,93	-4,3E-12	10302,174	10302,17	720	2,41E-12	-14559,58
-167,4655	-8459,57041	25222,83181	6164,33	190	12328,65	-334,931	-12324,1	2684,33	12358	12645,9	370	5033,74	12391,34	2516,87	-1084,123	2740,43	0	0	-14559,58
-338,8537	-4088,57002	13896,1004	6158,07	200	12316,14	-677,707	-12297,48	2819,39	6490,2	7076,11	380	4961,07	682,8646	1941,87	-6841,167	7111,43	10	-1077,32	-14365,2
-512,7279	-4725,00493	21279,11686	6132,47	210	12264,94	-1025,46	-12221,99	6459,08	8822,8	10934,4	390	11892,7	5423,529	4964,72	-4156,573	6474,995	20	-1963,26	-13736,67
-679,9302	-2932,82711	12859,9548	6072,16	220	12144,32	-1359,86	-12067,95	5007,06	4756,1	6905,88	400	8654,25	-2555,723	3092,14	-7667,126	8267,173	30	-2469,97	-12778,53
-822,672	-1969,63536	8494,582159	5962,65	230	11925,3	-1645,34	-11811,25	4059,93	2749,5	4903,33	410	6474,51	-6312,278	1971,95	-9017,264	9230,365	40	-2530,61	-11722,25
-924,802	-1600,11715	6176,347401	5805,08	240	11610,16	-1849,6	-11461,88	3543,87	1636,2	3903,37	420	5238,14	-8189,394	1537,97	-9475,886	9599,883	50	-2162,21	-10762,38
-953,0037	-1392,82624	4945,655571	5590,65	250	11181,3	-1906,01	-11017,65	3271,75	859,23	3382,7	430	4637,5	-9299,195	1583,77	-9678,447	9807,174	60	-1469,96	-10057,7
-884,0139	-1103,78018	4391,8422	5338,02	260	10676,04	-1768,03	-10528,62	3071,52	192,11	3077,52	440	4375	-10144,4	1881,26	-9919,401	10096,22	70	-612,48	-9694,398
-710,9698	-664,467211	4301,571479	5087,79	270	10175,57	-1421,94	-10075,73	2820,28	-420,35	2851,43	450	4218,62	-10916,43	2232,35	-10296,31	10535,53	80	246,0862	-9676,198
-454,5904	-120,683298	4444,810791	4896,84	280	9793,683	-909,181	-9751,39	2464,16	-949,05	2640,61	460	4019,15	-11649,5	2494,84	-10794,77	11079,32	90	970,5386	-9940,04
-170,1657	450,908648	4579,733318	4814,34	290	9628,69	-340,331	-9622,673	2023,75	-1344,5	2429,67	470	3707,18	-12311,69	2607,51	-11355,38	11650,91	100	1507,832	-10399,07
53,038356	943,7217049	4566,813868	4839,21	300	9678,417	106,0767	-9677,836	1584,74	-1591,1	2245,67	480	3275,55	-12860,06	2510,72	-11881,34	12143,72	110	1745,897	-10902,62
100,92612	1324,589059	4467,335213	4877,19	310	9754,386	201,8522	-9752,297	1276,33	-1758,5	2172,89	490	2754,52	-13269,36	2255,38	-12319,85	12524,59	120	1756,238	-11370,33
-147,9799	1583,417091	4677,871995	4705,2	320	9410,394	-295,96	-9405,739	1241,74	-2067,4	2411,69	500	2187,51	-13540,62	1891,19	-12642,75	12783,42	130	1594,857	-11744,88
