

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

Институт энергетики и электротехники

(наименование института полностью)

Кафедра «Энергетические машины и системы управления»

(наименование кафедры)

13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Двигатели внутреннего сгорания

(направленность (профиль/специализация))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Дизельный двигатель с улучшенными экологическими
показателями по содержанию сажи в ОГ

Студент

А.В. Жердев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.В. Смоленский

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

М.И. Фесина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.Н. Брега

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., Д.А. Павлов

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)
Кафедра «Энергетические машины и системы управления»
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ЭМиСУ

_____ Д.А. Павлов
(подпись) (И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 2017г

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Жердев Андрей Владимирович

1. Тема Дизельный двигатель с улучшенными экологическими показателями по содержанию сажи в ОГ

2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 16-22 июня 2017 года,

3. Исходные данные к бакалаврской работе $V_L = 1.52$ л; $n_N = 5600$ мин⁻¹; $i = 4$ – число цилиндров; $\tau = 4$ – тактность; $\varepsilon = 25$ – степень сжатия.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) Тепловой расчет двигателя, Расчет кинематики и динамики двигателя, Расчет поршневой группы, Описание конструкции спроектированной двигателя, Безопасность и экологичность проекта

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала _____
Продольный и поперечный разрез двигателя, Лист диаграмм теплового расчета
Лист диаграмм ВСХ, Лист диаграмм кинематического и динамического расчета
Лист спец части

6. Консультанты по разделам – д.т.н., профессор Егоров А.Г.
к.т.н., профессор Фесина М.И.

7. Дата выдачи задания « _____ » _____ 201__ г.

Руководитель бакалаврской работы _____

(подпись)

В.В. Смоленский

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению _____

(подпись)

А.В. Жердев

(И.О. Фамилия)

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

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)
Кафедра «Энергетические машины и системы управления»
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ЭМиСУ

_____ Д.А. Павлов
(подпись) (И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 2017г

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Жердева Андрея Владимировича

по теме Дизельный двигатель с улучшенными экологическими показателями по содержанию сажи в ОГ

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Лит. обзор по теме работы	30 апреля 2017 г.			
Тепловой расчет двигателя	5 мая 2017 г.			
Расчет кинематики двигателя	11 мая 2017 г.			
Расчет динамики двигателя	15 мая 2017 г.			
Описание конструкции спроектированного ДВС	20 мая 2017 г.			
Безопасность и экологичность	30 мая 2017 г.			
Предварительная защита и корректировка ВКР	30-13 июня 2017			
Защита перед ГИК	26-29 июня 2017			

Руководитель бакалаврской работы

_____ (подпись)

В.В. Смоленский

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

А.В. Жердев

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Улучшение экологических показателей по содержанию сажи в отработавших газах (ОГ) дизельного двигателя является значимой и актуальной задачей. Поэтому в бакалаврской работе представлен способ улучшения экологических показателей по содержанию сажи в ОГ дизельного двигателя с помощью применения добавки водорода, позволяющей активировать процесс сгорания и повысить полноту сгорания, что снижает содержание сажи.

По этому в данном бакалаврской работе представлены результаты проектирования дизельного двигателя с системой подачи водорода. Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка состоит из следующих разделов:

- Обоснование эффективности применения добавки водорода в дизельных двигателях для снижения содержания сажи в ОГ.
- 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 уравновешивания двигателя.
- В разделе специальной части, проведен анализ эффективности применения водорода, с оценкой его необходимого количества для снижения содержанию сажи в ОГ.

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

Improving the environmental performance of the content of soot in exhaust gases (EXHAUST gas) diesel engine is an important and urgent task. Therefore, in the undergraduate paper presents the method of improving the environmental performance of the soot in the EXHAUST gas of the diesel engine through the use of the addition of hydrogen allows the activation of the combustion process and improve the completeness of combustion, reducing soot.

Therefore, in this undergraduate work presents the results of designing a diesel engine with a hydrogen system. Bachelor work consists of the explanatory note and graphic part. The explanatory note consists of the following sections:

- Justification of the effectiveness of the addition of hydrogen to diesel engines to reduce soot in the EXHAUST gas.
- Thermal calculation and heat balance of the engine, where the calculation of the main parameters of the designed engine.
- Kinematic calculation shows the change in the kinematic parameters of the piston group.
- Dynamic analysis, where you define the force and load force in the crank mechanism and the conditions for balancing the engine.
- In the section of the special part, the analysis of efficiency of use of hydrogen, with an estimate of its required amount to reduce the soot contents in the EXHAUST gas.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Обзор применяемых технологий организации процесса сгорания в дизельном двигателе	9
2 Тепловой расчет двигателя.....	18
2.10 Тепловой баланс двигателя.....	18
3 Кинематический расчет.....	18
4 Динамический расчет.....	20
5 Спец. Часть.....	22
5.1 Расчет топливоподачи форсунки	23
5.2 Описание проектируемого двигателя	26
6 Безопасность и экологичность проекта.....	28
6.1 Нормы по ограничению токсичности отработавших газов автотранспортных ДВС	29
6.2 Нормы по ограничению шума автотранспортных ДВС.....	31
6.3 Выводы по разделу безопасность и экологичность	33
Заключение	34
Список использованных источников.....	34
Приложение А - Результаты теплового расчета.....	35
Приложение Б - Результаты кинематического расчета.....	61
Приложение В - Результаты динамического расчета.....	72
Приложение Г - Результаты расчетов сил действующих в КШМ.....	74

ВВЕДЕНИЕ

Смесеобразование в дизельных двигателях протекает за очень короткий промежуток времени, примерно в десять раз меньший, чем в бензиновых. Поэтому получение однородной смеси в камере сгорания таких двигателей представляет значительно более трудную задачу, чем в бензиновых. Для обеспечения своевременного и полного сгорания топлива необходимо вводить значительный избыток воздуха ($\alpha = 1,25 - 1,75$) и применять ряд других мер, обеспечивающих хорошее перемешивание воздуха и топлива.

Чтобы уменьшить коэффициент избытка воздуха, α , следовательно, повысить среднее эффективное давление и литровую мощность, необходимо улучшить качество смесеобразования за счет: – согласования формы камеры сгорания с формой топливного факела, выбрасываемого из форсунки при подаче топлива; – создания в камере сгорания интенсивных воздушных потоков вихрей, которые способствуют перемешиванию топлива с воздухом; – осуществления тонкого и однородного распыливания топлива.

Выполнение первых двух условий обеспечивается применением камер сгорания специальных форм. Тонкость и однородность распыливания топлива улучшается с увеличением давления впрыска, уменьшением диаметра соплового отверстия форсунки и вязкости топлива.

По способу смесеобразования дизельные двигатели бывают с неразделенными и разделенными камерами сгорания.

Неразделенные камеры представляют собой единый объем, ограниченный днищем поршня и поверхностями головки и стенок цилиндра. В этот объем через форсунку впрыскивается топливо в виде одной или нескольких струй, и в нем происходят процессы смесеобразования и сгорания. Для улучшения смесеобразования форму камеры сгорания стремятся согласовать с формой струи топлива, подаваемого форсункой, а воздушный поток заставляют вращаться вокруг вертикальной оси цилиндра и образовывать дополнительно кольцевой вихрь.

1 Обзор применяемых технологий организации процесса сгорания в дизельном двигателе

<p>Realisation and analysis of a new thermodynamic cycle for internal combustion engine</p>	<p>Реализация и анализ нового термодинамического цикла для двигателя внутреннего сгорания</p>
<p>Abstract: This paper presents description and thermodynamic analysis of a new thermodynamic cycle. Realization of this new cycle is possible to achieve with valveless internal combustion engine with more complete expansion. The main purpose of this new internal combustion engine is to increase engines thermal efficiency. The engine was designed so that the thermodynamic changes of the working fluid are different than in conventional engines. Specific differences are reflected in a more complete expansion of the working fluid (the expansion stroke is larger than compression stroke), valveless gas flowing and complete discharge of residual combustion products from the combustion chamber. In this concept, the movement of the piston is different than in conventional piston mechanisms. The results obtained herein include the efficiency characteristics of irreversible reciprocating new engine cycle which is very similar to Miller cycle. The results show that with this thermodynamic cycle engine has higher efficiency than with the standard Otto cycle. In this article, the patent application material under number 2008/607 at the Intellectual Property Office of the Republic of Serbia was used.</p> <p>Key words: efficiency, internal combustion engine, Miller cycle</p> <p>Introduction. During its 135 years long history, a reciprocating four stroke piston internal combustion engine has evolved in a very mature thermal machine which has excluded all the alternatives offered for motor vehicle's drive. The main goal of its further development is to harmonize the growing traffic with environmental and energy consumption. Nowadays, there is a very large number of internal combustion engines, which</p>	<p>Аннотация: В данной статье представлено описание и термодинамический анализ нового термодинамического цикла. Реализация этого нового цикла возможна с помощью бесклапанного двигателя внутреннего сгорания с более полным расширением. Главной целью этого нового двигателя внутреннего сгорания является увеличение теплового КПД двигателей. Двигатель был разработан таким образом, что термодинамические изменения рабочей жидкости отличаются от обычных двигателей. Конкретные различия отражены в более полном расширении рабочей жидкости (такт расширения больше, чем при такте сжатия), бесклапаном протекании газа и полном выделении остаточных продуктов сгорания из камеры сгорания. В этой концепции движение поршня отличается от обычного поршневого механизма. Полученные здесь результаты включают в себя характеристики эффективности необратимого возвратно-поступательного нового цикла двигателя, который очень похож на цикл Миллера. Результаты показывают, что с этим термодинамическим циклом двигатель имеет более высокую эффективность, чем при стандартном цикле Отто. В этой статье был использован материал патентной заявки под номером 2008/607 в Управлении интеллектуальной собственности Республики Сербии.</p> <p>Ключевые слова: эффективность, двигатель внутреннего сгорания, цикл Миллера</p> <p>Введение. За свою 135-летнюю историю поршневой четырехтактный двигатель внутреннего сгорания развился в очень зрелой термической машине, которая исключила все альтернативы, предлагаемые для привода автомобиля. Основная цель его дальнейшего развития - гармонизация растущего трафика с экологическими и энергопотреблениями. В настоящее время существует очень большое количество двигателей внутреннего сгорания, которые применяются в различных областях науки и техники. В неко-</p>

are applied to various fields of science and technology. In some areas IC engines are so dominant without concurrence of other types of engines. However, construction of conventional internal combustion engines is based on inefficient thermodynamic and mechanical concept. It can be said that the main characteristics of today's engine is a very small amount of work in relation to used fuel, in other words, today's engines have a very low coefficient of efficiency. Realistically speaking Otto engines today use about 25% of input energy, while Diesel construction about 30% (in some cases can be expected a little more). Approximately 35% in Otto engine and 30% of heat in the Diesel engines goes through exhaust and around 33% goes for cooling the engine in both versions, other 7% is attributed to friction and radiation. News on limited petroleum reserves, climate changes and exhaust gas emissions do not get down the front pages of daily press. Considering the present development trends, trends for more efficient use of fuel resources, the problem of global warming and other environmental factors, development of internal combustion engines will certainly move towards the reduction of fuel consumption and pollution. In this paper one of the possible ways of reducing thermodynamic losses in the IC engine is shown. Unconventional engine cycle. The Miller cycle, named after its inventor Miller, has an expansion ratio exceeding its compression ratio. The Miller cycle, is a modern modification of the Atkinson cycle (i. e. a complete expansion cycle). In the Miller cycle, the intake valve is left open longer than it would be in an Otto cycle engine. In effect, the compression stroke is two discrete cycles: the initial portion when the intake valve is open and final portion when the intake valve is closed. In practical cycles, specific heats of the working fluid are variable and these variations will have great influences on the performance of the cycle. It can be supposed that the specific-heats of the working fluid are dependent on the temperature alone and, over the temperature ranges generally encountered for gases in heat engines (300-2200 K), the specific-heat curve is nearly a straight line,

торых областях двигатели с тактовой частотой IC доминируют без согласования с другими типами двигателей. Однако строительство обычных двигателей внутреннего сгорания основано на неэффективной термодинамической и механической концепции. Можно сказать, что основными характеристиками современного двигателя является очень небольшой объем работы по сравнению с отработавшим топливом, другими словами, современные двигатели имеют очень низкий коэффициент эффективности. Реально говоря, двигатели Отто сегодня используют около 25% входной энергии, в то время как дизельное строительство - около 30% (в некоторых случаях можно ожидать немного больше). Примерно 35% в двигателе Отто и 30% тепла в дизельных двигателях проходят через выхлопные газы, а около 33% идет на охлаждение двигателя в обеих версиях, другие 7% объясняются трением и радиацией. Новости о ограниченных запасах нефти, изменениях климата и выбросах выхлопных газов не выходят на первые полосы ежедневной прессы. Учитывая нынешние тенденции развития, тенденции более эффективного использования топливных ресурсов, проблеме глобального потепления и других факторов окружающей среды, развитие двигателей внутреннего сгорания, безусловно, будет способствовать снижению расхода топлива и загрязнения. В этом документе показан один из возможных способов уменьшения термодинамических потерь в двигателе ИС. Нетрадиционный цикл двигателя Цикл Миллера, названный в честь его изобретателя Миллера, имеет коэффициент расширения, превышающий его коэффициент сжатия. Цикл Миллера представляет собой современную модификацию цикла Аткинсона (то есть полный цикл расширения). В цикле Миллера впускной клапан остается открытым дольше, чем в циклонном двигателе Отто. Фактически, такт сжатия представляет собой два дискретных цикла: начальный участок, когда впускной клапан открыт, и конечная часть, когда впускной клапан закрыт. В практических циклах удельные теплоты рабочей жидкости являются переменными, и эти изменения будут иметь большое влияние на характеристики цикла. Можно предположить, что удельная теплоемкость рабочей жидкости зависит только от температуры и в температурных диапазонах, обычно встречающихся для газов в тепловых двигателях (300-2200 К), кривая удельной теп-

<p>which may be closely approximated.</p> <p>Conclusions</p> <p>Automobile industry is under a large pressure to keep developing automobiles with IC engines, to reduce fuel consumption and exhaust gas emissions, as well as to seek better alternatives for vehicle drive. In this article was presented one of the possible alternative for conventional internal combustion engine cycle.</p> <p>Using finite-time thermodynamics, the relations between thermal efficiency and thermodynamic constants for an ideal naturally-aspirated (air-standard) new cycle have been derived. The finite-time thermodynamic model of realistic reciprocating heat-engines is a powerful tool for understanding and optimizing the performance of a reciprocating heat-engine. In this paper was examined the thermodynamic model of a new IC engine. The engine was designed so that the changes in the thermodynamic state of the working fluid are very similar to Miller cycle. The efficiency curves are calculated and represented for few numerical examples. is very important for the environment. A slight increase in some parameters will have a significant impact on the thermal efficiency of the studied cycle. The results obtained from this research are compatible with those in the open literature, for other cycles, and may be used with assurance to provide guidance for the analysis of the behavior and design of some other practical Miller or Atkinson engines</p>	<p>лоемкости является почти прямой линией, которые могут быть близко аппроксимированы.</p> <p>Выводы Автомобильная промышленность находится под большим давлением, чтобы продолжать развивать автомобили с двигателями IC, снижать расход топлива и выбросы выхлопных газов, а также искать лучшие альтернативы для движения автомобиля. В этой статье была представлена одна из возможных альтернатив для обычного цикла двигателя внутреннего сгорания. С использованием конечно-временной термодинамики были получены соотношения между тепловой эффективностью и термодинамическими константами для идеального атмосферного (воздушно-стандартного) цикла. Конечная термодинамическая модель реалистичных поршневых тепловых двигателей является мощным инструментом для понимания и оптимизации работы возвратно-поступательного теплового двигателя. В этой статье была рассмотрена термодинамическая модель нового двигателя IC. Двигатель был спроектирован так, что изменения в термодинамическом состоянии рабочей жидкости очень похожи на цикл Миллера. Кривые эффективности вычислены и представлены для нескольких числовых примеров. Очень важно для окружающей среды. Некоторое увеличение некоторых параметров окажет существенное влияние на тепловую эффективность изучаемого цикла. Результаты, полученные в результате этих исследований, совместимы с результатами, полученными в открытой литературе для других циклов, и могут быть использованы с уверенностью для предоставления руководства для анализа поведения и конструкции некоторых других практических двигателей Миллера или Аткинсона.</p>
<p>Study Regarding the Identification of an Internal Combustion Engine</p>	<p>Исследование, касающееся идентификации внутреннего двигателя горения</p>
<p>Abstract:</p> <p>The paper presents the results of the scientific investigations performed on an Otto engine. One conducted surveys on the analytic and experimental modelling of the internal combustion engine, considered as automated system element. The results of the analytical study are concretised in the mathematical model of the engine, expressed in the operational.</p> <p>The experimental results are concretised in the indicial response in rotating speed, as</p>	<p>Аннотация:</p> <p>В статье представлены результаты научных исследований, выполненных на двигателе Отто. Были проведены исследования по аналитическому и экспериментальному моделированию двигателя внутреннего сгорания, которые рассматриваются как элементы автоматизированной системы. Результаты аналитического исследования конкретизированы в математической модели двигателя, выраженной в оперативной. Экспериментальные результаты конкретизированы в характеристическом отклике</p>

well as in the determination of the constants of interest. The investigation methods used in conducting the survey were: experimental identification based on the indicial response of the engine and the analytical identification based on the mathematical models of diverse engine subsystems.

Keywords: internal combustion engine, identification, mathematical model

1. Introduction

The article presents the results obtained from the identification study of an internal combustion engine using gasoline as fuel. The research conducted aimed at building a mathematical model for this type of engine. The mathematical model is useful for the specialists who aim at automating the operation of these engines as well as for the realisation of optimum adjustment systems. The research methods used were the inductive methods, based on observations and experiments. According to the engine operation principle and observations, one established the independent and the dependent variables, one issued working hypotheses and one forwarded a block diagram of the studied montage. Analytically, one set the transfer function of the elements presented in the engine structural diagram. After completing these stages, one proceeded to experiments on the engine, raising the indicial response in rotating speed. The results obtained from experiments allowed ANALELE UNIVERSITĂȚII "EFTIMIE MURGU" REȘIȚA ANUL XXIII, NR. 1, 2016, ISSN 1453 - 7397 321 the establishment of a mathematical model for the engine and validated the analytical model.

2. Theoretic considerations.

The Otto engine subjected to the study is a four-stroke engine with 4 cylinders in line, fuelled by gasoline.

The independent variable is the position of the flap providing the air flow necessary for the mixture with the gasoline flow.

The dependent variable is the rotating speed of the engine crankshaft. Other additional elements intervene in the study, namely forces, couples, moments, pressures, translations, masses, which concur to the transformation of the thermal energy into mechanical energy. The following hypotheses

на скорость вращения, а также в определении интересующих констант. Методами исследования, используемыми при проведении обследования, были: экспериментальная идентификация, основанная на индикативном отклике двигателя и аналитическая идентификация, основанная на математических моделях различных подсистем двигателей.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, идентификация, математическая модель

1. Введение

В статье представлены результаты исследования идентификации двигателя внутреннего сгорания с использованием бензина в качестве топлива. Исследование, проведенное с целью создания математической модели для этого типа двигателя. Математическая модель полезна для специалистов, которые стремятся автоматизировать работу этих двигателей, а также для реализации оптимальных систем регулировки. В качестве методов исследования использовались индуктивные методы, основанные на наблюдениях и экспериментах. Согласно принципу работы двигателя и наблюдениям, были установлены независимые и зависимые переменные, одна из которых выпустила рабочие гипотезы, а другая - блок-диаграмму исследуемого монтажа. Аналитически, один устанавливал передаточную функцию элементов, представленных в структурной схеме двигателя. По завершении этих этапов один из них перешел к экспериментам на двигателе, увеличив знаковый отклик во вращающемся ускорении. Результаты, полученные в результате экспериментов, позволили установить математическую модель двигателя и утвердить аналитическую модель.

2. Теоретические соображения.

Двигатель Отто, подвергнутый исследованию, представляет собой четырехтактный двигатель с 4 цилиндрами в линии, работающий на бензине. Независимой переменной является положение заслонки, обеспечивающей поток воздуха, необходимый для смеси с потоком бензина. Зависимая переменная - это скорость вращения коленчатого вала двигателя. В исследовании участвуют другие дополнительные элементы, а именно силы, пары, моменты, давления, трансляции, массы, которые согласуются с превращением тепловой энергии в механическую. Переадресуются следующие гипотезы:

- все элементы автоматизированной системы, входящие в структурную схему двигателя, яв-

<p>are forwarded: - All the automated system elements intervening in the structural diagram of the engine are linear or have been linearised; - For the linear elements one applies the Laplace direct transformed, in null initial conditions; - The resistant couple is null during the experiments, $MR=0$; - One neglects the non-linearities due to the play in mechanisms and hysteresis;</p> <p>3. Experimental results</p> <p>The validation of the engine mathematical model, analytically obtained, was made by experimental determinations of the indicial response in rotating speed of the engine and its interpretation.</p> <p>4. Conclusion.</p> <p>The following conclusions could be drawn from the study:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Although the spark ignition engine has a complicated built, the mathematical model is of medium complexity, being equivalent with a PT2-type element; - The work hypotheses allowed the simplification of the calculations and the obtaining of a mathematical model validated by experiment; - The use of the transfer function $H_{mex}(s)$ allows the easy synthesis of a system of engine rotating speed adjustment with a reaction loop and actuated by a PI-type regulator; - The optimum accord of the regulator allows the reaching of certain performances of transitory and stationary regime required by the beneficiary; - The modelling may be improved by stricter hypotheses, and the validation perfumed on several types of engines. 	<p>ляются линейными или линеаризованными;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Для линейных элементов применяется прямое преобразование Лапласа в нулевых начальных условиях; - Устойчивая пара нуль во время экспериментов, $MR = 0$; - пренебрегают нелинейностями, обусловленными игрой в механизмах и гистерезисом; <p>3. Экспериментальные результаты Валидация математической модели двигателя, полученная аналитически, была произведена путем экспериментальных определений индицирующего отклика на вращающейся скорости двигателя и его интерпретации.</p> <p>4. Заключение.</p> <p>Из этого исследования можно сделать следующие выводы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - хотя двигатель искрового зажигания имеет сложную конструкцию, математическая модель имеет среднюю степень сложности, эквивалентную элементу типа PT2; - Гипотеза работы позволила упростить вычисления и получить математическую модель, подтвержденную экспериментом; - Использование передаточной функции $H_{mex}(s)$ позволяет легко синтезировать систему регулирования скорости вращения двигателя с реакционным контуром и приводиться в действие регулятором типа PI; - оптимальное согласие регулирующего органа позволяет достичь определенных результатов переходного и стационарного режима, требуемых бенефициаром; - Моделирование может быть улучшено за счет более строгих гипотез, а проверка достоверности на нескольких типах двигателей.
--	---

1.2 Состояние проблемы снижения эмиссии дч с отработавшими газами дизелей и современные методы её решения

Под дисперсными частицами в области транспортной экологии принято понимать все вещества в твердой и жидкой фазе (за исключением воды), выбрасываемые в атмосферу с ОГ дизелей. Дисперсные частицы ДЧ относятся к наиболее опасным компонентам дизельного выхлопа. Высокая потенциальная

опасность этих частиц обусловлена тем, они содержат в своем составе ряд известных мутагенов и канцерогенов. При этом сверхмалые размеры частиц позволяют им активно проникать в дыхательные органы человека.

Как показала практика и исследования, было обнаружено и идентифицировано, в составе ДЧ более 1000 веществ. Их укрупнено подразделяют на 4 группы (фракции): углеродную, органическую, сульфатов и нитратов, а также неорганических примесей, представленный на рис. 1.1 [1].

Углеродная фракция представляет собой дисперсный углерод, образующийся при высокотемпературном пиролизе топлива в условиях ограниченного доступа окислителя – кислорода. Дисперсный углерод (дизельная сажа) имеет слоистое строение, близкое к строению графита. Размеры ДЧ соответственно достигают 0,1...1,0 мкм [2].

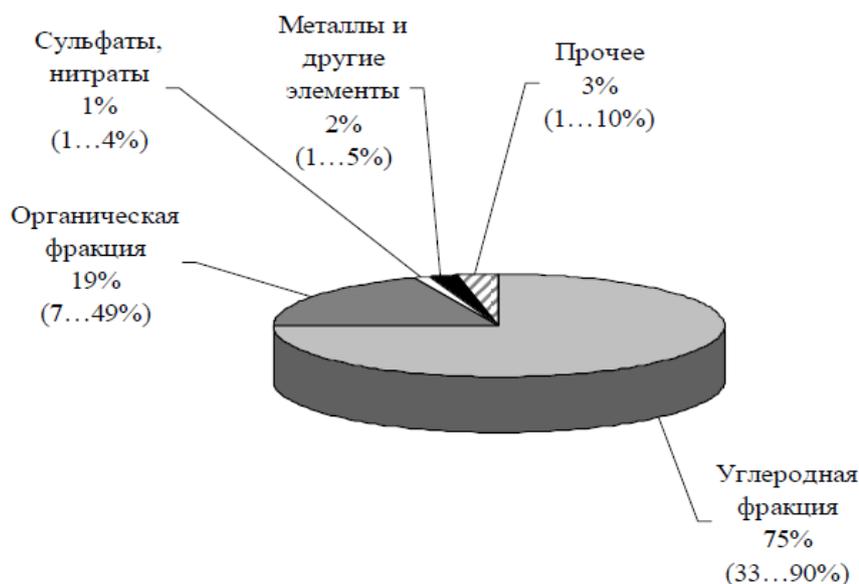


Рисунок 1.1 - Фракционный состав ДЧ

Фракция сульфатов в основном включает в себя образования из серы, которая входит в состав дизельного топлива [2].

Органическая фракция – комплекс несгоревших углеводородов топлива и моторного масла, которые выбрасываются дизелями в слои атмосферы в капельножидком (аэрозольном) виде. Кроме того, в ее состав включаются продукты, относящиеся к продуктам процессов неполного сгорания, а также частичного пиролиза соединений топлива и моторного масла в камере сгорания

(КС), поступающие в атмосферу в виде частиц. Вклад моторного масла в общем фоне органической фракции достигает 75%, а оставшаяся часть включает не-сгоревшие соединения дизельного топлива.

Фракция примесей состоит из неорганических соединений, образующихся из примесей и присадок к топливу и моторному маслу. Это вещества, которые образуются в процессе износа двигателя, а также, те вещества, которые не улавливаются воздушным фильтром при входе в сам двигатель. В этом случае содержание фракции примесей в составе ДЧ в среднем составляет 5 %, а металлы занимают примерно одну вторую этого количества.

Тот факт, что наибольшая доля ДЧ приходится именно на углеродную фракцию, причем в некоторых случаях при определенных режимах дизеля она достигает порядка 90% [2], основное внимание при изучении обсуждаемой проблемы будет уделено именно этому компоненту ДЧ.

Механизм образования ДЧ. Предложено большое количество теоретических положений, объясняющих акты преобразований углеводородов топлива при его горении, обуславливающих образование частиц [1]. Согласно этим положениям, можно выделить определенные последовательные этапы образования ДЧ – фазы: образование зародышей, зарождение, коагуляция, рост частиц.

Первый этап процесса образования частиц, как правило, связан с образованием зародышей и протекает обычно в газовой фазе. При этом топливо в процессе сгорания в цилиндре дизеля будет подвергнуто пиролизу и далее произойдет расщепление на углеводородные радикалы, которые в свою очередь образуют углеводородные соединения с малым молекулярным весом в условиях недостатка кислорода: ацетилен (C_2H_2), являющийся основным виновником появления зародышей частиц [1]. Далее происходит процесс столкновения зародышей частиц, которое в дальнейшем приведет к процессу их коагуляции – формированию частиц большей молекулярной массы. Такой процесс позволяет снизить концентрации ДЧ. На следующем этапе (рост), происходит большое увеличение массы и размеров ДЧ. При этом, можно отметить, что по мере роста частиц, происходящего на поздних стадиях процесса сгорания и в процессе

расширения происходит их объединение. По мере такого объединения рост замедляется, и далее происходит образование сложных комплексов в виде цепочек, которые объединены между собой частицами [3].

Процессы выгорания частиц, как правило, происходят на их поверхности. Они сопровождаются снижением массы и их размеров. Экспериментальным путем было доказано, что в процессе выгорания задействованы О (атомарный кислород) и ОН (радикалы) наряду с О₂ (молекулярным кислородом) [4].

Принято также считать [1,4], что этот весь процесс проходит двухстадийно. Сначала атомы кислорода присоединяются к поверхности ДЧ, образуя при этом «активные места», а затем – атомы углерода отщепляются от частиц. Исследование вышеизложенных современных взглядов на механизмы образования и выгорания частиц позволяет в общем виде подойти к анализу влияния водородосодержащего химического реагента, вводимого на кинетику этих механизмов, что является целевой задачей данной бакалаврской работы.

2 Тепловой расчет двигателя

2.1 Тепловой расчет

Исходные данные: $V_L = 1.52$ л; $n_N = 5600$ мин⁻¹; $i = 4$ – число цилиндров; $\tau = 4$ – тактность; $\varepsilon = 25$ – степень сжатия., частота вращения $n_{\min} = 700$ мин⁻¹; $n = 1500$ мин⁻¹; $n_M = 3500$ мин⁻¹; $n_N = 5200$ мин⁻¹; $n_{\max} = 6000$ мин⁻¹.

Средний элементарный состав дизельного топлива

$C = 0,870$; $H = 0,126$; $O = 0,004$. и $\mu_m = 190$ кг/моль. с добавкой водорода 5% от массы топлива, следовательно элементарный состав композитного топлива $C = 0,83$; $H = 0,167$; $O = 0,003$

Низшая теплота сгорания топлива

$$H_{и} = 33,91 * C + 125,6 * H - 10,89 * (O - S) - 2,51 * (9 * H + W) = \quad (2.1)$$
$$= 33,91 * 0,83 + 125,6 * 0,17 - 10,89 * 0,003 - 2,51 * 9 * 0,167 = 46437 \text{ кДж/кг.}$$

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$L_0 = 1/0,208 * (C/12 + H/4 - O/32) \quad (2.2)$$
$$L_0 = 1/0,208 * (0,83/12 + 0,167/4 - 0,003/32) = 0,4994 \text{ кмоль возд/кг топл ;}$$

$$l_0 = 1/0,23 * (8/3 * C + 8 * H - O) \quad (2.3)$$
$$l_0 = 1/0,23 * (8/3 * 0,83 + 8 * 0,167 - 0,003) = 15,452 \text{ кг возд/кг топл}$$

Применение вихревой камеры сгорания и добавки водорода позволяет принять коэффициент избытка воздуха на основных режимах $\alpha = 1,17$ для $n_{\min} = 900$ мин⁻¹, $\alpha = 1,2$ для $n = 2000$ мин⁻¹, $\alpha = 1,23$ для $n_M = 3500$ мин⁻¹, $\alpha = 1,3$ для $n_N = 5200$ мин⁻¹, $\alpha = 1,32$ для $n_{\max} = 6000$ мин⁻¹.

Количество горючей смеси:

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

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

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} ; \text{ кмоль } CO_2/\text{кг топл;} \quad (2.5)$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} ; \text{ кмоль } H_2O/\text{кг топл;} \quad (2.6)$$

$$M_{O_2} = 0,208 \cdot (\alpha - 1) L_0 ; \text{ кмоль } O_2/\text{кг топл;} \quad (2.7)$$

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0 ; \text{ кмоль } N_2/\text{кг топл.} \quad (2.8)$$

Общее количество продуктов сгорания:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} ; \text{ кмоль пр.сг./кг топл.} \quad (2.9)$$

Коэффициент молекулярного изменения свежей смеси

$$\mu_0 = M_2 / M_1 \quad (2.10)$$

Таблица 2.1 - Параметры рабочего тела

M_1 , кмоль гор.см./кг топл.	M_{CO_2} , кмоль CO_2 /кг топл.	M_{H_2O} , кмоль H_2O /кг топл.	M_{O_2} , кмоль O_2 /кг топл.	M_{N_2} , кмоль N_2 /кг топл.	M_2 , кмоль пр.сг./кг топл.	Коэффи- циент моле- кулярного изменения свежей смеси	Частота вращения, мин ⁻¹	Коэф- фици- циент из- бытка воз- духа
0,58956	0,0725	0,113	0,0177	0,46276	0,615922	1,044714	900	1,17
0,60454	0,0725	0,113	0,0208	0,47463	0,630904	1,043606	2000	1,2
0,61952	0,0725	0,113	0,0239	0,48649	0,645886	1,042552	3500	1,23
0,65448	0,0725	0,113	0,0312	0,51418	0,680844	1,040279	5200	1,3
0,66447	0,0725	0,113	0,0332	0,52209	0,690832	1,039673	6000	1,32
Двигатель ВАЗ-341								
0,60454	0,0725	0,063	0,0208	0,47463	0,630904	1,043606	900	1,2
0,62951	0,0725	0,063	0,026	0,49441	0,655874	1,041877	2000	1,25
0,65448	0,0725	0,063	0,0312	0,51418	0,680844	1,040279	3000	1,3
0,67446	0,0725	0,063	0,0353	0,53	0,70082	1,039086	4000	1,34
0,68944	0,0725	0,063	0,0384	0,54187	0,715802	1,038237	4200	1,37

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

Давление остаточных газов:

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

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

Таблица 2.2 - Параметры окружающей среды и остаточных газов

Температура остаточных газов, К	Давление остаточных газов, Мпа	Частота вращения, мин ⁻¹
720	0,104036	900
770	0,105645	2000
810	0,11007	3500
850	0,118	5200
870	0,1228	6000
Двигатель ВАЗ-341		
740	0,104234	900
780	0,107125	2000
810	0,111656	3000
840	0,118	4000
850	0,119486	4200

Температура подогрева свежего заряда на номинальном скоростном режиме принимается $\Delta T_N = 6^\circ\text{C}$. Тогда, $A_T = \Delta T_N / (110 - 0,0125n_N)$;

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

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

Потери давления на впуске.

$$\Delta p_a = \beta^2 + \xi_{вп} \overline{A_n}^2 n^2 \rho_k \cdot 10^{-6} / 2 \text{ МПа}. \quad (2.14)$$

Давление в конце впуска:

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

Коэффициент остаточных газов:

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

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

Температура в конце впуска:

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

Коэффициент наполнения:

$$\eta_v = \frac{T_k}{T_k - \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{\rho_k} \left(\varphi_{доз} \cdot \varepsilon \cdot P_a - \varphi_{оч} \cdot P_r \right) \quad (2.18)$$

Удельный объем рабочего тела в конце процесса наполнения

$$V_a = 8.314 \cdot 10^{-3} \left[\left(\alpha \cdot \frac{l_0}{\mu_B} + \frac{1}{\mu_m} \right) T_a \right] / \left[\kappa + \alpha \cdot l_0 \cdot \bar{p}_a \right] \quad (M^3), \quad (2.19)$$

где $\mu_B = 28,9$ молярная масса воздуха.

Таблица 2.3 - Расчет процесса впуска

Коэффициент наполнения	Удельный объем рабочего тела в конце процесса наполнения, м ³	Потери давления на впуске, Мпа	Давление на впуске, Мпа	Коэффициент очистки	Коэффициент дозарядки	Коэффициент остаточных газов	Ta, К	ΔT, °С	Частота вращения, мин ⁻¹
0,9194	0,92335	0,00678	0,093217	1	0,85	0,01986	314,06	13	900
0,9292	0,972726	0,0116	0,0884	0,94	0,93	0,019842	313,39	11,33	2000
0,9302	0,984289	0,013	0,086996	0,98	1	0,019864	311,73	8,8333	3500
0,9676	1,03899	0,0177	0,0823	0,81	0,95	0,0214	310,55	6	5200
0,8826	1,06043	0,01943	0,080575	0,77	0,94	0,022213	310,1	4,667	6000
Двигатель ВАЗ-341									
0,9287	0,9157	0,00678	0,093217	1	0,85	0,019164	311,09	9,875	900
0,931674	0,938167	0,00903	0,09097	0,94	0,93	0,019107	310,47	8,5	2000
0,966	0,96594	0,0116	0,0884	0,98	1	0,019724	310,4559	7,75	3000
0,76818	0,995677	0,01449	0,085511	0,81	0,95	0,020796	310,02	6	4000
0,7533	1,01973	0,01605	0,083946	0,77	0,94	0,021219	310,2	5,75	4200

Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

$$\mu = (\mu_0 + \gamma_r) / (1 + \gamma_r) \quad (2.20)$$

Значение показателя политропы сжатия

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

Давление, температура и удельный объём в конце сжатия:

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

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

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

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

$$P_y = P_a \left(\frac{V_a}{V_y} \right)^{n_1}; \text{МПа}; \quad T_y = T_a \left(\frac{V_a}{V_y} \right)^{n_1-1}; \text{К}; \quad (2.25)$$

Таблица 2.4 - Параметры конца сжатия начала воспламенения

P_c , МПа	T_c , К	Угол опережения зажигания °ПКВ	V_y , м ³ /кг	P_y , МПа	T_y , К	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	n_1	Частота вращения, мин ⁻¹
7,779	1048,4	12	0,05411	4,603	908,72	1,0438	1,3702	900
7,3777	1046,2	14	0,057	4,364	906,8	1,0428	1,374725	2000
7,26054	1040,7	16	0,05768	4,2954	901,97	1,0417	1,37283	3500
6,86864	1036,7	19	0,06089	4,0635	898,55	1,0394	1,37496	5200
6,72461	1035,2	24	0,06214	3,9783	897,27	1,0388	1,37538	6000
Двигатель ВАЗ-341								
2,364652	1031,3	15	0,05443	4,5175	896,07	1,0428	1,37058	900
2,259369	1029,3	20	0,05576	4,4086	894,33	1,0411	1,372	2000
2,180028	1028,1	23	0,05742	4,2841	893,34	1,0395	1,3728	3000
2,122703	1027,9	26	0,05942	4,1441	893,16	1,0383	1,37378	4000
2,044748	1028,6	28	0,06062	4,06823	893,72	1,0374	1,3753	4200

Коэффициент выделения теплоты δ , учитывающий неполное сгорание топлива;

$$\delta = \frac{H_u - 119950 (\alpha - \alpha_0)}{H_u}, \quad (2.26)$$

Коэффициент эффективности сгорания топлива ξ :

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

Удельная теплота сгорания рабочей смеси

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

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

Давление газов в процессе сгорания

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

где

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

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке:

$$X_{1-2} = \exp \left[-6.908 \left[\frac{\phi_1}{\phi_z} \right]^{m+1} \right] - \exp \left[-6.908 \left[\frac{\phi_2}{\phi_z} \right]^{m+1} \right], \quad (2.32)$$

Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке 1-2;

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

Отношение средних теплоёмкостей рабочего тела на участке 1-2.

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

Фактор теплоёмкостей K_{1-2}

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

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

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

Температура T_2 газов в процессе сгорания:

$$T_2 = \frac{T_y P_2 \Psi \overline{\varphi_2'}}{P_y \Psi \overline{\varphi_2'} \overline{\mu_{1-2}}}, \quad (2.37)$$

где:

$$\Psi \overline{\varphi_2'} = 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} * \sigma; \quad (2.38)$$

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

Средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси,

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

Доля выгоревшего топлива χ рассчитывается по уравнению выгорания:

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

Коэффициенты термодинамического расчета приведена в таблице А1 приложения.

Степень последующего расширения при V_z

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

Средний показатель политропы расширения:

$$n_2 = 1 + \frac{8.314}{23.7 + 0.0046 \left(\frac{1}{\delta^{n_1-1}} + 1 \right) \cdot T_z}; \quad (2.45)$$

Параметры в конце процесса расширения как политропного процесса

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

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

Текущие значения удельного объёма, давления и температуры газов в процессе расширения

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

где φ_{PT} – текущее значение поворота коленчатого вала

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

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

Для оценки правильности выбора значения температуры отработавших газов, произведём проверку

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

погрешность расчёта Δ :

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

Таблица 2.5 - Расчет процесса расширения и выпуска

Степень последующего расширения	$V_z, \text{ м}^3$	$T_z, \text{ К}$	$P_z, \text{ МПа}$	Часто-га вращения мин ⁻¹	Показатель политропы расширения	$P_b, \text{ МПа}$	$T_b, \text{ К}$	Температура остаточных газов, К	$\Delta, \%$
11,48804	0,06518	3135,5	10,1326	900	1,177	0,58329	2067,555	726,33	0,2779
11,27169	0,143871	2907,209	10,768566	2000	1,1796	0,55548	2035,725	768,37	-0,034
10,50078	0,162852	2889,058	10,06501	3500	1,1795	0,55682	2064,706	812,71	0,3717
9,63196	0,197929	2831,083	9,08341	5200	1,1804	0,53085	2072,834	854,43	0,8199
8,79622	0,195495	3009,4	8,435073	6000	1,17476	0,56284	2213,654	876,89	1,157
Двигатель ВА3-341									
11,688	0,1494	2639,83	9,121	900	1,188	0,5354	1846,58	731,95	0,572
10,139	0,1684	2756,27	9,714	2000	1,1835	0,5504	1975,7	771,42	0,093
9,47	0,1951	2913,76	9,303	3000	1,1775	0,5815	2155,05	809,12	-0,036
8,74	0,1972	2929,05	8,279	4000	1,1767	0,5789	2168,77	852,54	0,0347
7,44	0,2052	2976,31	8,179	4200	1,175	0,5669	2209,79	875,43	0,349

Теоретическая индикаторная работа цикла рассчитывается по методу трапеций;

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

Расчётное среднее индикаторное давление

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

Индикаторный коэффициент полезного действия

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

Удельный индикаторный расход топлива

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

Таблица 2.6 - Индикаторные показатели рабочего цикла

P _i , Мпа	L _i , кДж	N _i , кВт	η _i	g _i , г/кВт*ч	Часто-та вращения, мин ⁻¹
1,26863	1,1718807	14,27209	0,489426	167,4399	900
1,17975	1,1166917	29,49376	0,456318	179,5886	2000
1,200507	1,1498939	62,5222	0,440856	185,8873	3500
1,125416	1,1350542	84,33848	0,458662	178,6709	5200
1,234851	1,2659878	96,43956	0,498398	164,4257	6000
Двигатель ВАЗ-341					
1,1060343	1,0012	12,442886	0,4289854	191,03093	900
1,1651984	1,09	37,868947	0,4405874	186,00051	2000
1,2379594	1,1957	57,255621	0,4484105	182,75552	3000
1,2533459	1,224	78,334121	0,4813589	170,24613	4000
1,2210353	1,2406	85,47247	0,4929888	166,22992	4200

Давление механических потерь при $S/D = 84/76 = 1.165$, если средняя скорость поршня:

$$v_n = \frac{Sn}{30}, \text{ м/с}$$

Среднее давление механических потерь

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

Среднее эффективное давление

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

Механический К.П.Д.

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

Эффективный К.П.Д.

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

Удельный эффективный расход топлива

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

Эффективная мощность

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

Часовой расход топлива

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

Крутящий момент

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

Таблица 2.7 - Эффективные показатели двигателя.