-14572,23	1561,592069	40671,4539	19962,3	330	39924,64	-29144,5	27286,96	15311,2	-20322	25444,6	510	1477,94	-13357,63	1402,86	-12684,25	12761,59	140	1327,782	-12010,87
-17995,53	1440,375173	78342,69915	37281,4	340	74562,74	-35991,1	65301,19	18428,9	-39169	43287,8	520	866,814	-13036,71	936,68	-12605,62	12640,38	150	1006,546	-12174,53
-8601,91	1463,629091	78719,6994	33946,2	350	67892,46	-17203,8	65676,59	8814,3	-39359	40334,2	530	424,786	-13041,96	546,668	-12651,82	12663,63	160	668,5506	-12261,69
-5,49E-12	1252,149371	47760,17197	17582	360	35163,93	-1,1E-11	35163,93	6E-12	-23880	23880,1	540	1,1E-12	-12596,24	166,322	-12451,04	12452,15	170	332,6449	-12305,84
2516,8692	1210,336873	24887,90944	6687,37	370	13374,74	5033,738	12391,34	-2694,97	-12443	12731,2	550	-356,2	-12494,03	-178,1	-12409,06	12410,34	180	3,28E-13	-12324,09
2480,5328	1155,567632	13066,92487	2503,92	380	5007,841	4961,066	682,8646	-2828,09	-6524,2	7110,8	560	-695,12	-12365,56	-515,027	-12344,83	12355,57	190	-334,931	-12324,1
5946,3513	1118,507604	17733,53947	6535,5	390	13071	11892,7	5423,529	-6470,44	-8851,3	10964,1	570	-1048,2	-12279,01	-862,94	-12288,24	12318,51	200	-677,707	-12297,48
4327,1248	1027,401328	9657,850517	4511,87	400	9023,733	8654,25	-2555,723	-5019,9	-4779	6930,95	580	-1385,6	-12113,67	-1205,51	-12167,83	12227,4	210	-1025,46	-12221,99
3237,2537	851,1449254	5777,429897	4521,18	410	9042,35	6474,507	-6312,278	-4072,07	-2765,5	4922,35	590	-1669,6	-11843,19	-1514,75	-11955,57	12051,14	220	-1359,86	-12067,95
2619,0694	564,5084171	3752,91481	4860,67	420	9721,331	5238,139	-8189,394	-3541,6	-1634	3900,38	600	-1845,1	-11457,43	-1745,21	-11634,34	11764,51	230	-1645,34	-11811,25
2318,7511	170,0385824	2494,763073	5195,71	430	10391,41	4637,502	-9299,195	-3242,52	-838,22	3349,11	610	-1847,5	-10975,64	-1848,57	-11218,76	11370,04	240	-1849,6	-11461,88
2187,5016	-319,830456	1649,81132	5523,8	440	11047,6	4375,003	-10144,4	-2997,65	-155,33	3001,67	620	-1620,3	-10455,07	-1763,15	-10736,36	10880,17	250	-1906,01	-11017,65

2109,3098	-838,555294	1466,002915	5851,61	450	11703,21	4218,62	-10916,43	-2677,31	463,33	2717,1	630	-1136	-9989,777	-1452,01	-10259,2	10361,44	260	-1768,03	-10528,62
2009,5732	-1271,62216	1997,97055	6161,66	460	12323,32	4019,146	-11649,5	-2218,33	976,93	2423,92	640	-417,52	-9695,638	-919,731	-9885,686	9928,378	270	-1421,94	-10075,73
1853,5889	-1480,49326	2667,805169	6428,86	470	12857,71	3707,178	-12311,69	-1628,28	1314,7	2092,8	650	450,622	-9682,214	-229,279	-9716,802	9719,507	280	-909,181	-9751,39