Мощность, кВт	Средняя скорость поршня, м/с	p_m , Мпа	p_e , Мпа	η_m	η_e	g_e , г/(кВт.ч)	M_e , Н.м	G_T , кг/ч	Часто-та вращения, мин ⁻¹
17,539	2,13	0,0671	1,2035	0,9471	0,4643	223,4996	153,64	4,389	900
35,069	4,733	0,10148	1,0827	0,9143	0,4188	220,6686	159,23	7,296	2000
58,1	8,283	0,14834	1,0537	0,8765	0,3869	224,7794	162,76	13,763	3500
77,067	11,833	0,1952	0,9290	0,8263	0,3786	239,43	148,88	19,567	5200
78,317	13,253	0,2139	1,0188	0,8264	0,4112	251,2899	131,59	22,212	6000
Двигатель ВАЗ-341									
15,68	2,13	0,0671	1,0389	0,9393	0,4029	223,3719	123,99	4,377	900
30,96	6,153	0,1202	1,0449	0,8968	0,3951	227,3998	124,72	7,043	2000
50,11	8,756	0,1546	1,0834	0,8751	0,3924	228,8332	129,3	13,464	3000
66,13	11,833	0,1952	1,0581	0,8442	0,4064	241,652	126,29	19,336	4000
70,49	13,253	0,2139	1,0071	0,8248	0,4066	251,5434	120,19	22,208	4200

2.2 Тепловой баланс двигателя

Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом:

$$Q_o = \frac{H_u G_T}{3.6} = \frac{43930 G_T}{3.6} = 12203 G_T \quad (2.67)$$

Теплота, эквивалентная эффективной работе за 1 с:

$$Q_e = 1000 N_e \text{ и } q_e = Q_e * 100 / Q_o \quad (2.68)$$

Теплота, передаваемая охлаждающей среде:

$$Q_B = \frac{c i D^{1+2m} n^m (H_u - \Delta H_u)}{\alpha H_u}, \quad (2.69)$$

$$q_B = Q_B * 100 / Q_o; \quad (2.70)$$

Теплота, унесенная с отработанными газами:

$$Q_r = \left(\frac{G_T}{3.6} \right) M_2 \left[i_{cV}^{II} \tau_0 + 8.315 t_0 \right] - M_1 \left[i_{cV}^{II} \tau_0 + 8.315 t_0 \right], \quad (2.71)$$

$$q_r = Q_r * 100 / Q_0 \quad (2.72)$$

Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания топлива отсутствует, так как дизельный двигатель и состав смеси больше 1.

$$Q_{н.с} = \Delta H_U * G_T / 3,6 \quad (2.73)$$

$$q_{н.с} = Q_{н.с} * 100 / Q_0 \quad (2.74)$$

Неучтенные потери теплоты:

$$Q_{ост} = Q_0 - (Q_e + Q_{\delta} + Q_r + Q_{н.с}), \quad (2.75)$$

$$q_{ост} = Q_{ост} * 100 / Q_0 \quad (2.76)$$

Таблица 2.8 - Тепловой баланс разрабатываемого двигателя:

Q ₀ , Дж/с	Q _e , Дж/с	q _e , %	Q _в , Дж/с	q _в , %	Q _г , Дж/с	q _г , %	Q _{ост} , Дж/с	q _{ост} , %	n, мин ⁻¹	G _г , кг/ч
23363	8432	36,1	6352	27,2	6080	26,0	1181	5,1	900	4,389
42977	16556	38,5	12405	28,9	12509	29,1	1508	3,5	000	7,296
60525	22048	36,4	18022	29,8	18004	29,7	2450	4,0	3500	13,763
107949	33381	30,9	34522	32,0	35201	32,6	4845	4,5	5000	19,567
115752	33212	28,7	35804	30,9	36961	31,9	6514	5,6	5600	22,212

3 Кинематический расчет

Премещение поршня [2]

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

Скорость поршня

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

Ускорении поршня

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

4 Динамический расчет

Приведение масс частей кривошипно-шатунного механизма.[1]

- масса поршневой группы

$$m_n = m'_n \cdot F_n = 75 \cdot 0,00535 = 0,316 \text{ кг}; \quad (4.1)$$

- масса шатуна

$$m_{ш} = m'_{ш} \cdot F_n = 109,6 \cdot 0,00535 = 0,624 \text{ кг}; \quad (4.2)$$

- масса неуравновешанных частей одного колена вала без противовесов

$$m_k = m'_k \cdot F_n = 150 \cdot 0,00535 = 0,805 \text{ кг}. \quad (4.3)$$

Масса шатуна, сосредоточенная на оси поршневого пальца:

$$m_{ш.п} = 0,275 \cdot m_{ш} = 0,275 \cdot 0,624 = 0,165 \text{ кг}. \quad (4.4)$$

Масса шатуна, сосредоточенная на оси кривошипа:

$$m_{ш.к} = 0,725 \cdot m_{ш} = 0,725 \cdot 0,624 = 0,473 \text{ кг}. \quad (4.5)$$

Массы, совершающие возвратно-поступательное движение:

$$m_j = m_n + m_{ш.п} = 0,316 + 0,165 = 0,481 \text{ кг}. \quad (4.6)$$

Массы, совершающие вращательное движение:

$$m_r = m_k + m_{ш.к} = 0,805 + 0,473 = 1,278 \text{ кг}. \quad (4.7)$$

4.2 Удельные и полные силы инерции

Сила инерции возвратно-поступательного движения масс

$$p_j = -jm_j/F_n = -j \cdot 0,481 \cdot 10^{-6} / 0,00535 = -j 141 \cdot 10^{-6} \text{ МПа.} \quad (4.8)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс

$$K_R = -m_R R \omega^2 = -1,278 \cdot 0,00374 \cdot 586^2 = -28,02 \text{ кН.} \quad (4.9)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс шатуна

$$K_{Ru} = -m_{u.k} R \omega^2 = -0,473 \cdot 0,00374 \cdot 586^2 = -8,7 \text{ кН.} \quad (4.10)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс кривошипа

$$K_{Rk} = -m_{.k} R \omega^2 = -0,805 \cdot 0,00374 \cdot 586^2 = -19,32 \text{ кН.} \quad (4.11)$$

Удельная сила, сосредоточенная на оси поршневого пальца:

$$p = \Delta p_z + p_j \text{ (МПа).} \quad (4.12)$$

Удельная нормальная сила:

$$p_N = p \operatorname{tg} \beta \text{ (МПа).} \quad (4.13)$$

Удельная сила, действующая вдоль шатуна:

$$p_s = p (1/\cos \beta) \text{ (МПа).} \quad (4.14)$$

Удельная сила, действующая по радиусу кривошипа

$$p_k = p \cos(\varphi + \beta) / \cos \beta \text{ (МПа).} \quad (4.15)$$

Удельная и полная тангенциальные силы

$$p_T = p \sin(\varphi + \beta) / \cos \beta \text{ (МПа)} \quad (4.16)$$

$$T = p_T \cdot 0,004776 \cdot 10^3 \quad (4.17)$$

Среднее значение тангенциальной силы за цикл:

$$T_{cp} = \frac{2 \cdot 10^6}{\pi \tau} p_i F_{\Pi} = \frac{2 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 4} \cdot 1,2486 \cdot 0,00535 = 1063 \text{ Н}; \quad (4.18)$$

$$p_{T_{cp}} = \frac{\Sigma F_1 - \Sigma F_2}{OB} Mp = \frac{1991 \cdot 1170}{240} \cdot 0,05 = 0,196 \text{ МПа}; \quad (4.19)$$

по данным расчета по площади, заключенной между кривой p_T и осью абсцисс
ошибка $\Delta = (1063 - 1049)100/1063 = 1,31\%$

$$T_{cp} = p_{T_{cp}} F_{\Pi} = 0,196 \cdot 0,00535 \cdot 10^6 = 1049 \text{ Н}; \quad (4.20)$$

Крутящий момент одного цилиндра

$$M_{кр.ц} = TR = T \cdot 0,0374 \cdot 10^3 \text{ Нм} \quad (4.21)$$

Период изменения крутящего момента четырехтактного двигателя с равными интервалами между вспышками

$$\Theta = 720 / i = 720 / 4 = 180^\circ \quad (4.22)$$

Средний крутящий момент двигателя:

- по данным теплового расчета

$$M_{кр.ср} = M_i = M_e / \eta_m = 143,8 / 0,9052 = 158,8 \text{ Нм} \quad (4.23)$$

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

$$M_{кр.ср} = \frac{F_1 - F_2}{OA} M_m = \frac{1470 - 615}{60} 10 = 160,5 \text{ Нм} \quad (4.16)$$

ошибка $\Delta = (158,8 - 160,5) 100 / 158,8 = 1,07\%$.

Максимальный и минимальный крутящие моменты

$$M_{кр \max} = 570 \text{ Нм}; \quad M_{кр \min} = 277 \text{ Нм}$$

Суммарная сила, действующая на шатунную шейку по радиусу кривошипа:

$$P_k = K + K_{рш} = K + p_k F_{ш} \text{ Н.} \quad (4.24)$$

По развернутой диаграмме $R_{шш}$ определяют

$$R_{шш. \max} = 17,31 \text{ кН}; \quad R_{шш. \min} = 0,577 \text{ кН}$$
$$R_{шш.ср} = FM_p / OB = 28425 \cdot 0,1 / 240 = 10,66 \text{ кН};$$

где OB – длина диаграммы, мм; F – площадь под кривой $R_{шш}$, мм².

Суммарная сила, действующая на колено вала по радиусу кривошипа:

$$K_{рк} = P_k + K_{РК} = P_k - 8,960 \text{ кН.} \quad (4.25)$$

Результирующая сила, действующая на колено вала,

$$R_k = \sqrt{(PT_k \cdot 10^3 \cdot F_n)^2 + (K_{Рк})^2} \quad (4.26)$$

Сила, действующая на первую коренную шейку:

$$R_{к.ш1} = -0,5R_{к1} \quad (4.27)$$

Изменение силы $R_{к.ш1}$ в зависимости от φ показывает полярная диаграмма $R_{к}$, но повернутая на 180^0 .

Сила, действующая на вторую коренную шейку:

$$R_{к.ш2} = \sqrt{T_{к2}^2 + K_{к2}^2}, \quad (4.28)$$

где $T_{к2} = -0,5(T_1 - T_2)$; $K_{к2} = -0,5(K_{рк1} - K_{рк2})$.

Расчет силы $R_{к.ш2}$ приведен в таблице приложения Г.

Сила, действующая на третью коренную шейку:

$$R_{к.ш3} = \sqrt{T_{к3}^2 + K_{к3}^2}, \quad (4.29)$$

где $T_{к3} = 0,5(T_2 + T_3)$; $K_{к3} = 0,5(K_{рк2} + K_{рк3})$.

Расчетные силы приведены в Приложении.

5 Снижение содержания сажи в ОГ добавкой водорода

Согласно известным положениям теории катализа любая химическая реакция окисления (сгорания) углеводородов может быть инициирована с помощью средств химической активации [18]. В этом случае возможно, по нашему мнению, обеспечивать строгую индивидуальную направленность реализуемого воздействия на кинетику окисления углеводородов топлива, обеспечивая при этом повышение полноты сгорания и снижение выхода несгоревших компонентов углеводородов и частиц в твердом или аэрозольном (частично окислившимся) состоянии.

В проделанной работе в качестве средства химической активации использованы газообразный водород получаемый на борту автомобиля.

Некоторое представление о характере влияния водородного реагента на кинетику сгорания топливно-воздушных смесей можно получить, анализируя известные результаты испытаний двигателей [4,12].

Практически везде, в научных работах подчеркивается слишком высокая эффективность воздействия водорода как прекрасного химического активатора процесса горения что способствует на уменьшение выбросов с ОГ токсических веществ.

Используя термин «*водород как химический реагент*», следует четко определиться с тем, какая основная цель преследуется при добавлении водородосодержащего компонента к рабочему телу дизеля. Если добавка H_2 значительная и по энергетическому эквиваленту соизмерима с основным топливом, то водород как *энергоноситель* выступает в роли самостоятельного (энергетически равноправного) компонента смесевое топлива. Однако, в этом случае приходится учитывать, что повышается уровни температуры и максимального давления сгорания, скорость его изменения в рабочем цикле двигателя. Это, в свою очередь, приводит к повышению тепловых и механических нагрузок на детали двигателя, шума сгорания, к увеличенной эмиссии NO_x .

Другой характер приобретает процесс сгорания, если незначительная присадка к его рабочему телу как *химреагента* согласована и оптимизирована по условию максимального снижения эмиссии частиц [51,52]. Таким образом влияние *газообразного водорода, который является* источником активных центров гидроксильных радикалов, будет проявляться в основном в кинетическом механизме образования и выгорания частиц и активации догорания углеводородных компонентов топлива на заключительной стадии рабочего цикла при неравновесном медленном диффузионном горении. Что повысит активность сгорания частиц недоокисленного дизельного топлива, а их переход в сажевые структуры уменьшается без заметного увеличения температурных и нагрузочных условий в цилиндре двигателя при сгорании.

Как показано во различных научных исследованиях [11,19], оптимальная присадка водорода как химреагента и идеального активатора горения к топливно-воздушной смеси по условию максимального снижения эмиссии продуктов неполного сгорания должна соответствовать (по энергетическому эквиваленту) 1,8% от основного топлива или по массе часового расхода водорода соответственно 0,7% от часового расхода дизельного топлива.

С учетом этих данных и известных характеристик на дизеле 4Ч 10,5/12 (Д-144), в работе [19] был установлен предварительный алгоритм управления расходом водорода, который в графическом виде приведен на рисунке 5.1.

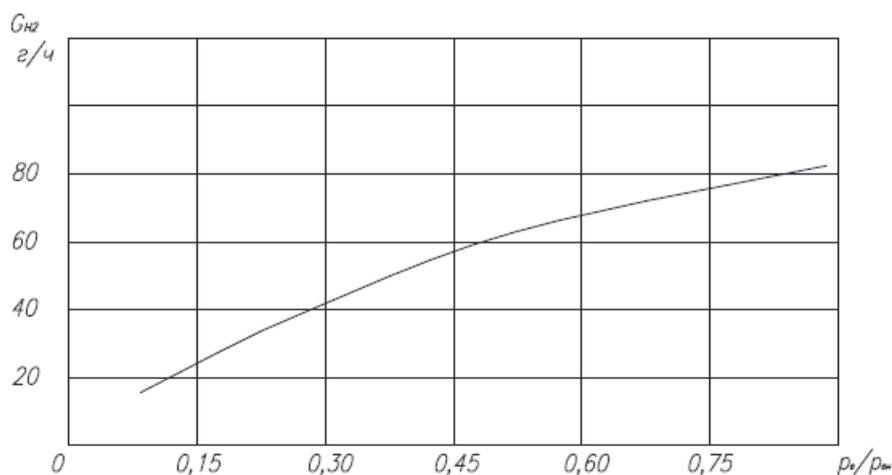


Рисунок 5.1 - Схема алгоритма управления расходом водорода в системе питания исследуемого дизеля по условию предельного снижения эмиссии сажи

Важно то, что водородный реагент способствует повышению эффективности сгорания даже существенно обедненных смесей [11,15], что дает основание предположить о проявлении им активирующего эффекта во всем диапазоне изменения режимов дизеля, в том числе, и на пониженных нагрузочных режимах его работы ($\alpha \gg 1$).

С целью снижения содержания частиц сажи в отработавших газах дизельного двигателя в его рабочее тело вводится строго дозированная порция химически активного реагента, который в нашем случае водород. Благодаря применению реагента дополнительно прогнозируется также снижение эмиссии несгоревших в рабочем цикле углеводородов.

Схема, отражающая функциональную зависимость и поясняющая концепцию практической реализации предлагаемого метода в условиях двигателя, приведена на рисунок 5.2. Как видно, в качестве химического реагента (о нем речь шла выше) используется водородосодержащие продукты из метанола и его конверсии

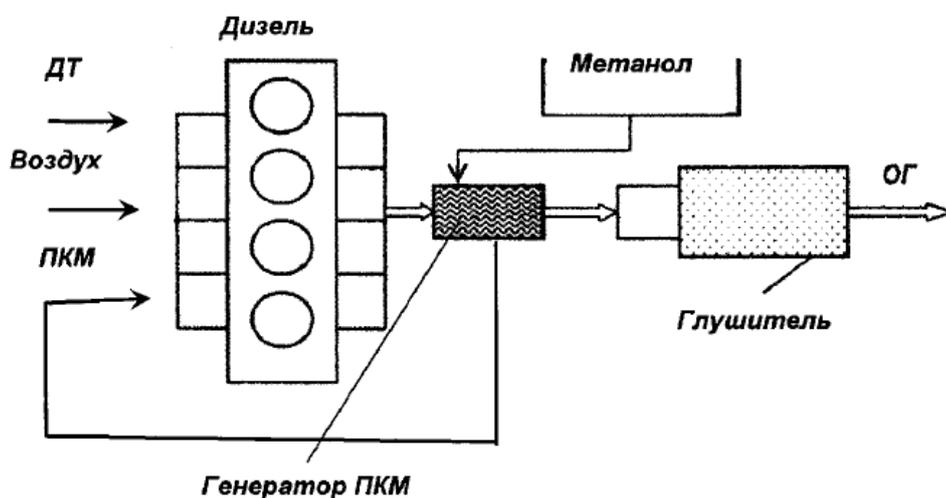


Рисунок 5.2 - Функциональная схема, которая объясняет концепцию получения водорода или водородо содержащего газа на борту автомобиля (ДТ – дизельное топливо, ПКМ – продукты конверсии метанола).

В обобщенном виде влияние термодинамического состояния среды реагирования в КС на динамику процессов результирующего выделения частиц в дизеле показано на рисунок 5.3.

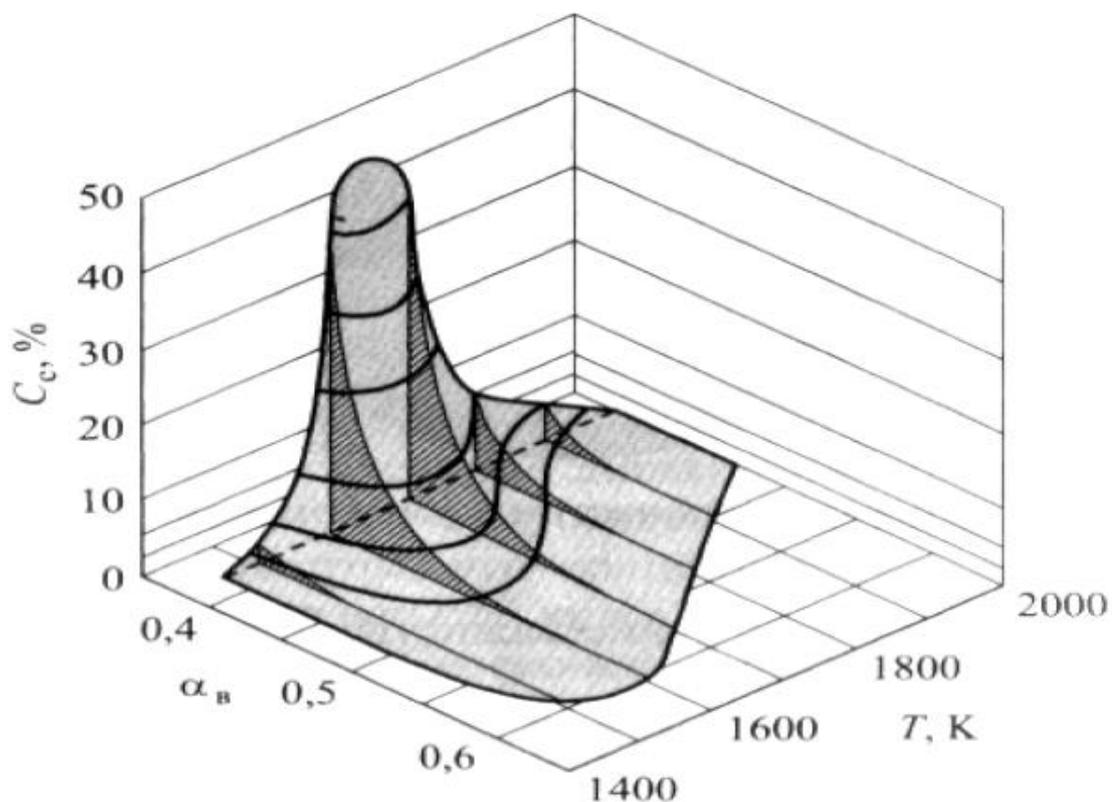


Рисунок 5.3 - Изменение концентрации ДЧ в зависимости от параметров термодинамического состояния среды реагирования в цилиндре дизеля (коэффициента избытка воздуха α_v и температуры T).

6 Безопасность и экологичность проекта

6.1 Оценка экологичности и безопасности проектируемого двигателя

Температурное состояние деталей :

Температурное состояние узлов и агрегатов ДВС – состояние, характеризующее способность системы охлаждения ДВС к отводу избыточного тепла от его деталей, узлов и агрегатов и обеспечения температурного режима, необходимого для их эффективного и безотказного функционирования.

Температурная нагрузка и тепловой поток в двигателе при повышении активности процесса сгорания возрастает, т.к. количество тепла выделяемого в процессе сгорания в единицу времени увеличится, также возрастает работа сил трения в ед. времени механизмов совершающих возвратно поступательное движение.

Для снижения тепловой нагрузки необходимо увеличить интенсивность теплообмена и охлаждения при помощи повышения скорости циркуляции охлаждающей жидкости и моторного масла.

Описание проектируемого двигателя

СН – токсичность по данному компоненту снизится в связи с повышением полноты сгорания топлива за счет добавки водорода для активации горения дизельного топлива, вероятность недогорания в объеме за счет более высокой активности смеси снизится, следовательно уменьшится концентрация несгоревших углеводородов в ОГ.

NO – токсичность по данному компоненту увеличивается, т.к. при применении активирующих добавок водорода возможно повышение температуры и давления, а, следовательно, приводит к увеличению образования термических оксидов азота в цилиндре двигателя.

CO – токсичность по данному компоненту остается примерно одинаковой, т.к. доокисление CO до CO₂ при наличии свободного кислорода практически не зависит от доли водорода в топливе. Единственно, что можно отме-

тить так это увеличение температуры в процессе сгорания может привести к некоторому незначительному уменьшению CO в ОГ.

Экономичность работы двигателя будет улучшаться, т.к. уменьшение продолжительности сгорания по углу ПКВ приводит к увеличению термического КПД цикла.

Шумность при работе на повышенных оборотах двигателя

Можно предположить, что в связи с увеличением жесткости сгорания может несколько увеличиться, шум от работы ГРМ и КШМ.

Для выполнения всех предъявленных норм по шуму необходимо дополнительно проводить модернизацию системы глушения. В частности моторный отсек автомобиля может быть оборудован дополнительными шумопоглощающими панелями монтируемыми на капоте, щитке передка и брызговиках колес кузова, а нижний проем моторного отсека перекрыт аэроакустическим экраном футерованным звукопоглощающим покрытием, что не только уменьшает уровни шума автомобиля, но и уменьшают расход топлива и токсические выбросы с выхлопными газами (включая снижение выбросов CO₂, регламентируемых правилом R 101 ЕЭК ООН).

6.3 Выводы по главе безопасность и экологичность проекта

Повышение шумности двигателя, модернизированного согласно заданию по бакалаврской работе, произошло из-за увеличения частоты вращения коленчатого вала, а, следовательно, и повышения скорости движения воздуха при впуске и выпуске.

В целом, предлагаемые в бакалаврской работе технические решения будут способствовать выполнению ДВС нормативных требований отечественных и зарубежных стандартов в отношении расхода топлива, токсичности (CO, CH, NOx) и его шумового излучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе спроектирован дизельный двигатель с добавкой водорода на такте впуска для повышения эффективности процесса сгорания и снижению токсичности по содержанию сажи в отработавших газах. В качестве базового взят дизельный двигатель для легкового автомобиля ВАЗ-341. Проведены основные расчеты двигателя, а именно, тепловой, кинематический, динамический, проведено проектирование основных систем и элементов двигателя.

Получено в дизельном двигателе с добавкой водорода для снижения токсичности по содержанию сажи в ОГ:

- минимальный удельный эффективный расход топлива снизился на 15% и составил 220 г/кВт*ч;
- максимальную мощность при номинальных оборотах $n=5200 \text{ мин}^{-1}$ составила 78 кВт по сравнению с базовым увеличение составило 10 %;

В разделе «Безопасность и экологичность проекта» показано что, спроектированный двигатель выполняет нормы по ограничению токсичности отработавших газов автотранспортных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст]/ Колчин, А.И. Демидов В.П. // Учебное пособие для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Высшая школа 1980. - с.496.
2. Ховах, М.С. Автомобильные двигатели – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] /Под редакцией М.С. Ховаха// М.: Машиностроение, 1977. - с.636.
3. Орлин, А.С. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для студентов втузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» [Текст] /Д.Н. Вырубков, С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко и др.; Под общей редакцией А.С. Орлина, М.Г. Круглова. –4-е издание, перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1984. – с.384
4. Вибе, И.И. Уточненный тепловой расчет двигателя [Текст] / И.И. Вибе// М. Машиностроение, 1971. - с.282
5. Луканин, В.Н. Промышленная транспортная экология [Текст] / М.: Высшая школа, 2001.
6. Dake, A.R. Modeling and control of cold start hydrocarbon emissions [Текст] / A.R. Dake // Master thesis. – 2005. - 101 с.
7. El-Mahallawy, F. Fundamentals and technology of combustion [Текст] / F. El-Mahallawy, S. E-Din Habik. – London : Elsevier, 2002. – 862 с.
8. Eriksson, L. Spark Advance Modeling and Control / L. Eriksson [Текст] // Doctoral thesis. – 1999. - 207 с.
9. Кузнецов, В.Р. Турбулентность и горение [Текст] / Кузнецов, В.Р., Собольников В.А.// М. Наука, 1986. - 207 с.
10. Войнов, В.В. Процессы сгорания в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / М. Наука, 1984. - 211 с.
11. Звонов, В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания [Текст] / М. Машиностроение, 1981. - 210 с.

12. Nlootat, G. A Model for Converting SI Engine Flame Arrival Signals into Flame Contours [Текст] / SAE, SP 1099, №950109, стр. 99-110, 1999.
13. Khalighi, B. Computation and Measurement of Flow and Combustion in a Four-Valve Engine with Intake Variations [Текст] / SAE, SP 1101, №950287, 2001. - с. 147-179,
14. Jones, P. Full Cycle Computational Fluid Dynamics Calculations in a Motored Four Valve Pent Roof Combustion Chamber and Comparison with Experiment [Текст] / SAE, SP 1101, №950286, 2001. - с. 131-146
15. Наканиши, К. Разработка новой системы впуска для четырёхклапанного двигателя, работающего на бедных смесях [Текст] / SAE, SP 1097, №95050, 1997. - с. 25-43
16. Хашимото, Н. Разработка низкотоксичной, высокоэффективной камеры сгорания для высокомоощного четырехклапанного двигателя [Текст] / SAE, SP 1098, №95068, 1998. - с. 347-365
17. Аносов, Ю.М. Основы отраслевых технологий и организации производства [Текст] / С-П., Политехника, 2002.
18. Каргин, С.А. Теоретическое обоснование и экспериментальное исследование рабочего процесса судового ДВС с комбинированным смесеобразованием и принудительным воспламенением : канд. техн. наук : 05.08.05 / Каргин Сергей Александрович. – Астрахань, 2006. – 177 с.
19. Каменев, В.Ф. Научные основы и пути совершенствования токсических характеристик автомобильных двигателей с искровым зажиганием: Дисс. . докт.техн.наук: 05.04.02 ГНЦ НАМИ / Каменев Владимир Федорович. - Москва, 1996. - 454 с.
20. Стечкин, Б.С. Индикаторная диаграмма, динамика тепловыделения и рабочий цикл быстроходного поршневого двигателя [Текст] / Б.С. Стечкин, К.И. Генкин, В.С. Золотаревский. – М. : АН СССР, 1960. – 200 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 - Результаты теплового расчета проектируемого двигателя при $n = 700 \text{ мин}^{-1}$

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке	Температура предполагаемая, К	Температура действительная, К	Средняя температура на участке, К			Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке	Давление газов в процессе сгорания	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Доля выгоревшего топлива	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Удельный объем	s
				k1-2	K1-2									
0,03963	962,8736	962,8736	1085,936			0,07926	5,25391	1	1	0	0	-12	0,05052	0,
0,04677	1208,999	1208,991	1327,032	1,3274	7,1081	0,09355	6,86986	1,0007	1,0003	0,079263	1	-11	0,04853	0,
0,04637	1445,065	1445,03	1554,777	1,3146	7,3566	0,09273	8,53755	1,0015	1,0011	0,17281	2	-10	0,04671	0,
0,04388	1664,49	1664,409	1764,79	1,3063	7,5297	0,08775	10,202	1,0022	1,0019	0,265541	3	-9	0,04506	0,
0,0405	1865,09	1864,951	1955,697	1,3006	7,6538	0,08101	11,8282	1,003	1,0026	0,353295	4	-8	0,04358	0,
0,03679	2046,304	2046,101	2127,326	1,2965	7,745	0,07357	13,3878	1,0037	1,0033	0,434303	5	-7	0,04227	0,
0,03301	2208,348	2208,08	2280,097	1,2935	7,8137	0,06603	14,8555	1,0043	1,004	0,507876	6	-6	0,04114	0,
0,02936	2351,845	2351,513	2414,739	1,2913	7,8662	0,05871	16,2081	1,0049	1,0046	0,573906	7	-5	0,04018	0,
0,02591	2477,633	2477,245	2532,152	1,2896	7,9069	0,05181	17,4247	1,0054	1,0051	0,632619	8	-4	0,03939	0,
0,02272	2586,671	2586,231	2633,321	1,2882	7,9386	0,04543	18,487	1,0058	1,0056	0,684431	9	-3	0,03878	0,
0,01981	2679,971	2679,486	2719,269	1,2872	7,9635	0,03962	19,38	1,0062	1,006	0,729862	10	-2	0,03834	0,
0,01719	2758,567	2758,045	2791,034	1,2864	7,9829	0,03438	20,0928	1,0065	1,0063	0,769478	11	-1	0,03808	0,
0,01485	2823,501	2822,948	2849,655	1,2858	7,998	0,0297	20,6194	1,0068	1,0067	0,803857	12	0	0,03799	
0,01278	2875,809	2875,231	2896,162	1,2853	8,0095	0,02557	20,9587	1,0071	1,0069	0,833562	13	1	0,03808	0,
0,01096	2916,516	2915,92	2931,575	1,285	8,0181	0,02192	21,1147	1,0073	1,0072	0,859128	14	2	0,03834	0,
0,00937	2946,634	2946,026	2956,896	1,2847	8,0242	0,01874	21,0963	1,0075	1,0074	0,881052	15	3	0,03878	0,
0,00798	2967,157	2966,542	2973,106	1,2846	8,0281	0,01597	20,9168	1,0076	1,0075	0,899792	16	4	0,03939	0,
0,00679	2979,054	2978,436	2981,158	1,2845	8,0302	0,01357	20,5927	1,0077	1,0077	0,915762	17	5	0,04018	0,
0,00575	2983,262	2982,646	2981,971	1,2845	8,0308	0,0115	20,1429	1,0079	1,0078	0,929332	18	6	0,04114	0,
0,00486	2980,681	2980,072	2976,424	1,2845	8,0299	0,00972	19,5878	1,008	1,0079	0,940833	19	7	0,04227	0,
0,0041	2972,167	2971,566	2965,345	1,2846	8,0279	0,0082	18,9479	1,008	1,008	0,950554	20	8	0,04358	0,
0,00345	2958,523	2957,934	2949,51	1,2847	8,0248	0,0069	18,2432	1,0081	1,0081	0,958753	21	9	0,04506	0,
0,0029	2940,497	2939,922	2929,636	1,2849	8,0207	0,00579	17,4924	1,0082	1,0081	0,965652	22	10	0,04671	0,

0,00243	2918,775	2918,216	2906,38	1,2851	8,0158	0,00485	16,7124	1,0082	1,0082	0,971445	23	11	0,04853	0,
0,00203	2893,984	2893,442	2880,334	1,2853	8,0102	0,00406	15,9181	1,0083	1,0082	0,976299	24	12	0,05052	0,
0,00169	2866,684	2866,161	2852,032	1,2856	8,004	0,00339	15,1219	1,0083	1,0083	0,980359	25	13	0,05268	0,
0,00141	2837,379	2836,874	2821,944	1,2858	7,9972	0,00282	14,3343	1,0083	1,0083	0,983748	26	14	0,05501	0,
0,00117	2806,509	2806,023	2790,485	1,2861	7,9899	0,00235	13,5635	1,0083	1,0083	0,986572	27	15	0,05751	0,
0,00098	2774,462	2773,995	2758,017	1,2864	7,9822	0,00195	12,816	1,0084	1,0084	0,988921	28	16	0,06017	0,
0,00081	2741,572	2741,125	2724,849	1,2868	7,9742	0,00162	12,0963	1,0084	1,0084	0,990871	29	17	0,06299	0,
0,00067	2708,127	2707,698	2691,249	1,2871	7,9658	0,00134	11,4078	1,0084	1,0084	0,992488	30	18	0,06598	0,
0,00055	2674,371	2673,962	2657,441	1,2875	7,9571	0,00111	10,7524	1,0084	1,0084	0,993827	31	19	0,06913	0,
0,00046	2640,512	2640,121	2623,617	1,2878	7,9483	0,00091	10,1313	1,0084	1,0084	0,994934	32	20	0,07244	0,
0,00038	2606,721	2606,348	2589,932	1,2882	7,9392	0,00075	9,54477	1,0084	1,0084	0,995847	33	21	0,07591	0,
0,00031	2573,143	2572,787	2556,519	1,2886	7,93	0,00062	8,99242	1,0084	1,0084	0,9966	34	22	0,07954	0,
0,00025	2539,894	2539,555	2523,482	1,289	7,9207	0,00051	8,47352	1,0084	1,0084	0,99722	35	23	0,08332	0,
0,00021	2507,07	2506,746	2490,908	1,2894	7,9112	0,00042	7,98694	1,0084	1,0084	0,997729	36	24	0,08725	0,
0,00017	2474,746	2474,436	2458,863	1,2898	7,9017	0,00034	7,53135	1,0084	1,0084	0,998147	37	25	0,09134	0,
0,00014	2442,981	2442,686	2427,401	1,2902	7,8921	0,00028	7,10526	1,0084	1,0084	0,99849	38	26	0,09557	0,
0,00011	2411,822	2411,54	2396,562	1,2906	7,8825	0,00023	6,70709	1,0084	1,0084	0,998771	39	27	0,09995	0,
9,4E-05	2381,302	2381,033	2366,374	1,291	7,8729	0,00019	6,33523	1,0084	1,0084	0,999	40	28	0,10448	0,

Таблица А2 - Результаты теплового расчета проектируемого двигателя при $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке	Температура предполагаемая, К	Температура действительная, К	Средняя температура на участке, К	k1-2	K1-2	Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке	Давление газов в процессе сгорания	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Доля выгоревшего топлива	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Угол
0,02838	914,6489	914,6489	1011,827			0,05675	4,20636	1	1	0	0	-15	
0,03525	1109,006	1109,001	1206,356	1,33312	7,00389	0,07049	5,33284	1,0005	1,00025	0,0568	1	-14	
0,03640	1303,707	1303,684	1397,899	1,32085	7,23346	0,07280	6,54977	1,0011	1,00081	0,1272	2	-13	
0,03583	1492,09	1492,03	1581,68	1,31217	7,40673	0,07166	7,82154	1,0018	1,00145	0,2	3	-12	
0,03439	1671,27	1671,158	1755,532	1,30587	7,53874	0,06878	9,12587	1,0024	1,00208	0,2717	4	-11	
0,03248	1839,794	1839,619	1918,353	1,30116	7,64097	0,06496	10,44404	1,003	1,0027	0,3405	5	-10	

0,03032	1996,912	1996,67	2069,589	1,29756	7,72140	0,06064	11,75786	1,0036	1,00329	0,4054	6	-9
0,02805	2142,265	2141,953	2208,996	1,29474	7,78555	0,05611	13,04871	1,0041	1,00385	0,4661	7	-8
0,02577	2275,727	2275,347	2336,525	1,29251	7,83729	0,05154	14,29718	1,0046	1,00436	0,5222	8	-7
0,02353	2397,323	2396,877	2452,248	1,29072	7,87936	0,04705	15,48321	1,0051	1,00484	0,5737	9	-6
0,02137	2507,174	2506,667	2556,325	1,28928	7,91378	0,04274	16,58662	1,0055	1,00527	0,6208	10	-5
0,01932	2605,476	2604,913	2648,979	1,28810	7,94203	0,03864	17,58772	1,0059	1,00567	0,6635	11	-4
0,01740	2692,481	2691,868	2730,487	1,28714	7,96522	0,03480	18,46823	1,0062	1,00603	0,7022	12	-3
0,01561	2768,493	2767,836	2801,179	1,28636	7,98420	0,03123	19,21220	1,0065	1,00635	0,737	13	-2
0,01396	2833,864	2833,17	2861,432	1,28573	7,99964	0,02793	19,80699	1,0068	1,00665	0,7682	14	-1
0,01245	2889	2888,275	2911,678	1,28522	8,01205	0,02490	20,24400	1,007	1,00691	0,7961	15	0
0,01107	2934,357	2933,606	2952,398	1,28483	8,02185	0,02214	20,51923	1,0073	1,00714	0,821	16	1
0,00982	2970,44	2969,671	2984,121	1,28452	8,02937	0,01964	20,63354	1,0074	1,00735	0,8432	17	2
0,00869	2997,803	2997,022	3007,424	1,28430	8,03489	0,01738	20,59252	1,0076	1,00753	0,8628	18	3
0,00767	3017,044	3016,255	3022,916	1,28415	8,03865	0,01534	20,40601	1,0078	1,0077	0,8802	19	4
0,00676	3028,788	3027,998	3031,238	1,28406	8,04083	0,01352	20,08742	1,0079	1,00784	0,8955	20	5
0,00594	3033,688	3032,9	3033,045	1,28403	8,04161	0,01188	19,65276	1,008	1,00797	0,909	21	6
0,00521	3032,402	3031,62	3028,995	1,28404	8,04114	0,01043	19,11971	1,0081	1,00808	0,9209	22	7
0,00457	3025,589	3024,818	3019,741	1,28411	8,03956	0,00913	18,50658	1,0082	1,00818	0,9313	23	8
0,00399	3013,894	3013,136	3005,916	1,28421	8,03697	0,00799	17,83148	1,0083	1,00826	0,9405	24	9
0,00349	2997,938	2997,196	2988,125	1,28435	8,03349	0,00697	17,11159	1,0084	1,00834	0,9485	25	10
0,00304	2978,312	2977,588	2966,938	1,28453	8,02922	0,00608	16,36265	1,0084	1,00841	0,9554	26	11
0,00264	2955,565	2954,861	2942,886	1,28473	8,02424	0,00529	15,59857	1,0085	1,00846	0,9615	27	12
0,00230	2930,207	2929,524	2916,455	1,28496	8,01864	0,00459	14,83134	1,0085	1,00851	0,9668	28	13
0,00199	2902,702	2902,041	2888,084	1,28521	8,01248	0,00399	14,07092	1,0086	1,00856	0,9714	29	14
0,00173	2873,467	2872,828	2858,171	1,28548	8,00582	0,00345	13,32535	1,0086	1,0086	0,9754	30	15
0,00149	2842,874	2842,259	2827,064	1,28577	7,99874	0,00299	12,60090	1,0086	1,00863	0,9788	31	16
0,00129	2811,254	2810,661	2795,073	1,28607	7,99129	0,00258	11,90224	1,0087	1,00866	0,9818	32	17
0,00111	2778,893	2778,323	2762,467	1,28639	7,98351	0,00223	11,23269	1,0087	1,00868	0,9844	33	18
0,00096	2746,042	2745,495	2729,478	1,28672	7,97544	0,00192	10,59439	1,0087	1,0087	0,9866	34	19
0,00083	2712,915	2712,39	2696,306	1,28706	7,96714	0,00166	9,98856	1,0087	1,00872	0,9886	35	20
0,00071	2679,696	2679,193	2663,119	1,28741	7,95863	0,00142	9,41561	1,0087	1,00874	0,9902	36	21
0,00061	2646,541	2646,059	2630,06	1,28777	7,94994	0,00122	8,87537	1,0088	1,00875	0,9916	37	22

0,00052	2613,579	2613,117	2597,248	1,28814	7,94111	0,00105	8,36723	1,0088	1,00876	0,9929	38	23
0,00045	2580,917	2580,476	2564,781	1,28851	7,93216	0,00090	7,89022	1,0088	1,00877	0,9939	39	24
0,00039	2548,646	2548,223	2532,741	1,28889	7,92312	0,00077	7,44312	1,0088	1,00878	0,9948	40	25
0,00033	2516,836	2516,432	2501,191	1,289268	7,91400	0,00066	7,02457	1,0088	1,00879	0,9956	41	26
0,00028	2485,545	2485,158	2470,182	1,289652	7,90483	0,00056	6,63312	1,0088	1,00879	0,9962	42	27
0,00024	2454,819	2454,449	2439,755	1,290039	7,89562	0,00048	6,26725	1,0088	1,0088	0,9968	43	28
0,00021	2424,692	2424,337	2409,94	1,290428	7,88639	0,00041	5,92543	1,0088	1,0088	0,9973	44	29
0,00018	2395,188	2394,849	2380,758	1,290818	7,87715	0,00035	5,60618	1,0088	1,00881	0,9977	45	30
0,00015	2366,327	2366,001	2352,223	1,29121	7,86790	0,00030	5,30802	1,0088	1,00881	0,998	46	31
0,00013	2338,119	2337,807	2324,345	1,291602	7,85867	0,00025	5,02956	1,0088	1,00881	0,9983	47	32
0,00011	2310,571	2310,271	2297,127	1,291993	7,84947	0,00022	4,76946	1,0088	1,00882	0,9986	48	33
0,00009	2283,684	2283,396	2270,57	1,292385	7,84029	0,00018	4,52642	1,0088	1,00882	0,9988	49	34
0,00008	2257,456	2257,179	2244,669	1,292776	7,83115	0,00016	4,29927	1,0088	1,00882	0,999	50	35

Таблица А3 - Результаты теплового расчета проектируемого двигателя при $n = 3500 \text{ мин}^{-1}$

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке	Температура предполагаемая, К	Температура действительная, К	Средняя температура на участке, К	k1-2	K1-2	Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке	Давление газов в процессе сгорания	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Доля выгоревшего топлива	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ
0,02109	827,7766	827,7766	907,1111			0,042181	2,95723	1	1	0	0	-20
0,0273	986,4455	986,6328	1068,285	1,34222	6,84418	0,054603	3,69338	0,99993	0,99996	0,042181	1	-19
0,02906	1150,124	1150,968	1231,409	1,32939	7,07187	0,058112	4,51387	0,99983	0,99988	0,096784	2	-18
0,02941	1312,695	1314,677	1392,098	1,31987	7,25259	0,058818	5,39997	0,99973	0,99978	0,154897	3	-17
0,02901	1471,502	1474,958	1548,309	1,3127	7,39585	0,058012	6,34216	0,99962	0,99968	0,213715	4	-16
0,02814	1625,116	1630,258	1698,9	1,30719	7,51064	0,056285	7,33356	0,99952	0,99957	0,271727	5	-15
0,02699	1772,683	1779,628	1843,168	1,30286	7,60377	0,053975	8,36778	0,99942	0,99947	0,328011	6	-14
0,02565	1913,653	1922,451	1980,656	1,29939	7,68026	0,051302	9,43795	0,99933	0,99938	0,381987	7	-13
0,02421	2047,658	2058,309	2111,048	1,29657	7,74373	0,048417	10,5361	0,99924	0,99928	0,433289	8	-12
0,02271	2174,438	2186,908	2234,12	1,29425	7,79688	0,045425	11,6527	0,99915	0,9992	0,481706	9	-11
0,0212	2293,801	2308,029	2349,701	1,29232	7,84172	0,042405	12,7766	0,99907	0,99911	0,527131	10	-10

0,01971	2405,6	2421,505	2457,655	1,29071	7,87977	0,039415	13,8948	0,999	0,99904	0,569536	11	-9
0,01825	2509,711	2527,197	2557,868	1,28934	7,9122	0,036495	14,9924	0,99893	0,99896	0,608951	12	-8
0,01684	2606,026	2624,987	2650,241	1,28819	7,93991	0,033676	16,0528	0,99887	0,99889	0,645446	13	-7
0,01549	2694,457	2714,774	2734,692	1,28721	7,96361	0,030978	17,0584	0,99881	0,99884	0,679122	14	-6
0,01421	2774,927	2796,476	2811,156	1,28637	7,98386	0,028417	17,9907	0,99875	0,99878	0,7101	15	-5
0,013	2847,386	2870,035	2879,599	1,28567	8,00111	0,025999	18,8316	0,9987	0,99873	0,738517	16	-4
0,01186	2911,812	2935,425	2940,018	1,28507	8,01571	0,023729	19,5636	0,99866	0,99868	0,764516	17	-3
0,0108	2968,225	2992,663	2992,459	1,28458	8,02796	0,02161	20,1717	0,99861	0,99863	0,788245	18	-2
0,00982	3016,693	3041,816	3037,018	1,28417	8,03812	0,019638	20,6435	0,99858	0,9986	0,809855	19	-1
0,00891	3057,343	3083,011	3073,854	1,28383	8,04637	0,017811	20,9705	0,99854	0,99856	0,829493	20	0
0,00806	3090,365	3116,442	3103,19	1,28357	8,0529	0,016124	21,1485	0,99851	0,99853	0,847303	21	1
0,00729	3116,015	3142,368	3125,314	1,28337	8,05785	0,014571	21,1778	0,99848	0,9985	0,863427	22	2
0,00657	3134,613	3161,116	3140,576	1,28323	8,06137	0,013145	21,0634	0,99846	0,99847	0,877998	23	3
0,00592	3146,539	3173,074	3149,382	1,28314	8,06358	0,01184	20,8141	0,99843	0,99844	0,891143	24	4
0,00532	3152,225	3178,682	3152,184	1,2831	8,06458	0,010648	20,4423	0,99841	0,99842	0,902983	25	5
0,00478	3152,142	3178,422	3149,467	1,28311	8,06448	0,009562	19,9631	0,99839	0,9984	0,913631	26	6
0,00429	3146,792	3172,804	3141,741	1,28315	8,06337	0,008575	19,393	0,99838	0,99839	0,923194	27	7
0,00384	3136,691	3162,356	3129,524	1,28323	8,06135	0,00768	18,7492	0,99836	0,99837	0,931769	28	8
0,00343	3122,357	3147,607	3113,33	1,28335	8,0585	0,006869	18,0489	0,99835	0,99835	0,939448	29	9
0,00307	3104,302	3129,077	3093,662	1,28349	8,0549	0,006135	17,3084	0,99834	0,99834	0,946317	30	10
0,00274	3083,021	3107,272	3071,002	1,28366	8,05061	0,005474	16,5424	0,99833	0,99833	0,952452	31	11
0,00244	3058,982	3082,667	3045,803	1,28386	8,04572	0,004878	15,7643	0,99832	0,99832	0,957926	32	12
0,00217	3032,623	3055,709	3018,486	1,28408	8,04028	0,004342	14,9855	0,99831	0,99831	0,962804	33	13
0,00193	3004,348	3026,809	2989,436	1,28432	8,03436	0,003861	14,2154	0,9983	0,9983	0,967146	34	14
0,00171	2974,524	2996,341	2959,003	1,28458	8,028	0,003429	13,4615	0,99829	0,9983	0,971007	35	15
0,00152	2943,481	2964,641	2927,498	1,28485	8,02126	0,003042	12,73	0,99829	0,99829	0,974436	36	16
0,00135	2911,515	2932,007	2895,199	1,28514	8,01419	0,002697	12,0251	0,99828	0,99828	0,977478	37	17
0,00119	2878,883	2898,703	2862,348	1,28544	8,00683	0,002388	11,35	0,99828	0,99828	0,980175	38	18
0,00106	2845,813	2864,96	2829,157	1,28575	7,99922	0,002112	10,7066	0,99827	0,99827	0,982563	39	19
0,00093	2812,501	2830,977	2795,809	1,28607	7,99138	0,001867	10,0962	0,99827	0,99827	0,984675	40	20
0,00082	2779,116	2796,925	2762,459	1,28639	7,98336	0,001649	9,51888	0,99827	0,99827	0,986542	41	21
0,00073	2745,801	2762,95	2729,24	1,28673	7,97519	0,001454	8,97457	0,99826	0,99826	0,988191	42	22