1637,7752	-1367,13634	3136,916119	6635,33	480	13270,66	3275,55	-12860,06	-973,658	1420,9	1722,5	660	1328,23	-10018,22	493,952	-9820,449	9832,864	290	-340,331	-9622,673
1377,2582	-953,508495	3282,273394	6776,12	490	13552,24	2754,516	-13269,36	-354,796	1283,7	1331,83	670	2044,92	-10701,95	1075,5	-10189,89	10246,49	300	106,0767	-9677,836
1093,7569	-418,545654	3088,040772	6858,09	500	13716,18	2187,514	-13540,62	126,335	946,24	954,639	680	2440,18	-11648,14	1321,02	-10700,22	10781,45	310	201,8522	-9752,297
738,96807	-97,697674	2495,35649	6719,57	510	13439,15	1477,936	-13357,63	464,372	329,66	569,487	690	2406,68	-12698,32	1055,36	-11052,03	11102,3	320	-295,96	-9405,739
433,40718	4022,239034	2019,726749	6532,75	520	13065,5	866,8144	-13036,71	528,23	-308,35	611,641	700	1923,27	-13653,41	-13610,6	6816,7756	15222,24	330	-29144,5	27286,959
212,39282	19697,94873	1665,1981	6524,44	530	13048,88	424,7856	-13041,96	321,143	-639,19	715,328	710	1067,07	-14320,34	-17462	25490,428	30897,95	340	-35991,1	65301,192
5,418E-13	15767,20349	1963,34024	6298,12	540	12596,24	1,08E-12	-12596,24	6,6E-13	-981,67	981,67	720	2,4E-12	-14559,58	-8601,91	25558,506	26967,2	350	-17203,8	65676,593
-178,1003	-897,82596	2065,556902	6249,55	550	12499,1	-356,201	-12494,03	178,1	-1032,8	1048,02	0	0	-14559,58	-5,5E-12	10302,174	10302,17	360	-1,1E-11	35163,93
-347,5611	-8989,26464	2271,381131	6192,54	560	12385,08	-695,122	-12365,56	-191,098	-999,82	1017,92	10	-1077,3	-14365,2	1978,21	-986,9314	2210,735	370	5033,738	12391,335
-524,0861	-4503,19509	2445,23559	6161,83	570	12323,66	-1048,17	-12279,01	-457,543	-728,83	860,549	20	-1963,3	-13736,67	1498,9	-6526,905	6696,805	380	4961,066	682,86461
-692,778	-5223,29772	2557,890766	6096,33	580	12192,65	-1385,56	-12113,67	-542,208	-332,43	636,003	30	-2470	-12778,53	4711,37	-3677,5	5976,702	390	11892,7	5423,5288
-834,8208	-3432,1263	2533,50208	5980,15	590	11960,3	-1669,64	-11843,19	-430,486	60,47	434,712	40	-2530,6	-11722,25	3061,82	-7138,987	7767,874	400	8654,25	-2555,723
-922,5347	-2394,60682	2271,176432	5802,52	600	11605,05	-1845,07	-11457,43	-158,569	347,53	381,995	50	-2162,2	-10762,38	2156,15	-8537,328	8805,393	410	6474,507	-6312,278
-923,7668	-1883,94483	1733,03302	5565,03	610	11130,05	-1847,53	-10975,64	188,786	458,97	496,28	60	-1470	-10057,7	1884,09	-9123,546	9316,055	420	5238,139	-8189,394
-810,149	-1492,30486	976,6011902	5289,94	620	10579,88	-1620,3	-10455,07	503,909	380,33	631,331	70	-612,48	-9694,398	2012,51	-9496,797	9707,695	430	4637,502	-9299,195