0,00064	2712,679	2729,174	2696,264	1,28707	7,96688	0,001282	8,46255	0,99826	0,99826	0,989645	43	23
0,00056	2679,849	2695,701	2663,623	1,28742	7,95846	0,001129	7,98184	0,99826	0,99826	0,990927	44	24
0,0005	2647,397	2662,617	2631,394	1,28777	7,94995	0,000993	7,53119	0,99826	0,99826	0,992056	45	25
0,00044	2615,391	2629,99	2599,639	1,28813	7,94137	0,000873	7,10922	0,99825	0,99825	0,99305	46	26
0,00038	2583,887	2597,877	2568,408	1,28849	7,93275	0,000767	6,71448	0,99825	0,99825	0,993923	47	27
0,00034	2552,929	2566,323	2537,74	1,28885	7,92408	0,000674	6,34543	0,99825	0,99825	0,99469	48	28
0,0003	2522,552	2535,362	2507,666	1,28921	7,9154	0,000591	6,00055	0,99825	0,99825	0,995364	49	29
0,00026	2492,78	2505,02	2478,207	1,28957	7,9067	0,000518	5,67835	0,99825	0,99825	0,995955	50	30
0,00023	2463,634	2475,317	2449,38	1,28994	7,898	0,000454	5,37736	0,99825	0,99825	0,996473	51	31
0,0002	2435,125	2446,265	2421,193	1,2903	7,88931	0,000397	5,09617	0,99825	0,99825	0,996926	52	32
0,00017	2407,261	2417,87	2393,653	1,29067	7,88065	0,000347	4,83344	0,99825	0,99825	0,997323	53	33
0,00015	2380,045	2390,137	2366,761	1,29104	7,87201	0,000303	4,58789	0,99825	0,99825	0,99767	54	34
0,00013	2353,477	2363,065	2340,515	1,2914	7,8634	0,000265	4,35833	0,99825	0,99825	0,997974	55	35
0,00012	2327,552	2336,649	2314,909	1,29177	7,85483	0,000231	4,14362	0,99824	0,99825	0,998238	56	36
0,0001	2302,266	2310,884	2289,938	1,29213	7,84631	0,000202	3,94271	0,99824	0,99824	0,99847	57	37
8,8E-05	2277,61	2285,762	2265,592	1,29249	7,83784	0,000176	3,75461	0,99824	0,99824	0,998671	58	38
7,7E-05	2253,574	2261,272	2241,861	1,29285	7,82942	0,000153	3,57842	0,99824	0,99824	0,998847	59	39
6,7E-05	2230,148	2237,404	2218,734	1,29321	7,82106	0,000133	3,41328	0,99824	0,99824	0,999	60	40

Таблица А4 - Результаты теплового расчета проектируемого двигателя при $n = 5200 \text{ мин}^{-1}$

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке	Температура предполагаемая, К	Температура действительная, К	Средняя температура на участке, К	k1-2	K1-2	Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке	Давление газов в процессе сгорания	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Доля выгоревшего топлива	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ
0,01608	760,289	760,289	822,949			0,03217	2,23063	1	1	0	0	-24
0,02158	885,608	885,766	951,862	1,3511	6,696334	0,043154	2,72093	0,9996	0,999798	0,03217	1	-23
0,02352	1018,12	1018,87	1085,3	1,33839	6,910308	0,047044	3,27705	0,99906	0,999326	0,075324	2	-22
0,02432	1152,48	1154,33	1219,4	1,32845	7,089157	0,048647	3,88786	0,99847	0,998761	0,122368	3	-21
0,02449	1286,31	1289,62	1352,29	1,32068	7,236758	0,048973	4,54879	0,99786	0,998162	0,171015	4	-20
0,02424	1418,27	1423,32	1482,9	1,31452	7,358985	0,048475	5,25754	0,99724	0,99755	0,219988	5	-19

0,02371	1547,54	1554,5	1610,53	1,30955	7,460987	0,047418	6,01254	0,99664	0,99694	0,268463	6	-18
0,02298	1673,53	1682,52	1734,7	1,30549	7,54685	0,045969	6,81234	0,99604	0,996339	0,315881	7	-17
0,02212	1795,86	1806,92	1855,02	1,30213	7,619738	0,04425	7,6551	0,99547	0,995754	0,36185	8	-16
0,02117	1914,19	1927,36	1971,23	1,29931	7,682088	0,042347	8,5383	0,99491	0,995188	0,4061	9	-15
0,02016	2028,27	2043,53	2083,07	1,29692	7,735786	0,040326	9,45845	0,99438	0,994646	0,448446	10	-14
0,01912	2137,87	2155,19	2190,34	1,29488	7,782306	0,038238	10,4108	0,99387	0,994128	0,488772	11	-13
0,01806	2242,8	2262,13	2292,83	1,29313	7,822804	0,036123	11,389	0,9934	0,993635	0,52701	12	-12
0,01701	2342,86	2364,13	2390,35	1,29162	7,858198	0,034012	12,3851	0,99294	0,993169	0,563134	13	-11
0,01596	2437,84	2460,98	2482,69	1,29031	7,889218	0,031929	13,3893	0,99252	0,99273	0,597146	14	-10
0,01495	2527,55	2552,45	2569,66	1,28917	7,916454	0,029891	14,3898	0,99212	0,992317	0,629074	15	-9
0,01396	2611,77	2638,34	2651,03	1,28817	7,940379	0,027914	15,3728	0,99174	0,99193	0,658965	16	-8
0,013	2690,29	2718,42	2726,59	1,2873	7,961379	0,026007	16,3231	0,99139	0,991567	0,686879	17	-7
0,01209	2762,9	2792,46	2796,14	1,28654	7,97977	0,024179	17,2239	0,99107	0,991229	0,712887	18	-6
0,01122	2829,39	2860,26	2859,49	1,28589	7,995812	0,022435	18,058	0,99076	0,990915	0,737066	19	-5
0,01039	2889,6	2921,62	2916,47	1,28532	8,009719	0,020777	18,8081	0,99048	0,990623	0,759501	20	-4
0,0096	2943,35	2976,39	2966,95	1,28483	8,021673	0,019208	19,4577	0,99022	0,990352	0,780278	21	-3
0,00886	2990,54	3024,44	3010,83	1,28442	8,031827	0,017728	19,9923	0,98998	0,990102	0,799486	22	-2
0,00817	3031,12	3065,73	3048,1	1,28408	8,040315	0,016336	20,4002	0,98976	0,98987	0,817214	23	-1
0,00752	3065,08	3100,25	3078,79	1,2838	8,047254	0,01503	20,6729	0,98955	0,989657	0,83355	24	0
0,0069	3092,5	3128,07	3103,01	1,28358	8,05275	0,013809	20,8064	0,98937	0,98946	0,84858	25	1
0,00634	3113,53	3149,35	3120,95	1,28341	8,0569	0,01267	20,8007	0,98919	0,98928	0,86239	26	2
0,0058	3128,37	3164,3	3132,83	1,28329	8,059796	0,01161	20,6603	0,98903	0,989114	0,87506	27	3
0,00531	3137,3	3173,21	3138,99	1,28322	8,061525	0,010624	20,3935	0,98889	0,988961	0,88667	28	4
0,00486	3140,67	3176,43	3139,77	1,2832	8,062169	0,009711	20,0118	0,98876	0,988822	0,897294	29	5
0,00443	3138,87	3174,36	3135,59	1,28321	8,06181	0,008865	19,5294	0,98863	0,988695	0,907005	30	6
0,00404	3132,3	3167,42	3126,86	1,28327	8,060525	0,008084	18,9619	0,98852	0,988578	0,91587	31	7
0,00368	3121,42	3156,07	3114,05	1,28335	8,058389	0,007364	18,3254	0,98842	0,988472	0,923955	32	8
0,00335	3106,68	3140,79	3097,6	1,28347	8,055476	0,006701	17,6363	0,98833	0,988375	0,931319	33	9
0,00305	3088,52	3122,02	3077,96	1,28361	8,051855	0,006091	16,9098	0,98825	0,988287	0,93802	34	10
0,00277	3067,4	3100,22	3055,56	1,28378	8,047592	0,005532	16,1602	0,98817	0,988207	0,944111	35	11
0,00251	3043,72	3075,82	3030,81	1,28398	8,042749	0,005018	15,3999	0,9881	0,988134	0,949643	36	12
0,00227	3017,89	3049,23	3004,09	1,2842	8,037387	0,004548	14,6397	0,98804	0,988068	0,954661	37	13

0,00206	2990,28	3020,82	2975,75	1,28443	8,03156	0,004119	13,8885	0,98798	0,988008	0,95921	38	14
0,00186	2961,21	2990,94	2946,11	1,28468	8,025319	0,003726	13,1537	0,98793	0,987954	0,963328	39	15
0,00168	2931	2959,9	2915,45	1,28495	8,018712	0,003368	12,4409	0,98788	0,987905	0,967055	40	16
0,00152	2899,91	2927,97	2884,05	1,28523	8,011782	0,003042	11,7541	0,98784	0,98786	0,970423	41	17
0,00137	2868,18	2895,39	2852,11	1,28553	8,00457	0,002745	11,0965	0,9878	0,98782	0,973465	42	18
0,00124	2836,03	2862,39	2819,84	1,28583	7,997111	0,002475	10,4697	0,98777	0,987784	0,976211	43	19
0,00112	2803,64	2829,16	2787,4	1,28615	7,98944	0,00223	9,87498	0,98774	0,987751	0,978686	44	20
0,001	2771,16	2795,84	2754,95	1,28647	7,981585	0,002008	9,31248	0,98771	0,987722	0,980916	45	21
0,0009	2738,73	2762,58	2722,6	1,2868	7,973576	0,001806	8,78201	0,98768	0,987695	0,982924	46	22
0,00081	2706,47	2729,5	2690,47	1,28713	7,965435	0,001624	8,28289	0,98766	0,987671	0,98473	47	23
0,00073	2674,47	2696,69	2658,64	1,28747	7,957186	0,001458	7,81416	0,98764	0,98765	0,986354	48	24
0,00065	2642,81	2664,24	2627,19	1,28782	7,948848	0,001309	7,37463	0,98762	0,98763	0,987812	49	25
0,00059	2611,56	2632,21	2596,17	1,28817	7,94044	0,001174	6,96296	0,9876	0,987613	0,989121	50	26
0,00053	2580,77	2600,65	2565,63	1,28852	7,931978	0,001053	6,57773	0,98759	0,987598	0,990296	51	27
0,00047	2550,49	2569,62	2535,62	1,28887	7,923477	0,000943	6,21747	0,98758	0,987584	0,991348	52	28
0,00042	2520,75	2539,15	2506,16	1,28923	7,914949	0,000844	5,8807	0,98757	0,987571	0,992291	53	29
0,00038	2491,58	2509,26	2477,28	1,28959	7,906407	0,000755	5,56598	0,98755	0,98756	0,993135	54	30
0,00034	2462,99	2479,97	2448,99	1,28994	7,897862	0,000675	5,27188	0,98755	0,98755	0,99389	55	31
0,0003	2435	2451,3	2421,31	1,2903	7,889322	0,000603	4,99705	0,98754	0,987541	0,994565	56	32
0,00027	2407,62	2423,25	2394,23	1,29066	7,880797	0,000538	4,74019	0,98753	0,987533	0,995168	57	33
0,00024	2380,85	2395,83	2367,77	1,29102	7,872294	0,00048	4,50005	0,98752	0,987526	0,995706	58	34
0,00021	2354,69	2369,04	2341,92	1,29138	7,863821	0,000428	4,27549	0,98752	0,987519	0,996187	59	35
0,00019	2329,15	2342,88	2316,68	1,29174	7,855383	0,000382	4,0654	0,98751	0,987514	0,996615	60	36
0,00017	2304,22	2317,35	2292,05	1,2921	7,846985	0,00034	3,86876	0,98751	0,987509	0,996997	61	37
0,00015	2279,89	2292,43	2268,02	1,29246	7,838634	0,000303	3,68462	0,9875	0,987504	0,997337	62	38
0,00013	2256,15	2268,12	2244,57	1,29281	7,830333	0,000269	3,51209	0,9875	0,9875	0,99764	63	39
0,00012	2233	2244,41	2221,71	1,29317	7,822087	0,00024	3,35035	0,98749	0,987496	0,99791	64	40
0,00011	2210,42	2221,3	2199,42	1,29352	7,813898	0,000213	3,19862	0,98749	0,987493	0,998149	65	41
9,5E-05	2188,41	2198,76	2177,68	1,29387	7,80577	0,000189	3,0562	0,98749	0,98749	0,998362	66	42

Таблица А5 - Результаты теплового расчета проектируемого двигателя при $n = 6000 \text{ мин}^{-1}$

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке	Температура предполагаемая, К	Температура действительная, К	Средняя температура на участке, К	k_{1-2}	K_{1-2}	Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке	Давление газов в процессе сгорания	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Доля выгоревшего топлива	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Удельный объем
0,013561	709,64	709,64	761,64			0,027122	1,677049	1	1	0	0	-28	0
0,018735	813,63	813,75	869,50	1,359	6,58	0,03747	2,00978	0,999582	0,999791	0,027122	1	-27	0
0,020771	925,37	925,97	982,73	1,346	6,78	0,041542	2,390623	0,999005	0,999293	0,064591	2	-26	0
0,021775	1040,09	1041,60	1097,84	1,336	6,95	0,043551	2,812143	0,998365	0,998685	0,106134	3	-25	0
0,02219	1155,58	1158,35	1213,09	1,328	7,10	0,044381	3,271663	0,997694	0,998029	0,149684	4	-24	0
0,022217	1270,60	1274,91	1327,48	1,321	7,23	0,044433	3,768332	0,99701	0,997352	0,194065	5	-23	0
0,021969	1384,36	1390,40	1440,35	1,316	7,34	0,043938	4,302123	0,996325	0,996667	0,238498	6	-22	0
0,021523	1496,34	1504,26	1551,24	1,311	7,43	0,043046	4,873378	0,995648	0,995987	0,282437	7	-21	0
0,020931	1606,15	1616,04	1659,83	1,307	7,51	0,041862	5,482537	0,994985	0,995316	0,325483	8	-20	0
0,020233	1713,52	1725,44	1765,87	1,304	7,57	0,040467	6,129942	0,99434	0,994662	0,367345	9	-19	0
0,01946	1818,22	1832,20	1869,15	1,301	7,63	0,038919	6,815656	0,993716	0,994028	0,407812	10	-18	0
0,018634	1920,08	1936,13	1969,51	1,299	7,69	0,037268	7,539291	0,993117	0,993416	0,446731	11	-17	0
0,017775	2018,94	2037,04	2066,79	1,297	7,73	0,03555	8,299821	0,992542	0,992829	0,483999	12	-16	0
0,016898	2114,64	2134,77	2160,84	1,295	7,77	0,033796	9,095379	0,991995	0,992268	0,519549	13	-15	0
0,016015	2207,05	2229,17	2251,53	1,294	7,81	0,03203	9,923053	0,991474	0,991734	0,553345	14	-14	0
0,015137	2296,01	2320,07	2338,69	1,292	7,84	0,030273	10,77866	0,99098	0,991227	0,585375	15	-13	0
0,01427	2381,36	2407,31	2422,14	1,291	7,87	0,02854	11,65656	0,990514	0,990747	0,615648	16	-12	0
0,013421	2462,93	2490,69	2501,72	1,290	7,90	0,026842	12,54946	0,990074	0,990294	0,644188	17	-11	0
0,012596	2540,51	2570,00	2577,20	1,289	7,92	0,025191	13,44829	0,989661	0,989867	0,671103	18	-10	0
0,011797	2613,89	2645,03	2648,38	1,288	7,94	0,023594	14,34216	0,989272	0,989466	0,696222	19	-9	0
0,011028	2682,86	2715,54	2715,01	1,287	7,96	0,022056	15,21845	0,988909	0,989091	0,719816	20	-8	0
0,010291	2747,16	2781,28	2776,86	1,287	7,97	0,020581	16,06299	0,988569	0,988739	0,741872	21	-7	0
0,009587	2806,56	2842,00	2833,70	1,286	7,99	0,019173	16,86043	0,988252	0,98841	0,762453	22	-6	0
0,008916	2860,83	2897,45	2885,29	1,286	8,00	0,017832	17,59481	0,987956	0,988104	0,781626	23	-5	0
0,00828	2909,74	2947,42	2931,43	1,285	8,01	0,01656	18,25024	0,987682	0,987819	0,799459	24	-4	0
0,007678	2953,12	2991,70	2971,96	1,285	8,02	0,015357	18,81171	0,987426	0,987554	0,816019	25	-3	0
0,00711	2990,80	3030,15	3006,75	1,284	8,03	0,014221	19,26597	0,98719	0,987308	0,831376	26	-2	0

0,006576	3022,70	3062,65	3035,73	1,284	8,04	0,013151	19,60236	0,986971	0,98708	0,845596	27	-1	0,
0,006073	3048,77	3089,19	3058,92	1,284	8,04	0,012147	19,81351	0,986768	0,986869	0,858747	28	0	0,
0,005602	3069,07	3109,79	3076,37	1,284	8,05	0,011205	19,89587	0,986581	0,986675	0,870894	29	1	0,
0,005162	3083,68	3124,56	3088,23	1,284	8,05	0,010324	19,84989	0,986408	0,986495	0,882099	30	2	0,
0,004751	3092,78	3133,68	3094,70	1,284	8,05	0,009502	19,68001	0,986249	0,986329	0,892423	31	3	0,
0,004368	3096,62	3137,40	3096,05	1,284	8,05	0,008735	19,39425	0,986103	0,986176	0,901925	32	4	0,
0,004011	3095,49	3136,02	3092,61	1,284	8,05	0,008022	19,00362	0,985968	0,986036	0,91066	33	5	0,
0,00368	3089,73	3129,89	3084,73	1,284	8,05	0,007359	18,52137	0,985845	0,985906	0,918682	34	6	0,
0,003372	3079,73	3119,42	3072,80	1,284	8,05	0,006744	17,96213	0,985731	0,985788	0,926041	35	7	0,
0,003087	3065,88	3105,01	3057,24	1,284	8,05	0,006175	17,34112	0,985627	0,985679	0,932785	36	8	0,
0,002824	3048,60	3087,09	3038,45	1,284	8,04	0,005648	16,67338	0,985532	0,98558	0,93896	37	9	0,
0,002581	3028,30	3066,08	3016,84	1,284	8,04	0,005162	15,97318	0,985445	0,985489	0,944608	38	10	0,
0,002356	3005,39	3042,39	2992,82	1,284	8,03	0,004713	15,25359	0,985366	0,985405	0,94977	39	11	0,
0,00215	2980,24	3016,43	2966,74	1,285	8,03	0,004299	14,52614	0,985293	0,985329	0,954483	40	12	0,
0,001959	2953,23	2988,56	2938,96	1,285	8,02	0,003918	13,80074	0,985227	0,98526	0,958782	41	13	0,
0,001784	2924,69	2959,13	2909,81	1,285	8,02	0,003568	13,08558	0,985166	0,985197	0,9627	42	14	0,
0,001624	2894,93	2928,45	2879,57	1,285	8,01	0,003247	12,38726	0,985111	0,985139	0,966269	43	15	0,
0,001476	2864,21	2896,81	2848,50	1,286	8,00	0,002952	11,71087	0,985061	0,985086	0,969516	44	16	0,
0,001341	2832,79	2864,46	2816,84	1,286	8,00	0,002682	11,06014	0,985016	0,985039	0,972468	45	17	0,
0,001217	2800,89	2831,62	2784,80	1,286	7,99	0,002435	10,43769	0,984975	0,984995	0,97515	46	18	0,
0,001104	2768,70	2798,49	2752,54	1,286	7,98	0,002209	9,845119	0,984937	0,984956	0,977585	47	19	0,
0,001001	2736,38	2765,23	2720,22	1,287	7,97	0,002002	9,283264	0,984903	0,98492	0,979794	48	20	0,
0,000907	2704,07	2732,00	2687,98	1,287	7,96	0,001814	8,752299	0,984872	0,984888	0,981796	49	21	0,
0,000821	2671,89	2698,91	2655,92	1,287	7,96	0,001642	8,251904	0,984844	0,984858	0,98361	50	22	0,
0,000742	2639,95	2666,07	2624,14	1,288	7,95	0,001485	7,781374	0,984819	0,984832	0,985251	51	23	0,
0,000671	2608,33	2633,57	2592,72	1,288	7,94	0,001342	7,339729	0,984796	0,984807	0,986736	52	24	0,
0,000606	2577,11	2601,47	2561,72	1,289	7,93	0,001212	6,925789	0,984775	0,984786	0,988079	53	25	0,
0,000547	2546,33	2569,83	2531,18	1,289	7,92	0,001095	6,53825	0,984757	0,984766	0,989291	54	26	0,
0,000494	2516,04	2538,71	2501,16	1,289	7,91	0,000987	6,175733	0,98474	0,984748	0,990386	55	27	0,
0,000445	2486,28	2508,14	2471,69	1,290	7,91	0,00089	5,836824	0,984725	0,984732	0,991373	56	28	0,
0,000401	2457,09	2478,15	2442,78	1,290	7,90	0,000802	5,520111	0,984711	0,984718	0,992263	57	29	0,
0,000361	2428,47	2448,76	2414,47	1,290	7,89	0,000722	5,224206	0,984699	0,984705	0,993065	58	30	0,

0,000325	2400,46	2419,98	2386,75	1,291	7,88	0,00065	4,947759	0,984687	0,984693	0,993787	59	31	0,
0,000292	2373,04	2391,82	2359,64	1,291	7,87	0,000584	4,689475	0,984677	0,984682	0,994437	60	32	0,
0,000263	2346,24	2364,30	2333,145	1,291	7,86	0,000525	4,448119	0,984668	0,984673	0,995022	61	33	0,
0,000236	2320,05	2337,41	2307,26	1,292	7,85	0,000472	4,222521	0,98466	0,984664	0,995547	62	34	0,
0,000212	2294,47	2311,15	2281,99	1,292	7,84	0,000424	4,01158	0,984653	0,984657	0,996019	63	35	0,
0,00019	2269,50	2285,51	2257,32	1,293	7,84	0,00038	3,814261	0,984646	0,98465	0,996443	64	36	0,
0,00017	2245,14	2260,49	2233,25	1,293	7,83	0,000341	3,629597	0,984641	0,984644	0,996823	65	37	0,
0,000153	2221,37	2236,09	2209,77	1,293	7,82	0,000306	3,456688	0,984635	0,984638	0,997164	66	38	0,
0,000137	2198,18	2212,29	2186,87	1,294	7,81	0,000274	3,294695	0,984631	0,984633	0,997469	67	39	0,
0,000123	2175,57	2189,08	2164,55	1,294	7,80	0,000245	3,142838	0,984626	0,984629	0,997743	68	40	0,
0,00011	2153,53	2166,46	2142,78	1,294	7,79	0,000219	3,000397	0,984623	0,984625	0,997988	69	41	0,
9,81E-05	2132,03	2144,40	2121,56	1,295	7,78	0,000196	2,866701	0,984619	0,984621	0,998207	70	42	0,

Таблица А7 - Результаты теплового расчета двигателя ВА3-341 при $n = 650 \text{ мин}^{-1}$

Доля выделившегося на участке тепла	Средняя температура на участке, К	k_{1-2}	K_{1-2}	Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке	Давление газов в процессе сгорания	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Доля выгоревшего топлива	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$\gamma(f1)$
0,0268	999,0292			0,05355	4,3995	1	1	0	0	-15	900,3097	900,3097	0,05647	0,0428	1,5136
0,037	1200,404	1,334	6,988	0,07401	5,6079	1,0002	1,0001	0,05355	1	-14	1097,749	1097,692	0,05402	0,0373	1,4479
0,0398	1404,162	1,321	7,23	0,07958	6,9516	1,0004	1,0003	0,127558	2	-13	1303,06	1302,847	0,05173	0,0322	1,3867
0,04	1602,149	1,3117	7,416	0,07991	8,3748	1,0007	1,0005	0,207136	3	-12	1505,265	1504,833	0,04961	0,0275	1,3298

0,0387	1790,231	1,305	7,556	0,07737	9,8423	1,0009	1,0008	0,287047	4	-11	1699,033	1698,367	0,04766	0,0231	1,2774
0,0366	1966,112	1,3001	7,664	0,07315	11,326	1,0012	1,0011	0,364419	5	-10	1881,428	1880,536	0,04587	0,0191	1,2294
0,034	2128,528	1,2964	7,747	0,06796	12,8	1,0014	1,0013	0,437566	6	-9	2050,796	2049,697	0,04425	0,0155	1,186
0,0311	2276,859	1,2936	7,813	0,06228	14,24	1,0016	1,0015	0,505525	7	-8	2206,261	2204,979	0,04279	0,0123	1,147
0,0282	2410,907	1,2914	7,864	0,05645	15,623	1,0018	1,0017	0,567807	8	-7	2347,457	2346,016	0,04151	0,0094	1,1126
0,0253	2530,763	1,2896	7,905	0,05067	16,924	1,002	1,0019	0,624253	9	-6	2474,357	2472,778	0,0404	0,0069	1,0828
0,0226	2636,717	1,2883	7,938	0,04512	18,121	1,0022	1,0021	0,674928	10	-5	2587,169	2585,474	0,03945	0,0048	1,0575
0,0199	2729,196	1,2872	7,965	0,03989	19,194	1,0023	1,0023	0,72005	11	-4	2686,264	2684,471	0,03868	0,0031	1,0368
0,0175	2808,728	1,2863	7,986	0,03503	20,122	1,0025	1,0024	0,759938	12	-3	2772,128	2770,253	0,03808	0,0017	1,0207
0,0153	2875,913	1,2856	8,003	0,03059	20,892	1,0026	1,0025	0,79497	13	-2	2845,328	2843,388	0,03765	0,0008	1,0092
0,0133	2931,406	1,285	8,016	0,02656	21,49	1,0027	1,0026	0,825556	14	-1	2906,497	2904,505	0,03739	0,0002	1,0023
0,0115	2975,909	1,2846	8,027	0,02295	21,911	1,0028	1,0027	0,852115	15	0	2956,315	2954,284	0,03731	0	1
0,0099	3010,156	1,2843	8,034	0,01973	22,152	1,0028	1,0028	0,875062	16	1	2995,502	2993,444	0,03739	0,0002	1,0023
0,0084	3034,911	1,2841	8,04	0,0169	22,217	1,0029	1,0029	0,894797	17	2	3024,81	3022,734	0,03765	0,0008	1,0092
0,0072	3050,956	1,2839	8,044	0,01441	22,115	1,0029	1,0029	0,911694	18	3	3045,012	3042,929	0,03808	0,0017	1,0207
0,0061	3059,081	1,2839	8,046	0,01224	21,857	1,003	1,003	0,926103	19	4	3056,899	3054,816	0,03868	0,0031	1,0368
0,0052	3060,079	1,2838	8,046	0,01036	21,461	1,003	1,003	0,938341	20	5	3061,264	3059,19	0,03945	0,0048	1,0575
0,0044	3054,729	1,2839	8,046	0,00873	20,945	1,0031	1,003	0,948698	21	6	3058,894	3056,836	0,0404	0,0069	1,0828
0,0037	3043,788	1,2839	8,044	0,00734	20,328	1,0031	1,0031	0,957432	22	7	3050,563	3048,526	0,04151	0,0094	1,1126
0,0031	3027,985	1,2841	8,041	0,00615	19,632	1,0031	1,0031	0,964773	23	8	3037,014	3035,004	0,04279	0,0123	1,147
0,0026	3008,006	1,2842	8,037	0,00514	18,875	1,0031	1,0031	0,970922	24	9	3018,956	3016,977	0,04425	0,0155	1,186
0,0021	2984,492	1,2844	8,032	0,00428	18,076	1,0032	1,0031	0,976058	25	10	2997,056	2995,112	0,04587	0,0191	1,2294
0,0018	2958,035	1,2846	8,027	0,00355	17,252	1,0032	1,0032	0,980334	26	11	2971,929	2970,024	0,04766	0,0231	1,2774
0,0015	2929,17	1,2849	8,021	0,00294	16,418	1,0032	1,0032	0,983885	27	12	2944,141	2942,276	0,04961	0,0275	1,3298
0,0012	2898,381	1,2851	8,014	0,00243	15,584	1,0032	1,0032	0,986825	28	13	2914,2	2912,378	0,05173	0,0322	1,3867
0,001	2866,095	1,2854	8,007	0,002	14,763	1,0032	1,0032	0,989253	29	14	2882,562	2880,785	0,05402	0,0373	1,4479
0,0008	2832,691	1,2857	8	0,00164	13,961	1,0032	1,0032	0,991252	30	15	2849,629	2847,899	0,05647	0,0428	1,5136
0,0007	2798,496	1,286	7,992	0,00135	13,185	1,0032	1,0032	0,992895	31	16	2815,753	2814,07	0,05908	0,0486	1,5837
0,0006	2763,793	1,2864	7,984	0,0011	12,44	1,0032	1,0032	0,994241	32	17	2781,239	2779,604	0,06186	0,0548	1,658
0,0004	2728,825	1,2867	7,975	0,0009	11,728	1,0032	1,0032	0,995342	33	18	2746,348	2744,761	0,06479	0,0614	1,7367
0,0004	2693,794	1,2871	7,966	0,00073	11,05	1,0032	1,0032	0,99624	34	19	2711,301	2709,762	0,06789	0,0683	1,8196
0,0003	2658,871	1,2875	7,958	0,00059	10,409	1,0032	1,0032	0,996971	35	20	2676,286	2674,795	0,07114	0,0756	1,9067

0,0002	2624,2	1,2878	7,948	0,00048	9,8046	1,0032	1,0032	0,997564	36	21	2641,457	2640,014	0,07454	0,0832	1,998
0,0002	2589,894	1,2882	7,939	0,00039	9,2355	1,0032	1,0032	0,998045	37	22	2606,942	2605,547	0,0781	0,0911	2,0935
0,0002	2556,049	1,2886	7,93	0,00031	8,7012	1,0032	1,0032	0,998434	38	23	2572,846	2571,497	0,08182	0,0994	2,193
0,0001	2522,738	1,289	7,92	0,00025	8,2005	1,0032	1,0032	0,998748	39	24	2539,252	2537,949	0,08568	0,108	2,2965
0,0001	2490,021	1,2894	7,911	0,0002	7,7319	1,0032	1,0032	0,999	40	25	2506,225	2504,968	0,08969	0,117	2,4041

Таблица А8 - Результаты теплового расчета двигателя ВА3-341 при $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$

Доля вы- дели- вшегося на участ- ке тепла	Средняя температура на участке, К	k_{1-2}	K_{1-2}	Среднее значение доли топ- лива сго- ревшего на участке	Давление газов в процессе сгорания	Коэффициент молекулярного изменения ра- бочей смеси	Средний на рас- сматриваемом участке коэффи- циент молеку- лярного измене- ния рабочей сме- си	Доля выго- ревшего топлива	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Темпе- ратура предпо- лагае-мая, К	Темпе- ратура дейст- витель-ная	Удельный объем
0,02042	904,6075			0,04084	3,06431	1	1	0	0	-20	824,6395	824,6395	0,0739
0,02901	1069,957	1,34236	6,84188	0,05803	3,83361	1	1	0,0408	1	-19	984,5755	984,5175	0,0706
0,03201	1241,714	1,32912	7,07687	0,06401	4,71271	1	1	0,0989	2	-18	1155,339	1155,11	0,0673
0,03300	1413,226	1,31916	7,26641	0,06600	5,67357	1,0001	1	0,1629	3	-17	1328,088	1327,607	0,0643
0,03284	1580,958	1,31168	7,41682	0,06568	6,70074	1,0001	1,0001	0,2289	4	-16	1498,364	1497,599	0,0614
0,03195	1742,781	1,30597	7,53656	0,06390	7,78297	1,0001	1,0001	0,2946	5	-15	1663,552	1662,503	0,0587
0,03057	1897,343	1,30154	7,63269	0,06115	8,91036	1,0001	1,0001	0,3585	6	-14	1822,01	1820,688	0,0561
0,02889	2043,768	1,29804	7,71060	0,05778	10,07306	1,0002	1,0001	0,4196	7	-13	1972,676	1971,1	0,0538
0,02702	2181,496	1,29523	7,77434	0,05404	11,26053	1,0002	1,0002	0,4774	8	-12	2114,861	2113,053	0,0515
0,02506	2310,182	1,29296	7,82691	0,05011	12,46107	1,0002	1,0002	0,5314	9	-11	2248,132	2246,115	0,0495
0,02306	2429,626	1,29110	7,87057	0,04613	13,66153	1,0002	1,0002	0,5815	10	-10	2372,232	2370,025	0,0477
0,02109	2539,733	1,28956	7,90703	0,04218	14,84720	1,0002	1,0002	0,6277	11	-9	2487,021	2484,646	0,0460
0,01918	2640,476	1,28828	7,93761	0,03836	16,00181	1,0002	1,0002	0,6699	12	-8	2592,445	2589,92	0,0445
0,01735	2731,88	1,28722	7,96331	0,03469	17,10774	1,0003	1,0003	0,7082	13	-7	2688,508	2685,849	0,0431
0,01562	2814,007	1,28633	7,98493	0,03123	18,14649	1,0003	1,0003	0,7429	14	-6	2775,253	2772,478	0,0420
0,01400	2886,953	1,28559	8,00307	0,02799	19,09919	1,0003	1,0003	0,7741	15	-5	2852,761	2849,886	0,0410
0,01249	2950,846	1,28497	8,01823	0,02498	19,94751	1,0003	1,0003	0,8021	16	-4	2921,144	2918,183	0,0402
0,01111	3005,851	1,28446	8,03079	0,02222	20,67446	1,0003	1,0003	0,8271	17	-3	2980,548	2977,515	0,0396
0,00984	3052,176	1,28405	8,04107	0,01969	21,26546	1,0003	1,0003	0,8493	18	-2	3031,155	3028,065	0,0391
0,00869	3090,074	1,28372	8,04931	0,01738	21,70917	1,0003	1,0003	0,869	19	-1	3073,197	3070,062	0,0388

0,00765	3119,85	1,28346	8,05574	0,01530	21,99833	1,0003	1,0003	0,8864	20	0	3106,951	3103,783	0,0388
0,00672	3141,864	1,28326	8,06053	0,01343	22,13019	1,0003	1,0003	0,9017	21	1	3132,749	3129,561	0,0388
0,00588	3156,527	1,28313	8,06383	0,01175	22,10676	1,0003	1,0003	0,9151	22	2	3150,978	3147,78	0,0391
0,00513	3164,301	1,28305	8,06577	0,01026	21,93462	1,0003	1,0003	0,9269	23	3	3162,076	3158,878	0,0396
0,00446	3165,687	1,28303	8,06647	0,00893	21,62443	1,0003	1,0003	0,9371	24	4	3166,526	3163,338	0,0402
0,00388	3161,22	1,28304	8,06604	0,00775	21,19019	1,0003	1,0003	0,9461	25	5	3164,848	3161,681	0,0410
0,00336	3151,456	1,28310	8,06457	0,00671	20,64830	1,0004	1,0004	0,9538	26	6	3157,592	3154,452	0,0420
0,00290	3136,958	1,28320	8,06215	0,00580	20,01658	1,0004	1,0004	0,9605	27	7	3145,32	3142,214	0,0431
0,00250	3118,287	1,28333	8,05887	0,00500	19,31332	1,0004	1,0004	0,9663	28	8	3128,596	3125,531	0,0445
0,00215	3095,99	1,28349	8,05481	0,00430	18,55643	1,0004	1,0004	0,9713	29	9	3107,978	3104,959	0,0460
0,00185	3070,591	1,28369	8,05005	0,00369	17,76274	1,0004	1,0004	0,9756	30	10	3084,003	3081,035	0,0477
0,00158	3042,584	1,28390	8,04464	0,00316	16,94752	1,0004	1,0004	0,9793	31	11	3057,18	3054,267	0,0495
0,00135	3012,426	1,28414	8,03867	0,00270	16,12421	1,0004	1,0004	0,9825	32	12	3027,988	3025,133	0,0515
0,00115	2980,535	1,28441	8,03219	0,00231	15,30419	1,0004	1,0004	0,9852	33	13	2996,864	2994,071	0,0538
0,00098	2947,291	1,28469	8,02526	0,00196	14,49686	1,0004	1,0004	0,9875	34	14	2964,207	2961,478	0,0561
0,00083	2913,03	1,28498	8,01794	0,00167	13,70969	1,0004	1,0004	0,9895	35	15	2930,375	2927,711	0,0587
0,00071	2878,05	1,28530	8,01026	0,00142	12,94839	1,0004	1,0004	0,9911	36	16	2895,685	2893,087	0,0614
0,00060	2842,609	1,28562	8,00228	0,00120	12,21713	1,0004	1,0004	0,9925	37	17	2860,414	2857,883	0,0643
0,00051	2806,933	1,28596	7,99403	0,00101	11,51873	1,0004	1,0004	0,9937	38	18	2824,804	2822,341	0,0673
0,00043	2771,212	1,28630	7,98556	0,00086	10,85490	1,0004	1,0004	0,9948	39	19	2789,062	2786,666	0,0706
0,00036	2735,609	1,28666	7,97690	0,00072	10,22643	1,0004	1,0004	0,9956	40	20	2753,363	2751,034	0,0739
0,00030	2700,26	1,287023	7,96808	0,00061	9,63341	1,0004	1,0004	0,9963	41	21	2717,856	2715,594	0,0775
0,00025	2665,276	1,287393	7,95912	0,00051	9,07534	1,0004	1,0004	0,9969	42	22	2682,664	2680,469	0,0812
0,00021	2630,75	1,287767	7,95006	0,00043	8,55133	1,0004	1,0004	0,9975	43	23	2647,888	2645,76	0,0850
0,00018	2596,756	1,288147	7,94091	0,00036	8,06015	1,0004	1,0004	0,9979	44	24	2613,612	2611,548	0,0891
0,00015	2563,352	1,28853	7,93170	0,00030	7,60039	1,0004	1,0004	0,9982	45	25	2579,9	2577,901	0,0932
0,00012	2530,584	1,288916	7,92243	0,00025	7,17050	1,0004	1,0004	0,9985	46	26	2546,805	2544,868	0,0976
0,00010	2498,486	1,289304	7,91314	0,00021	6,76884	1,0004	1,0004	0,9988	47	27	2514,364	2512,49	0,1020
0,00009	2467,083	1,289694	7,90383	0,00017	6,39378	1,0004	1,0004	0,999	48	28	2482,608	2480,795	0,1067

Таблица А9 - Результаты теплового расчета двигателя ВАЗ-341 при $n = 2500 \text{ мин}^{-1}$

Доля	Средняя температура	k_{1-2}	K_{1-2}	Среднее значение	Давление газов в	Коэффициент	Средний на	Доля выгоревше-	Угол	Теку-	Темпе-	Темпе-	Удель-	s	$y(f1)$
------	---------------------	-----------	-----------	------------------	------------------	-------------	------------	-----------------	------	-------	--------	--------	--------	---	---------

выдели- вшегося на участке тепла	тура на участке, К			доли топлива сгорев- шего на участке	процессе сгорания	молеку- лярного измене- ния ра- бочей смеси	рас- смати- ваемом участке коэф- фици- ент мо- леку- лярного измене- ния ра- бочей смеси	го топли- ва	ПКВ от начала горения	ку- щий угол ПКВ	ратура предпо- лагае- мая/, К	ратура дейст- витель- ная	ный объем		
0,0165	847,6879			0,032917	2,44058	1	1	0	0	-23	779,9345	779,9345	0,0885	0,0994	2,193
0,0239	989,2016	1,34827	6,74271	0,047787	3,00007	0,99959	0,99979	0,032917	1	-22	915,4413	915,4109	0,0844	0,0911	2,0935
0,0268	1138,949	1,33519	6,96683	0,053661	3,64774	0,99899	0,99929	0,080704	2	-21	1062,962	1062,834	0,0806	0,0832	1,998
0,0282	1291,203	1,32494	7,15508	0,056305	4,36565	0,99832	0,99865	0,134365	3	-20	1214,936	1214,656	0,0769	0,0756	1,9067
0,0285	1442,843	1,31698	7,30947	0,057047	5,14493	0,99761	0,99796	0,19067	4	-19	1367,469	1367,01	0,0734	0,0683	1,8196
0,0283	1591,924	1,31076	7,43584	0,056525	5,98001	0,9969	0,99725	0,247717	5	-18	1518,217	1517,57	0,0701	0,0614	1,7367
0,0276	1737,135	1,30582	7,53978	0,055125	6,86649	0,99619	0,99654	0,304242	6	-17	1665,632	1664,798	0,0669	0,0548	1,658
0,0266	1877,551	1,30185	7,62588	0,05311	7,80022	0,9955	0,99584	0,359366	7	-16	1808,638	1807,627	0,0639	0,0486	1,5837
0,0253	2012,507	1,29861	7,69775	0,050671	8,7767	0,99483	0,99516	0,412476	8	-15	1946,465	1945,287	0,0611	0,0428	1,5136
0,024	2141,511	1,29594	7,75819	0,047954	9,79066	0,9942	0,99451	0,463147	9	-14	2078,55	2077,216	0,0584	0,0373	1,4479
0,0225	2264,197	1,29371	7,80935	0,045068	10,8357	0,9936	0,9939	0,511101	10	-13	2204,473	2202,997	0,0559	0,0322	1,3867
0,021	2380,281	1,29185	7,8529	0,0421	11,9041	0,99303	0,99331	0,556169	11	-12	2323,92	2322,311	0,0536	0,0275	1,3298
0,0196	2489,542	1,29027	7,89016	0,039116	12,9863	0,9925	0,99277	0,598268	12	-11	2436,642	2434,913	0,0515	0,0231	1,2774
0,0181	2591,797	1,28893	7,92215	0,036169	14,0712	0,99201	0,99226	0,637385	13	-10	2542,442	2540,603	0,0496	0,0191	1,2294
0,0166	2686,892	1,28778	7,94969	0,033298	15,1457	0,99156	0,99179	0,673554	14	-9	2641,153	2639,214	0,0478	0,0155	1,186
0,0153	2774,689	1,2868	7,97342	0,030531	16,1948	0,99114	0,99135	0,706851	15	-8	2732,63	2730,602	0,0463	0,0123	1,147
0,0139	2855,068	1,28596	7,99387	0,02789	17,2023	0,99076	0,99095	0,737382	16	-7	2816,747	2814,637	0,0449	0,0094	1,1126
0,0127	2927,93	1,28525	8,01145	0,02539	18,1506	0,99041	0,99059	0,765272	17	-6	2893,39	2891,209	0,0437	0,0069	1,0828
0,0115	2993,193	1,28464	8,02651	0,023038	19,0217	0,99009	0,99025	0,790662	18	-5	2962,469	2960,226	0,0427	0,0048	1,0575
0,0104	3050,81	1,28412	8,03931	0,020841	19,7977	0,9898	0,98995	0,8137	19	-4	3023,917	3021,62	0,0418	0,0031	1,0368
0,0094	3100,771	1,28368	8,05008	0,0188	20,4621	0,98954	0,98967	0,834542	20	-3	3077,703	3075,36	0,0412	0,0017	1,0207
0,0085	3143,114	1,28333	8,05902	0,016912	21,0004	0,98931	0,98943	0,853341	21	-2	3123,839	3121,459	0,0407	0,0008	1,0092