-567,9973	-1023,91657	398,6107212	5027,08	630	10054,16	-1135,99	-9989,777	691,04	156,79	708,604	80	246,086	-9676,198	2310,54	-9910,301	10176,08	440	4375,003	-10144,4
-208,7612	-453,842436	1000,838462	4852,31	640	9704,624	-417,522	-9695,638	694,031	-122,2	704,707	90	970,539	-9940,04	2594,58	-10428,23	10746,16	450	4218,62	-10916,43
225,31119	165,3715766	1669,562353	4846,35	650	9692,694	450,6224	-9682,214	528,605	-358,43	638,665	100	1507,83	-10399,07	2763,49	-11024,28	11365,37	460	4019,146	-11649,5
664,11741	723,0864734	1957,117544	5052,95	660	10105,89	1328,235	-10018,22	208,831	-442,2	489,028	110	1745,9	-10902,62	2726,54	-11607,15	11923,09	470	3707,178	-12311,69
1022,4618	1173,670706	1879,125221	5447,78	670	10895,57	2044,924	-10701,95	-144,343	-334,19	364,033	120	1756,24	-11370,33	2515,89	-12115,2	12373,67	480	3275,55	-12860,06
1220,092	1494,774431	1597,788559	5950,5	680	11900,99	2440,184	-11648,14	-422,663	-48,37	425,422	130	1594,86	-11744,88	2174,69	-12507,12	12694,77	490	2754,516	-13269,36
1203,3399	1696,085235	1495,18951	6462,19	690	12924,37	2406,68	-12698,32	-539,449	343,72	639,65	140	1327,78	-12010,87	1757,65	-12775,75	12896,09	500	2187,514	-13540,62
961,63681	1626,380842	1788,911648	6894,1	700	13788,2	1923,274	-13653,41	-458,364	739,44	869,98	150	1006,55	-12174,53	1242,24	-12766,08	12826,38	510	1477,936	-13357,63
533,53543	1472,473876	2164,483184	7180,02	710	14360,04	1067,071	-14320,34	-199,26	1029,3	1048,43	160	668,551	-12261,69	767,682	-12649,2	12672,47	520	866,8144	-13036,71
1,203E-12	1479,55459	2278,163138	7279,79	720	14559,58	2,41E-12	-14559,58	166,322	1126,9	1139,08	170	332,645	-12305,84	378,715	-12673,9	12679,55	530	424,7856	-13041,96

Таблица Б3 - Таблица крутящего момента двигателя с шагом в 10 градусов ПКВ

1-й		2-й		3-й		4-й		
Мкр.ц , Нм	φ° кривош	Мкр.ц , Нм	φ° кривош	Мкр.ц , Нм	φ° кривош	Мкр.ц , Нм	φ° кривош	Мкр. , Нм
0	0,0	1,86E-14	180,0	-1,6E-13	360,0	6,06E-14	540,0	-8,2E-14
-61,7772	10,0	-18,8159	190,0	84,692	370,0	-20,1678	550,0	-16,0688
-111,398	20,0	-38,1008	200,0	196,6959	380,0	-40,7166	560,0	6,480863
-139,526	30,0	-57,7468	210,0	167,2159	390,0	-61,5385	570,0	-91,5955
-141,729	40,0	-76,7528	220,0	133,7212	400,0	-81,6247	580,0	-166,386
-119,257	50,0	-92,7112	230,0	117,6368	410,0	-98,8384	590,0	-193,17
-78,337	60,0	-103,927	240,0	121,2231	420,0	-109,992	600,0	-171,033
-28,2463	70,0	-106,326	250,0	137,9166	430,0	-111,341	610,0	-107,997
21,21328	80,0	-96,9488	260,0	158,4546	440,0	-99,5264	620,0	-16,8074
62,03231	90,0	-74,5736	270,0	174,5935	450,0	-72,8294	630,0	89,22285
89,44341	100,0	-40,9492	280,0	181,084	460,0	-32,396	640,0	197,1822
102,225	110,0	-1,48734	290,0	176,1664	470,0	17,07241	650,0	293,9765
102,0204	120,0	35,0601	300,0	160,9569	480,0	67,61203	660,0	365,6494
92,12342	130,0	58,21937	310,0	138,254	490,0	109,438	670,0	398,0348
76,22788	140,0	58,83301	320,0	103,956	500,0	133,2579	680,0	372,2748
57,48651	150,0	-155,033	330,0	71,30844	510,0	132,7957	690,0	106,5576
38,0162	160,0	-230,376	340,0	46,75047	520,0	106,7266	700,0	-38,8826
18,81788	170,0	-172,888	350,0	20,86388	530,0	59,38656	710,0	-73,8198
1,86E-14	180,0	-1,6E-13	360,0	6,06E-14	540,0	1,34E-13	720,0	5,16E-14

Таблица Б4 - Таблица сил, действующих на шатунную шейку КВ с шагом в 10 градусов ПКВ

P_T , (кН)	P_K , (кН)	P_{K_1} , кН	$R_{ш.ш.}$, (кН)	K_{PK} , (кН)	R_k , (кН)
0	-7,97406	-12,9695	12,9695	-22,3652	22,36521
-1,740203	-7,58579	-12,5812	12,7010	-21,9769	22,04573
-3,137961	-6,50305	-11,4985	11,9189	-20,8942	21,12852
-3,930311	-4,95253	-9,94793	10,6962	-19,3437	19,73893
-3,992378	-3,24796	-8,24336	9,1593	-17,6391	18,08528
-3,359352	-1,71255	-6,70796	7,5021	-16,1037	16,45037
-2,206677	-0,60288	-5,59829	6,0175	-14,994	15,15555
-0,795671	-0,05559	-5,051	5,1133	-14,4467	14,46864
0,597557	-0,07119	-5,0666	5,1017	-14,4623	14,47468
1,747389	-0,53626	-5,53167	5,8011	-14,9274	15,02934
2,519533	-1,27238	-6,26778	6,7552	-15,6635	15,86487
2,879578	-2,0924	-7,08781	7,6504	-16,4836	16,73319
2,873813	-2,84578	-7,84119	8,3512	-17,2369	17,47486
2,595026	-3,44223	-8,43763	8,8277	-17,8334	18,0212
2,147264	-3,85317	-8,84858	9,1054	-18,2443	18,37025
1,619338	-4,09738	-9,09278	9,2359	-18,4885	18,55931
1,070879	-4,21938	-9,21479	9,2768	-18,6105	18,64132
0,530081	-4,26806	-9,26346	9,2786	-18,6592	18,66674
5,24E-16	-4,27971	-9,27511	9,2751	-18,6709	18,67086
-0,530024	-4,2676	-9,26301	9,2782	-18,6588	18,66628
-1,073262	-4,22877	-9,22418	9,2864	-18,6199	18,65083
-1,626672	-4,11593	-9,11134	9,2554	-18,5071	18,57844
-2,162052	-3,87971	-8,87511	9,1347	-18,2709	18,39834
-2,611584	-3,46419	-8,4596	8,8535	-17,8553	18,04532

-2,927512	-2,89896	-7,89436	8,4197	-17,2901	17,5362
-2,995105	-2,17635	-7,17175	7,7720	-16,5675	16,83605
-2,730953	-1,37914	-6,37455	6,9349	-15,7703	16,00501
-2,100664	-0,64468	-5,64009	6,0186	-15,0358	15,18187
-1,153497	-0,13742	-5,13283	5,2608	-14,5286	14,5743
-0,041897	0,002927	-4,99248	4,9927	-14,3882	14,38829