0,0076	3177,936	1,28303	8,06628	0,015174	21,4013	0,9891	0,9892	0,870253	22	-1	3162,39	3159,982	0,0404	0,0002	1,0023
0,0068	3205,395	1,28281	8,07199	0,013581	21,6571	0,98891	0,989	0,885427	23	0	3193,482	3191,054	0,0403	0	1
0,0061	3225,718	1,28263	8,07628	0,012127	21,7646	0,98874	0,98882	0,899009	24	1	3217,308	3214,867	0,0404	0,0002	1,0023
0,0054	3239,198	1,28252	8,07925	0,010803	21,7251	0,98858	0,98866	0,911135	25	2	3234,128	3231,682	0,0407	0,0008	1,0092
0,0048	3246,189	1,28245	8,081	0,009603	21,5444	0,98845	0,98852	0,921939	26	3	3244,267	3241,823	0,0412	0,0017	1,0207
0,0043	3247,102	1,28242	8,08162	0,008519	21,2322	0,98833	0,98839	0,931542	27	4	3248,11	3245,675	0,0418	0,0031	1,0368
0,0038	3242,394	1,28244	8,08119	0,007541	20,8014	0,98822	0,98827	0,940061	28	5	3246,094	3243,673	0,0427	0,0048	1,0575
0,0033	3232,553	1,28249	8,0798	0,006663	20,2675	0,98813	0,98817	0,947602	29	6	3238,694	3236,293	0,0437	0,0069	1,0828
0,0029	3218,087	1,28258	8,07752	0,005876	19,6475	0,98804	0,98808	0,954265	30	7	3226,412	3224,036	0,0449	0,0094	1,1126
0,0026	3199,513	1,28271	8,07442	0,005172	18,9586	0,98797	0,98801	0,960141	31	8	3209,762	3207,416	0,0463	0,0123	1,147
0,0023	3177,34	1,28286	8,07058	0,004544	18,218	0,9879	0,98794	0,965313	32	9	3189,263	3186,95	0,0478	0,0155	1,186
0,002	3152,066	1,28304	8,06606	0,003986	17,4418	0,98785	0,98788	0,969857	33	10	3165,418	3163,143	0,0496	0,0191	1,2294
0,0017	3124,162	1,28325	8,06094	0,00349	16,6447	0,9878	0,98782	0,973843	34	11	3138,715	3136,479	0,0515	0,0231	1,2774
0,0015	3094,071	1,28348	8,05526	0,003051	15,8397	0,98775	0,98778	0,977334	35	12	3109,61	3107,417	0,0536	0,0275	1,3298
0,0013	3062,2	1,28372	8,04909	0,002663	15,0378	0,98772	0,98773	0,980385	36	13	3078,532	3076,383	0,0559	0,0322	1,3867
0,0012	3028,92	1,28399	8,04248	0,002321	14,248	0,98768	0,9877	0,983048	37	14	3045,868	3043,765	0,0584	0,0373	1,4479
0,001	2994,566	1,28427	8,03548	0,002019	13,4778	0,98765	0,98767	0,985368	38	15	3011,972	3009,916	0,0611	0,0428	1,5136
0,0009	2959,432	1,28457	8,02814	0,001754	12,7326	0,98763	0,98764	0,987387	39	16	2977,159	2975,15	0,0639	0,0486	1,5837
0,0008	2923,779	1,28488	8,0205	0,001522	12,0164	0,98761	0,98762	0,989142	40	17	2941,705	2939,745	0,0669	0,0548	1,658
0,0007	2887,834	1,2852	8,01259	0,001318	11,3322	0,98759	0,9876	0,990664	41	18	2905,854	2903,942	0,0701	0,0614	1,7367
0,0006	2851,791	1,28553	8,00447	0,00114	10,6816	0,98757	0,98758	0,991982	42	19	2869,815	2867,952	0,0734	0,0683	1,8196
0,0005	2815,817	1,28587	7,99615	0,000985	10,0654	0,98756	0,98756	0,993122	43	20	2833,768	2831,953	0,0769	0,0756	1,9067
0,0004	2780,051	1,28622	7,98767	0,00085	9,48373	0,98754	0,98755	0,994107	44	21	2797,866	2796,099	0,0806	0,0832	1,998
0,0004	2744,61	1,28657	7,97906	0,000732	8,93612	0,98753	0,98754	0,994957	45	22	2762,235	2760,517	0,0844	0,0911	2,0935
0,0003	2709,591	1,28693	7,97033	0,00063	8,42173	0,98752	0,98753	0,99569	46	23	2726,984	2725,312	0,0885	0,0994	2,193
0,0003	2675,073	1,28729	7,96152	0,000541	7,9394	0,98752	0,98752	0,99632	47	24	2692,198	2690,573	0,0926	0,108	2,2965
0,0002	2641,119	1,28766	7,95263	0,000465	7,48777	0,98751	0,98751	0,996861	48	25	2657,948	2656,368	0,097	0,117	2,4041
0,0002	2607,778	1,28803	7,9437	0,000398	7,06535	0,9875	0,98751	0,997326	49	26	2624,29	2622,755	0,1015	0,1263	2,5156
0,0002	2575,089	1,2884	7,93472	0,000341	6,67055	0,9875	0,9875	0,997724	50	27	2591,267	2589,777	0,1061	0,1359	2,6309
0,0001	2543,081	1,28878	7,92573	0,000292	6,30179	0,98749	0,9875	0,998066	51	28	2558,912	2557,465	0,1109	0,1458	2,7501
0,0001	2511,772	1,28915	7,91672	0,000249	5,95746	0,98749	0,98749	0,998357	52	29	2527,249	2525,845	0,1159	0,1561	2,8731
0,0001	2481,176	1,28953	7,90772	0,000213	5,63602	0,98749	0,98749	0,998606	53	30	2496,295	2494,932	0,121	0,1666	2,9998

9E-05	2451,3	1,28991	7,89873	0,000181	5,33593	0,98748	0,98749	0,998819	54	31	2466,058	2464,736	0,1263	0,1775	3,1301
8E-05	2422,146	1,29029	7,88976	0,000154	5,05576	0,98748	0,98748	0,999	55	32	2436,543	2435,26	0,1317	0,1887	3,2641

Таблица А10 - Результаты теплового расчета двигателя ВАЗ-341 при $n = 3400 \text{ мин}^{-1}$

Средняя температура на участке, К	k_{1-2}	K_{1-2}	Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке	Давление газов в процессе сгорания	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Доля выгоревшего топлива	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	γ
797,471			0,029503	1,96825	1	1	0	0	-26	735,774	735,774	0,1036	0,1263	2
926,951	1,35405	6,648948	0,043506	2,40423	0,99946	0,999732	0,029503	1	-25	859,168	859,156	0,099	0,117	2
1065,11	1,34047	6,874154	0,049358	2,9119	0,99867	0,999068	0,07301	2	-24	994,733	994,685	0,0946	0,108	2
1206,66	1,32968	7,06653	0,052259	3,4778	0,99777	0,998223	0,122367	3	-23	1135,49	1135,39	0,0903	0,0994	2
1348,71	1,32121	7,226454	0,053402	4,09589	0,99682	0,997299	0,174627	4	-22	1277,83	1277,67	0,0862	0,0911	2
1489,46	1,31452	7,358826	0,053357	4,7629	0,99585	0,996338	0,228029	5	-21	1419,59	1419,38	0,0823	0,0832	2
1627,68	1,30918	7,468777	0,052468	5,47683	0,99488	0,995367	0,281386	6	-20	1559,33	1559,07	0,0785	0,0756	1
1762,51	1,30485	7,56068	0,05097	6,23615	0,99393	0,994405	0,333854	7	-19	1696,04	1695,75	0,0749	0,0683	1
1893,32	1,30129	7,638046	0,049034	7,03938	0,993	0,993464	0,384824	8	-18	1828,99	1828,67	0,0715	0,0614	1
2019,63	1,29835	7,703634	0,046792	7,88478	0,99211	0,992555	0,433858	9	-17	1957,65	1957,31	0,0683	0,0548	1
2141,1	1,29588	7,759608	0,044346	8,77009	0,99126	0,991683	0,48065	10	-16	2081,61	2081,25	0,0652	0,0486	1
2257,44	1,29379	7,807669	0,041776	9,69224	0,99045	0,990855	0,524996	11	-15	2200,58	2200,2	0,0623	0,0428	1
2368,45	1,29201	7,849158	0,039147	10,6471	0,98969	0,990071	0,566772	12	-14	2314,3	2313,92	0,0596	0,0373	1
2473,95	1,29048	7,885139	0,036509	11,6293	0,98898	0,989336	0,605919	13	-13	2422,6	2422,2	0,0571	0,0322	1
2573,77	1,28917	7,916462	0,033902	12,632	0,98832	0,988647	0,642428	14	-12	2525,3	2524,89	0,0548	0,0275	1
2667,78	1,28803	7,943809	0,031356	13,6465	0,9877	0,988007	0,67633	15	-11	2622,25	2621,84	0,0526	0,0231	1
2755,82	1,28704	7,967728	0,028896	14,6623	0,98713	0,987414	0,707686	16	-10	2713,31	2712,9	0,0506	0,0191	1
2837,75	1,28618	7,988664	0,026538	15,6671	0,9866	0,986866	0,736582	17	-9	2798,33	2797,92	0,0488	0,0155	1
2913,42	1,28543	8,006976	0,024296	16,6467	0,98612	0,986362	0,763121	18	-8	2877,17	2876,76	0,0472	0,0123	1
2982,68	1,28478	8,022956	0,022176	17,5856	0,98568	0,985899	0,787416	19	-7	2949,67	2949,26	0,0458	0,0094	1
3045,39	1,28422	8,036844	0,020185	18,4668	0,98528	0,985477	0,809593	20	-6	3015,69	3015,28	0,0446	0,0069	1
3101,41	1,28373	8,048835	0,018323	19,2731	0,98491	0,985092	0,829778	21	-5	3075,09	3074,67	0,0435	0,0048	1
3150,65	1,28332	8,05909	0,016591	19,9874	0,98457	0,984741	0,848101	22	-4	3127,74	3127,33	0,0427	0,0031	1

3193,04	1,28298	8,067744	0,014987	20,5937	0,98427	0,984424	0,864692	23	-3	3173,57	3173,15	0,042	0,0017	1
3228,56	1,28269	8,074912	0,013506	21,0781	0,984	0,984137	0,879679	24	-2	3212,52	3212,1	0,0416	0,0008	1
3257,24	1,28246	8,080691	0,012144	21,4297	0,98375	0,983878	0,893184	25	-1	3244,6	3244,19	0,0413	0,0002	1
3279,19	1,28228	8,085168	0,010897	21,6413	0,98353	0,983644	0,905329	26	0	3269,88	3269,47	0,0412	0	
3294,58	1,28215	8,088422	0,009757	21,7099	0,98334	0,983435	0,916225	27	1	3288,5	3288,09	0,0413	0,0002	1
3303,65	1,28207	8,090527	0,00872	21,6369	0,98316	0,983247	0,925983	28	2	3300,66	3300,25	0,0416	0,0008	1
3306,7	1,28203	8,091551	0,007778	21,428	0,983	0,983079	0,934703	29	3	3306,63	3306,23	0,042	0,0017	1
3304,11	1,28203	8,091564	0,006924	21,0927	0,98286	0,982929	0,94248	30	4	3306,77	3306,36	0,0427	0,0031	1
3296,27	1,28206	8,09063	0,006154	20,6439	0,98273	0,982795	0,949405	31	5	3301,44	3301,04	0,0435	0,0048	1
3283,65	1,28213	8,088815	0,005459	20,0964	0,98262	0,982676	0,955558	32	6	3291,1	3290,7	0,0446	0,0069	1
3266,71	1,28224	8,086184	0,004835	19,4667	0,98252	0,982571	0,961018	33	7	3276,2	3275,8	0,0458	0,0094	1
3245,94	1,28237	8,0828	0,004275	18,7718	0,98243	0,982477	0,965853	34	8	3257,23	3256,83	0,0472	0,0123	
3221,82	1,28254	8,078725	0,003774	18,0283	0,98236	0,982394	0,970128	35	9	3234,66	3234,27	0,0488	0,0155	
3194,8	1,28272	8,074019	0,003326	17,2518	0,98229	0,982321	0,973902	36	10	3208,97	3208,58	0,0506	0,0191	1
3165,35	1,28294	8,068742	0,002927	16,4565	0,98223	0,982256	0,977228	37	11	3180,63	3180,24	0,0526	0,0231	1
3133,88	1,28317	8,062948	0,002572	15,655	0,98217	0,982199	0,980156	38	12	3150,07	3149,68	0,0548	0,0275	1
3100,77	1,28342	8,056691	0,002257	14,8579	0,98213	0,982149	0,982728	39	13	3117,69	3117,3	0,0571	0,0322	1
3066,39	1,28369	8,05002	0,001978	14,074	0,98209	0,982106	0,984986	40	14	3083,86	3083,48	0,0596	0,0373	1
3031,04	1,28397	8,042983	0,001731	13,3102	0,98205	0,982067	0,986963	41	15	3048,92	3048,54	0,0623	0,0428	1
2995,01	1,28427	8,035624	0,001512	12,5719	0,98202	0,982033	0,988694	42	16	3013,17	3012,79	0,0652	0,0486	1
2958,55	1,28458	8,027981	0,00132	11,863	0,98199	0,982004	0,990206	43	17	2976,86	2976,49	0,0683	0,0548	
2921,88	1,2849	8,020093	0,00115	11,1861	0,98197	0,981978	0,991526	44	18	2940,24	2939,88	0,0715	0,0614	1
2885,17	1,28523	8,011993	0,001001	10,5427	0,98195	0,981956	0,992676	45	19	2903,51	2903,14	0,0749	0,0683	1
2848,58	1,28556	8,003712	0,00087	9,93365	0,98193	0,981936	0,993677	46	20	2866,82	2866,46	0,0785	0,0756	1
2812,25	1,28591	7,995279	0,000755	9,35891	0,98191	0,981919	0,994547	47	21	2830,34	2829,98	0,0823	0,0832	
2776,29	1,28626	7,986719	0,000655	8,818	0,9819	0,981904	0,995302	48	22	2794,17	2793,82	0,0862	0,0911	2
2740,79	1,28661	7,978056	0,000567	8,31003	0,98189	0,981891	0,995957	49	23	2758,42	2758,07	0,0903	0,0994	
2705,83	1,28697	7,969309	0,000491	7,83383	0,98188	0,98188	0,996525	50	24	2723,17	2722,82	0,0946	0,108	2
2671,45	1,28734	7,960497	0,000424	7,38801	0,98187	0,981871	0,997016	51	25	2688,48	2688,15	0,099	0,117	2
2637,72	1,2877	7,951638	0,000366	6,97108	0,98186	0,981862	0,99744	52	26	2654,42	2654,09	0,1036	0,1263	2
2604,65	1,28807	7,942747	0,000316	6,58147	0,98185	0,981855	0,997806	53	27	2621,01	2620,68	0,1083	0,1359	2
2572,29	1,28844	7,933837	0,000272	6,21758	0,98185	0,981849	0,998121	54	28	2588,3	2587,97	0,1133	0,1458	2

2540,65	1,28881	7,92492	0,000234	5,87784	0,98184	0,981844	0,998393	55	29	2556,29	2555,97	0,1183	0,1561	2
2509,73	1,28918	7,916007	0,000201	5,56069	0,98184	0,981839	0,998627	56	30	2525,01	2524,69	0,1235	0,1666	2
2479,55	1,28956	7,907108	0,000172	5,26463	0,98183	0,981835	0,998828	57	31	2494,46	2494,15	0,1289	0,1775	3
2450,1	1,28993	7,898231	0,000148	4,98824	0,98183	0,981832	0,999	58	32	2464,64	2464,34	0,1344	0,1887	3

Таблица А11 - Результаты теплового расчета двигателя ВАЗ-341 при $n = 4200 \text{ мин}^{-1}$

Средняя температура на участке, К	k_{1-2}	K_{1-2}	Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке	Давление газов в процессе сгорания	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси	Доля выгоревшего топлива	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$y(f1)$	Доля выделившегося на участке тепла
763,95			0,025938	1,677049	1	1	0	0	-28	711,97	711,97	0,1177	0,14584	2,7501	0,012969
873,71	1,358	6,58	0,038858	2,008453	0,999424	0,999712	0,025938	1	-27	815,94	815,94	0,1126	0,13591	2,6309	0,019429
992,04	1,346	6,79	0,044557	2,396283	0,99856	0,998992	0,064796	2	-26	931,48	931,48	0,1077	0,1263	2,5156	0,022279
1114,38	1,335	6,97	0,047629	2,830833	0,99757	0,998065	0,109353	3	-25	1052,60	1052,61	0,1029	0,11701	2,4041	0,023814
1238,20	1,327	7,12	0,049118	3,307896	0,996511	0,99704	0,156982	4	-24	1176,16	1176,19	0,0983	0,10804	2,2965	0,024559
1361,91	1,320	7,26	0,049522	3,825491	0,995419	0,995965	0,206101	5	-23	1300,24	1300,29	0,0939	0,09941	2,193	0,024761
1484,40	1,314	7,37	0,049139	4,382682	0,994319	0,994869	0,255623	6	-22	1423,57	1423,65	0,0896	0,09112	2,0935	0,02457
1604,89	1,309	7,46	0,048171	4,979041	0,993227	0,993773	0,304762	7	-21	1545,23	1545,34	0,0855	0,08317	1,998	0,024086
1722,79	1,306	7,54	0,046769	5,614321	0,992156	0,992691	0,352934	8	-20	1664,55	1664,70	0,0816	0,07556	1,9067	0,023384
1837,65	1,302	7,61	0,045046	6,288239	0,991117	0,991636	0,399702	9	-19	1781,03	1781,22	0,0779	0,0683	1,8196	0,022523
1949,13	1,300	7,67	0,043093	7,000277	0,990116	0,990616	0,444748	10	-18	1894,27	1894,51	0,0744	0,06139	1,7367	0,021546
2056,95	1,297	7,73	0,040982	7,749495	0,989158	0,989637	0,487841	11	-17	2003,98	2004,26	0,071	0,05484	1,658	0,020491
2160,89	1,295	7,77	0,038772	8,534344	0,988247	0,988702	0,528822	12	-16	2109,92	2110,23	0,0678	0,04864	1,5837	0,019386
2260,77	1,294	7,81	0,036511	9,352458	0,987385	0,987816	0,567595	13	-15	2211,87	2212,23	0,0648	0,0428	1,5136	0,018256
2356,41	1,292	7,85	0,034238	10,20045	0,986574	0,98698	0,604106	14	-14	2309,67	2310,07	0,062	0,03733	1,4479	0,017119
2447,66	1,291	7,88	0,031982	11,07368	0,985813	0,986193	0,638343	15	-13	2403,15	2403,59	0,0594	0,03222	1,3867	0,015991
2534,34	1,290	7,91	0,029769	11,96609	0,985102	0,985458	0,670325	16	-12	2492,16	2492,64	0,0569	0,02748	1,3298	0,014884
2616,31	1,289	7,93	0,027617	12,87	0,984441	0,984771	0,700094	17	-11	2576,53	2577,05	0,0547	0,02311	1,2774	0,013809
2693,38	1,288	7,95	0,025543	13,77601	0,983827	0,984134	0,727711	18	-10	2656,09	2656,65	0,0526	0,01912	1,2294	0,012771
2765,38	1,287	7,97	0,023556	14,67297	0,983259	0,983543	0,753254	19	-9	2730,67	2731,26	0,0508	0,0155	1,186	0,011778
2832,10	1,286	7,99	0,021665	15,54805	0,982736	0,982997	0,77681	20	-8	2800,08	2800,70	0,0491	0,01225	1,147	0,010832

2893,36	1,286	8,00	0,019874	16,38697	0,982254	0,982495	0,798475	21	-7	2864,12	2864,77	0,0476	0,00939	1,1126	0,009937
2948,97	1,285	8,02	0,018186	17,17441	0,981812	0,982033	0,818349	22	-6	2922,60	2923,27	0,0464	0,0069	1,0828	0,009093
2998,74	1,285	8,03	0,016603	17,89452	0,981408	0,98161	0,836535	23	-5	2975,33	2976,03	0,0453	0,00479	1,0575	0,008302
3042,53	1,284	8,04	0,015124	18,53167	0,981039	0,981224	0,853139	24	-4	3022,15	3022,86	0,0444	0,00307	1,0368	0,007562
3080,22	1,284	8,05	0,013748	19,07122	0,980703	0,980871	0,868263	25	-3	3062,91	3063,65	0,0437	0,00173	1,0207	0,006874
3111,75	1,284	8,05	0,012471	19,50042	0,980398	0,98055	0,882011	26	-2	3097,53	3098,28	0,0432	0,00077	1,0092	0,006235
3137,10	1,283	8,06	0,01129	19,80922	0,98012	0,980259	0,894482	27	-1	3125,97	3126,73	0,0429	0,00019	1,0023	0,005645
3156,33	1,283	8,06	0,010202	19,99091	0,979869	0,979995	0,905772	28	0	3148,23	3149,00	0,0428	0	1	0,005101
3169,56	1,283	8,07	0,009202	20,04267	0,979643	0,979756	0,915974	29	1	3164,42	3165,20	0,0429	0,00019	1,0023	0,004601
3176,99	1,283	8,07	0,008285	19,96567	0,979438	0,97954	0,925176	30	2	3174,70	3175,47	0,0432	0,00077	1,0092	0,004142
3178,87	1,283	8,07	0,007446	19,76506	0,979254	0,979346	0,93346	31	3	3179,28	3180,05	0,0437	0,00173	1,0207	0,003723
3175,52	1,283	8,07	0,006681	19,44949	0,979089	0,979171	0,940906	32	4	3178,46	3179,23	0,0444	0,00307	1,0368	0,003341
3167,31	1,283	8,07	0,005985	19,03053	0,97894	0,979014	0,947588	33	5	3172,58	3173,35	0,0453	0,00479	1,0575	0,002993
3154,65	1,283	8,07	0,005353	18,52185	0,978807	0,978874	0,953573	34	6	3162,04	3162,80	0,0464	0,0069	1,0828	0,002677
3137,96	1,283	8,06	0,004781	17,93845	0,978688	0,978748	0,958926	35	7	3147,26	3148,00	0,0476	0,00939	1,1126	0,00239
3117,70	1,283	8,06	0,004263	17,29573	0,978582	0,978635	0,963707	36	8	3128,67	3129,40	0,0491	0,01225	1,147	0,002132
3094,29	1,284	8,05	0,003796	16,60887	0,978487	0,978534	0,96797	37	9	3106,72	3107,44	0,0508	0,0155	1,186	0,001898
3068,17	1,284	8,05	0,003375	15,89215	0,978403	0,978445	0,971766	38	10	3081,85	3082,56	0,0526	0,01912	1,2294	0,001688
3039,77	1,284	8,04	0,002997	15,15858	0,978328	0,978365	0,975141	39	11	3054,49	3055,18	0,0547	0,02311	1,2774	0,001498
3009,47	1,284	8,04	0,002657	14,41958	0,978261	0,978294	0,978138	40	12	3025,05	3025,72	0,0569	0,02748	1,3298	0,001329
2977,63	1,284	8,03	0,002353	13,68487	0,978202	0,978232	0,980795	41	13	2993,89	2994,54	0,0594	0,03222	1,3867	0,001176
2944,59	1,285	8,02	0,002081	12,96249	0,97815	0,978176	0,983148	42	14	2961,38	2962,01	0,062	0,03733	1,4479	0,00104
2910,64	1,285	8,02	0,001838	12,2588	0,978104	0,978127	0,985229	43	15	2927,81	2928,42	0,0648	0,0428	1,5136	0,000919
2876,05	1,285	8,01	0,001621	11,57867	0,978063	0,978083	0,987067	44	16	2893,48	2894,07	0,0678	0,04864	1,5837	0,000811
2841,06	1,286	8,00	0,001428	10,92566	0,978027	0,978045	0,988688	45	17	2858,63	2859,20	0,071	0,05484	1,658	0,000714
2805,85	1,286	7,99	0,001257	10,30215	0,977995	0,978011	0,990116	46	18	2823,48	2824,03	0,0744	0,06139	1,7367	0,000628
2770,62	1,286	7,99	0,001105	9,709575	0,977967	0,977981	0,991373	47	19	2788,22	2788,75	0,0779	0,0683	1,8196	0,000552
2735,50	1,287	7,98	0,00097	9,148595	0,977942	0,977955	0,992478	48	20	2753,01	2753,52	0,0816	0,07556	1,9067	0,000485
2700,63	1,287	7,97	0,00085	8,61923	0,977921	0,977932	0,993448	49	21	2717,99	2718,48	0,0855	0,08317	1,998	0,000425
2666,10	1,287	7,96	0,000745	8,121022	0,977902	0,977911	0,994298	50	22	2683,27	2683,74	0,0896	0,09112	2,0935	0,000372
2632,02	1,288	7,95	0,000652	7,653148	0,977885	0,977894	0,995043	51	23	2648,94	2649,40	0,0939	0,09941	2,193	0,000326
2598,43	1,288	7,94	0,00057	7,214521	0,977871	0,977878	0,995695	52	24	2615,09	2615,53	0,0983	0,10804	2,2965	0,000285