0,987608	-0,26982	-5,26523	5,3571	-14,661	14,6942
1,639982	-0,83604	-5,83145	6,0577	-15,2272	15,31525
1,657268	-1,34825	-6,34366	6,5566	-15,7394	15,82642
-4,367126	5,502954	0,507549	4,3965	-8,8882	9,903124
-6,48946	13,44863	8,453225	10,6569	-0,94252	6,557549
-4,870087	21,22939	16,23398	16,9487	6,838236	8,39519
-4,54E-15	18,53128	13,53588	13,5359	4,14013	4,14013
2,38569	10,39956	5,404152	5,9073	-3,9916	4,650199
1,626349	4,629893	-0,36551	1,6669	-9,76126	9,895818
5,54073	11,4825	6,487095	8,5312	-2,90865	6,257791
4,710308	5,935392	0,939986	4,8032	-8,45576	9,679199
3,766795	3,064435	-1,93097	4,2329	-11,3267	11,93664
3,313711	1,689288	-3,30612	4,6809	-12,7019	13,127
3,414735	0,932937	-4,06247	5,3070	-13,4582	13,88467
3,884974	0,27143	-4,72398	6,1163	-14,1197	14,64444
4,46351	-0,53177	-5,52717	7,1044	-14,9229	15,57615
4,918127	-1,50934	-6,50475	8,1547	-15,9005	16,64373
5,100957	-2,57601	-7,57141	9,1294	-16,9672	17,71734
4,962435	-3,60587	-8,60128	9,9301	-17,997	18,66866
4,533998	-4,48977	-9,48518	10,5131	-18,8809	19,41768
3,894479	-5,16591	-10,1613	10,8821	-19,5571	19,94106
2,928338	-5,25477	-10,2502	10,6603	-19,6459	19,86297
2,008688	-5,08254	-10,0779	10,2762	-19,4737	19,57702
1,316915	-5,18879	-10,1842	10,2690	-19,5799	19,62418
0,587715	-4,73211	-9,72752	9,7453	-19,1233	19,13229
1,71E-15	-4,6411	-9,63651	9,6365	-19,0323	19,03225
-0,568107	-4,57423	-9,56964	9,5865	-18,9654	18,97389
-1,146947	-4,5191	-9,5145	9,5834	-18,9103	18,945
-1,733479	-4,38618	-9,38159	9,5404	-18,7773	18,85718
-2,299288	-4,12597	-9,12138	9,4067	-18,5171	18,65933
-2,784182	-3,69314	-8,68854	9,1237	-18,0843	18,29736
-3,098371	-3,06815	-8,06355	8,6383	-17,4593	17,73209
-3,136375	-2,279	-7,2744	7,9217	-16,6702	16,96263
-2,803561	-1,41581	-6,41122	6,9974	-15,807	16,05366
-2,051532	-0,6296	-5,62501	5,9874	-15,0208	15,16021
-0,912564	-0,10872	-5,10413	5,1851	-14,4999	14,52856
0,480913	-0,0336	-5,02901	5,0519	-14,4248	14,43277
1,904564	-0,52034	-5,51575	5,8353	-14,9115	15,03264
3,082761	-1,57155	-6,56696	7,2545	-15,9627	16,25766
3,753744	-3,05382	-8,04922	8,8815	-17,445	17,84426
3,740723	-4,71363	-9,70904	10,4047	-19,1048	19,46756
3,006382	-6,23037	-11,2258	11,6214	-20,6215	20,83952
1,672861	-7,29224	-12,2876	12,4010	-21,6834	21,74782

ПРИЛОЖЕНИЕ В - Схемы впускных каналов

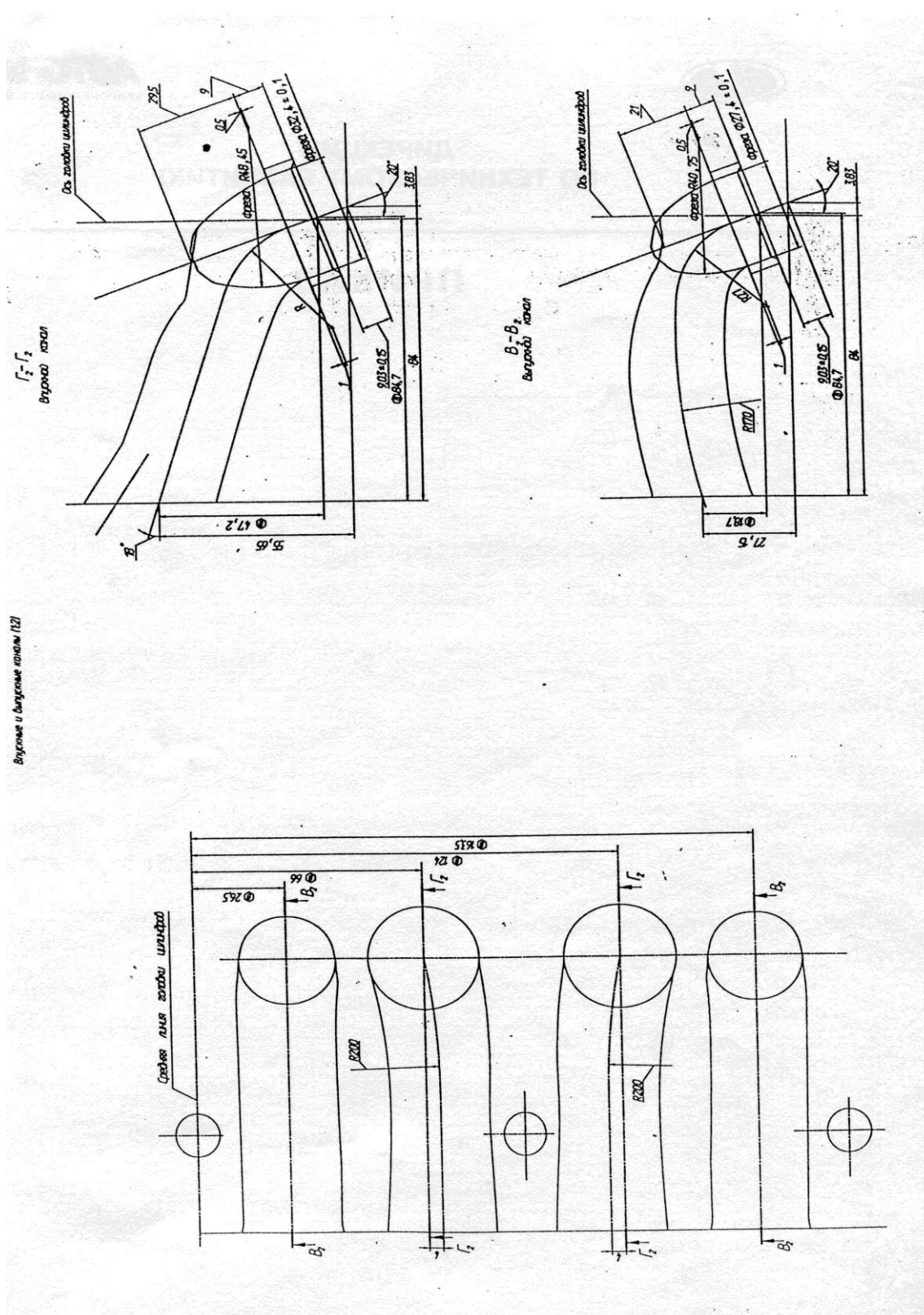


Рисунок В1- Схема первого варианта модернизированных впускных каналов

Рисунок В3 - Схема третьего варианта модернизированных впускных каналов