2565,42	1,289	7,93	0,000497	6,803875	0,977858	0,977865	0,996264	53	25	2581,78	2582,20	0,1029	0,11701	2,4041	0,000249
2533,01	1,289	7,92	0,000434	6,419828	0,977847	0,977853	0,996762	54	26	2549,05	2549,46	0,1077	0,1263	2,5156	0,000217
2501,24	1,289	7,91	0,000378	6,060935	0,977838	0,977842	0,997195	55	27	2516,96	2517,34	0,1126	0,13591	2,6309	0,000189
2470,13	1,290	7,90	0,000329	5,72573	0,977829	0,977833	0,997573	56	28	2485,52	2485,89	0,1177	0,14584	2,7501	0,000164
2439,71	1,290	7,90	0,000286	5,412757	0,977822	0,977826	0,997902	57	29	2454,75	2455,10	0,123	0,15609	2,8731	0,000143
2409,99	1,290	7,89	0,000248	5,120588	0,977816	0,977819	0,998188	58	30	2424,68	2425,01	0,1284	0,16665	2,9998	0,000124
2380,96	1,291	7,88	0,000215	4,847847	0,97781	0,977813	0,998436	59	31	2395,30	2395,62	0,134	0,17751	3,1301	0,000108
2352,64	1,291	7,87	0,000187	4,593214	0,977805	0,977808	0,998652	60	32	2366,62	2366,93	0,1397	0,18867	3,2641	9,34E-05
2325,011	1,292	7,86	0,000162	4,355435	0,977801	0,977803	0,998838	61	33	2338,65	2338,94	0,1456	0,20013	3,4015	8,09E-05
2298,08	1,292	7,85	0,00014	4,133326	0,977797	0,977799	0,999	62	34	2311,37	2311,65	0,1517	0,21187	3,5425	7E-05

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Таблица Б1 - Сводная таблица динамического расчета двигателя с шагом 10 градусов ПКВ

T, Н	Мкр.ц1, Н*м	Мкр.ц2, Н*м	Мкр.ц4, Н*м	Мкр.ц3, Н*м	Мкр, Н*м	P _л , Н	P _г , Н	P _{сумм} , Н	β, рад	N, Н	K, Н	Z, Н
0	0	1E-14	4,2E-14	-8E-13	0	-4942,49	56,8747	-4885,62	0	0	-4885,6	-4885,617
-1064,42	-40,45	-12,7	-13,223	611,56	545,19	-4817,56	43,0867	-4774,47	0,05	-239	-4780,5	-4660,443
-1924,1	-73,12	-25,72	-26,658	665,81	540,31	-4452,58	29,2987	-4423,28	0,0986	-437,6	-4444,9	-4006,84
-2416,5	-91,83	-38,95	-40,195	495,32	324,35	-3875,94	15,5107	-3860,43	0,1444	-561,5	-3901,1	-3062,473
-2463,39	-93,61	-51,69	-53,137	336,89	138,45	-3131,69	1,72275	-3129,97	0,1861	-589,4	-3185	-2018,861
-2084,36	-79,21	-62,75	-64,052	251,87	45,864	-2274,98	-12,0653	-2287,05	0,2224	-517,1	-2344,8	-1073,972
-1384,99	-52,63	-70,58	-70,832	203,37	9,3208	-1366,45	-25,8533	-1392,31	0,252	-358,4	-1437,7	-385,74
-567,201	-21,55	-72,81	-71,029	179,46	14,069	-466,251	-81,3472	-547,598	0,2739	-153,9	-568,81	-42,69716
300,905	11,434	-67,68	-62,482	168,71	49,988	371,756	-81,3472	290,408	0,2874	85,855	302,833	-34,12166
1023,45	38,891	-54,67	-44,143	162,2	102,28	1104,79	-81,3472	1023,45	0,292	307,65	1068,69	-307,652
1515,24	57,579	-35,36	-16,877	154,19	159,52	1704,57	-81,3472	1623,23	0,2874	479,88	1692,68	-754,4628
1752,59	66,598	-13,99	16,1132	142	210,72	2158,89	-81,3472	2077,54	0,2739	583,78	2158	-1259,134
1762,09	66,959	2,6388	49,5025	125,34	244,44	2471,25	-81,3472	2389,9	0,252	615,25	2467,82	-1727,775
1599,78	60,792	5,8062	76,818	105,33	248,74	2658,67	-81,3472	2577,32	0,2224	582,72	2642,38	-2103,06
1329,45	50,519	-13,79	91,9592	83,612	212,3	2748	-81,3472	2666,66	0,1861	502,12	2713,52	-2365,535
1006,07	38,231	-63,05	90,8432	56,526	122,55	2771,15	-81,3472	2689,8	0,1444	391,24	2718,11	-2525,058
667,092	25,35	-223,5	72,66	33,182	-92,26	2759,94	-81,3472	2678,59	0,0986	265,02	2691,67	-2607,695
331,917	12,613	-450,3	40,3312	15,394	-382	2741,23	-72,1552	2669,08	0,05	133,59	2672,42	-2651,725
3,3E-13	1E-14	-8E-13	9,1E-14	4E-14	-7E-13	2732,91	-62,9632	2669,94	4E-17	9E-14	2669,94	-2669,944
-334,203	-12,7	611,56	-40,448	-13,223	545,19	2741,23	-53,7712	2687,46	-0,05	-134,5	2690,82	-2669,989
-676,821	-25,72	665,81	-73,116	-26,658	540,31	2759,94	-42,2812	2717,66	-0,099	-268,9	2730,93	-2645,727
-1024,98	-38,95	495,32	-91,827	-40,195	324,35	2771,15	-30,7912	2740,36	-0,144	-398,6	2769,2	-2572,518

-1360,38	-51,69	336,89	-93,609	-53,137	138,45	2748	-19,3012	2728,7	-0,186	-513,8	2776,65	-2420,575
-1651,35	-62,75	251,87	-79,206	-64,052	45,864	2658,67	1,7314	2660,4	-0,222	-601,5	2727,55	-2170,851
-1857,45	-70,58	203,37	-52,63	-70,832	9,3208	2471,25	47,9964	2519,24	-0,252	-648,6	2601,38	-1821,284
-1916,13	-72,81	179,46	-21,554	-71,029	14,069	2158,89	112,515	2271,41	-0,274	-638,3	2359,37	-1376,628
-1781	-67,68	168,71	11,4344	-62,482	49,988	1704,57	203,363	1907,94	-0,287	-564,1	1989,57	-886,7937
-1438,58	-54,67	162,2	38,8909	-44,143	102,28	1104,79	333,784	1438,58	-0,292	-432,4	1502,17	-432,4423
-930,604	-35,36	154,19	57,579	-16,877	159,52	371,756	526,386	898,141	-0,287	-265,5	936,568	-105,5275
-368,161	-13,99	142	66,5984	16,113	210,72	-466,251	821,688	355,437	-0,274	-99,88	369,203	27,714062
69,4425	2,6388	125,34	66,9593	49,502	244,44	-1366,45	1296,64	-69,8093	-0,252	17,972	-72,085	-19,34074
152,795	5,8062	105,33	60,7917	76,818	248,74	-2274,98	2107,33	-167,653	-0,222	37,905	-171,89	-78,7283
-362,838	-13,79	83,612	50,5189	91,959	212,3	-3131,69	3592,71	461,021	-0,186	-86,81	469,123	297,36311
-1659,11	-63,05	56,526	38,2308	90,843	122,55	-3875,94	6526,41	2650,47	-0,144	-385,5	2678,36	2102,6132
-5880,4	-223,5	33,182	25,3495	72,66	-92,26	-4452,58	17970,9	13518,3	-0,099	-1338	13584,3	12245,623
-11849,9	-450,3	15,394	12,6128	40,331	-382	-4817,56	57970,6	53153	-0,05	-2660	53219,6	51883,538
-2,1E-11	-8E-13	4E-14	1,2E-14	9E-14	-7E-13	-4942,49	91881,5	86939	-7E-17	-6E-12	86939	86938,997
16093,8	611,56	-13,22	-12,7	-40,448	545,19	-4817,56	77006,4	72188,8	0,05	3613,2	72279,2	70464,659
17521,2	665,81	-26,66	-25,719	-73,116	540,31	-4452,58	44731,7	40279,1	0,0986	3985,3	40475,8	36486,947
13034,8	495,32	-40,2	-38,949	-91,827	324,35	-3875,94	24699,4	20823,4	0,1444	3028,9	21042,6	16519,207
8865,52	336,89	-53,14	-51,694	-93,609	138,45	-3131,69	14396,2	11264,5	0,1861	2121,1	11462,5	7265,7163
6628,24	251,87	-64,05	-62,751	-79,206	45,864	-2274,98	9547,77	7272,79	0,2224	1644,3	7456,36	3415,2263
5351,72	203,37	-70,83	-70,583	-52,63	9,3208	-1366,45	6746,45	5380	0,252	1385	5555,42	1490,5333
4722,76	179,46	-71,03	-72,813	-21,554	14,069	-466,251	5025,79	4559,54	0,2739	1281,2	4736,12	355,5151
4439,83	168,71	-62,48	-67,678	11,434	49,988	371,756	3913,2	4284,95	0,2874	1266,8	4468,28	-503,4622
4268,36	162,2	-44,14	-54,666	38,891	102,28	1104,79	3163,56	4268,36	0,292	1283,1	4457,04	-1283,087
4057,5	154,19	-16,88	-35,363	57,579	159,52	1704,57	2642,11	4346,68	0,2874	1285	4532,66	-2020,303
3736,79	142	16,113	-13,99	66,598	210,72	2158,89	2270,75	4429,64	0,2739	1244,7	4601,2	-2684,665
3298,3	125,34	49,502	2,63881	66,959	244,44	2471,25	2002,21	4473,45	0,252	1151,6	4619,31	-3234,079

2771,79	105,33	76,818	5,80622	60,792	248,74	2658,67	1806,82	4465,49	0,2224	1009,6	4578,2	-3643,776
2200,31	83,612	91,959	-13,788	50,519	212,3	2748	1665,47	4413,48	0,1861	831,04	4491,04	-3915,105
1487,54	56,526	90,843	-63,046	38,231	122,55	2771,15	1205,87	3977,02	0,1444	578,47	4018,87	-3733,441
873,208	33,182	72,66	-223,46	25,35	-92,26	2759,94	746,275	3506,21	0,0986	346,91	3523,33	-3413,412
405,117	15,394	40,331	-450,3	12,613	-382	2741,23	516,475	3257,71	0,05	163,06	3261,78	-3236,528
1,1E-12	4E-14	9E-14	-8E-13	1E-14	-7E-13	2732,91	286,675	3019,58	1E-16	3E-13	3019,58	-3019,582
-347,962	-13,22	-40,45	611,563	-12,7	545,19	2741,23	56,8747	2798,11	-0,05	-140,1	2801,61	-2779,916
-701,516	-26,66	-73,12	665,805	-25,719	540,31	2759,94	56,8747	2816,81	-0,099	-278,7	2830,57	-2742,259
-1057,77	-40,2	-91,83	495,322	-38,949	324,35	2771,15	56,8747	2828,02	-0,144	-411,3	2857,78	-2654,814
-1398,35	-53,14	-93,61	336,89	-51,694	138,45	2748	56,8747	2804,88	-0,186	-528,1	2854,17	-2488,149
-1685,58	-64,05	-79,21	251,873	-62,751	45,864	2658,67	56,8747	2715,55	-0,222	-614	2784,09	-2215,847
-1864	-70,83	-52,63	203,366	-70,583	9,3208	2471,25	56,8747	2528,12	-0,252	-650,8	2610,55	-1827,702
-1869,19	-71,03	-21,55	179,465	-72,813	14,069	2158,89	56,8747	2215,77	-0,274	-622,6	2301,58	-1342,906
-1644,26	-62,48	11,434	168,713	-67,678	49,988	1704,57	56,8747	1761,45	-0,287	-520,7	1836,81	-818,7073
-1161,67	-44,14	38,891	162,198	-54,666	102,28	1104,79	56,8747	1161,67	-0,292	-349,2	1213,02	-349,2021
-444,123	-16,88	57,579	154,185	-35,363	159,52	371,756	56,8747	428,63	-0,287	-126,7	446,969	-50,36211
424,031	16,113	66,598	141,998	-13,99	210,72	-466,251	56,8747	-409,376	-0,274	115,03	-425,23	-31,91975
1302,7	49,502	66,959	125,336	2,6388	244,44	-1366,45	56,8747	-1309,58	-0,252	337,14	-1352,3	-362,8201
2021,53	76,818	60,792	105,328	5,8062	248,74	-2274,98	56,8747	-2218,11	-0,222	501,5	-2274,1	-1041,599
2419,98	91,959	50,519	83,6119	-13,788	212,3	-3131,69	56,8747	-3074,82	-0,186	578,98	-3128,9	-1983,288
2390,61	90,843	38,231	56,5265	-63,046	122,55	-3875,94	56,8747	-3819,07	-0,144	555,5	-3859,3	-3029,66
1912,11	72,66	25,35	33,1819	-223,46	-92,26	-4452,58	56,8747	-4395,7	-0,099	434,92	-4417,2	-3981,86
1061,35	40,331	12,613	15,3944	-450,3	-382	-4817,56	56,8747	-4760,69	-0,05	238,28	-4766,6	-4646,984
2,4E-12	9E-14	1E-14	4,2E-14	-8E-13	-7E-13	-4942,49	56,8747	-4885,62	-1E-16	7E-13	-4885,6	-4885,617

Таблица Б2 - Силы действующие на шатунную шейку и колено вала с шагом 10 градусов ПКВ

Rш.ш., Н	Kрк, Н	Rк, Н	Tк1, Н	Tк3, Н	Tк4, Н	Tк2, Н	Kрк1, Н	Kрк3, Н	Kрк4, Н	Kрк2, Н	Tк2=Tк4, Н	Tк3, Н	Kк2,4, Н	Kк3, Н
-------------	--------	-------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------------	--------	----------	--------

8548,82	-14533,91	14533,91	0,00	0,00	0,00	0,00	-14533,91	-12667,87	77290,70	-12318,24	0,00	0,00	-2215,67	-12493,06
8391,43	-14308,73	14348,27	-1064,42	-347,96	16093,77	-334,20	-14308,73	-12428,21	60816,37	-12318,28	730,22	-341,08	-1990,45	-12373,24
7907,70	-13655,13	13790,03	-1924,10	-701,52	17521,19	-676,82	-13655,13	-12390,55	26838,65	-12294,02	1247,28	-689,17	-1361,11	-12342,29
7146,62	-12710,77	12938,43	-2416,50	-1057,77	13034,79	-1024,98	-12710,77	-12303,11	6870,91	-12220,81	1391,52	-1041,38	-489,96	-12261,96
6193,07	-11667,15	11924,38	-2463,39	-1398,35	8865,52	-1360,38	-11667,15	-12136,44	-2382,58	-12068,87	1103,01	-1379,37	401,71	-12102,65
5175,46	-10722,26	10922,98	-2084,36	-1685,58	6628,24	-1651,35	-10722,26	-11864,14	-6233,07	-11819,14	433,01	-1668,46	1096,88	-11841,64
4279,27	-10034,03	10129,17	-1384,99	-1864,00	5351,72	-1857,45	-10034,03	-11475,99	-8157,76	-11469,58	-472,46	-1860,72	1435,54	-11472,79
3749,05	-9690,99	9707,57	-567,20	-1869,19	4722,76	-1916,13	-9690,99	-10991,20	-9292,78	-11024,92	-1348,93	-1892,66	1333,93	-11008,06
3709,55	-9682,41	9687,09	300,90	-1644,26	4439,83	-1781,00	-9682,41	-10467,00	-10151,75	-10535,09	-2081,91	-1712,63	852,67	-10501,04
4100,62	-9955,94	10008,41	1023,45	-1161,67	4268,36	-1438,58	-9955,94	-9997,49	-10931,38	-10080,73	-2462,02	-1300,12	124,79	-10039,11
4670,30	-10402,76	10512,53	1515,24	-444,12	4057,50	-930,60	-10402,76	-9698,65	-11668,60	-9753,82	-2445,84	-687,36	-648,94	-9726,24
5225,03	-10907,43	11047,33	1752,59	424,03	3736,79	-368,16	-10907,43	-9680,21	-12332,96	-9620,58	-2120,75	27,93	-1286,85	-9650,40
5671,64	-11376,07	11511,73	1762,09	1302,70	3298,30	69,44	-11376,07	-10011,11	-12882,37	-9667,63	-1692,64	686,07	-1708,43	-9839,37
5984,07	-11751,35	11859,75	1599,78	2021,53	2771,79	152,80	-11751,35	-10689,89	-13292,07	-9727,02	-1446,99	1087,16	-2024,33	-10208,46
6173,58	-12013,83	12087,16	1329,45	2419,98	2200,31	-362,84	-12013,83	-11631,58	-13563,40	-9350,93	-1692,28	1028,57	-2662,90	-10491,25
6269,51	-12173,35	12214,85	1006,07	2390,61	1487,54	-1659,11	-12173,35	-12677,95	-13381,73	-7545,68	-2665,18	365,75	-4627,67	-10111,82
6306,28	-12255,99	12274,13	667,09	1912,11	873,21	-5880,40	-12255,99	-13630,15	-13061,70	2597,33	-6547,49	-1984,15	-14853,32	-5516,41
6323,64	-12300,02	12304,49	331,92	1061,35	405,12	-11849,94	-12300,02	-14295,28	-12884,82	42235,25	-12181,85	-5394,29	-54535,26	13969,98
6333,14	-12318,24	12318,24	0,00	0,00	0,00	0,00	-12318,24	-14533,91	-12667,87	77290,70	0,00	0,00	-89608,94	31378,40
6342,00	-12318,28	12322,81	-334,20	0,00	-347,96	16093,77	-12318,28	-14533,91	-12428,21	60816,37	16427,97	8046,88	-73134,65	23141,23
6345,13	-12294,02	12312,64	-676,82	-1064,42	-701,52	17521,19	-12294,02	-14308,73	-12390,55	26838,65	18198,01	8228,38	-39132,67	6264,96
6319,40	-12220,81	12263,72	-1024,98	-1924,10	-1057,77	13034,79	-12220,81	-13655,13	-12303,11	6870,91	14059,77	5555,34	-19091,72	-3392,11
6234,02	-12068,87	12145,29	-1360,38	-2416,50	-1398,35	8865,52	-12068,87	-12710,77	-12136,44	-2382,58	10225,90	3224,51	-9686,29	-7546,67
6063,26	-11819,14	11933,95	-1651,35	-2463,39	-1685,58	6628,24	-11819,14	-11667,15	-11864,14	-6233,07	8279,59	2082,43	-5586,08	-8950,11
5790,48	-11469,58	11619,01	-1857,45	-2084,36	-1864,00	5351,72	-11469,58	-10722,26	-11475,99	-8157,76	7209,18	1633,68	-3311,82	-9440,01
5391,79	-11024,92	11190,19	-1916,13	-1384,99	-1869,19	4722,76	-11024,92	-10034,03	-10991,20	-9292,78	6638,89	1668,89	-1732,14	-9663,40
4886,15	-10535,09	10684,57	-1781,00	-567,20	-1644,26	4439,83	-10535,09	-9690,99	-10467,00	-10151,75	6220,83	1936,31	-383,33	-9921,37

4340,94	-10080,73	10182,86	-1438,58	300,90	-1161,67	4268,36	-10080,73	-9682,41	-9997,49	-10931,38	5706,93	2284,63	850,64	-10306,90
3881,92	-9753,82	9798,11	-930,60	1023,45	-444,12	4057,50	-9753,82	-9955,94	-9698,65	-11668,60	4988,11	2540,47	1914,78	-10812,27
3654,08	-9620,58	9627,62	-368,16	1515,24	424,03	3736,79	-9620,58	-10402,76	-9680,21	-12332,96	4104,95	2626,01	2712,38	-11367,86
3683,20	-9667,63	9667,88	69,44	1752,59	1302,70	3298,30	-9667,63	-10907,43	-10011,11	-12882,37	3228,86	2525,45	3214,74	-11894,90
3745,05	-9727,02	9728,22	152,80	1762,09	2021,53	2771,79	-9727,02	-11376,07	-10689,89	-13292,07	2619,00	2266,94	3565,05	-12334,07
3385,34	-9350,93	9357,97	-362,84	1599,78	2419,98	2200,31	-9350,93	-11751,35	-11631,58	-13563,40	2563,15	1900,05	4212,47	-12657,37
2277,73	-7545,68	7725,92	-1659,11	1329,45	2390,61	1487,54	-7545,68	-12013,83	-12677,95	-13381,73	3146,64	1408,49	5836,05	-12697,78
10403,71	2597,33	6428,47	-5880,40	1006,07	1912,11	873,21	2597,33	-12173,35	-13630,15	-13061,70	6753,61	939,64	15659,03	-12617,53
49655,03	42235,25	43866,13	-11849,94	667,09	1061,35	405,12	42235,25	-12255,99	-14295,28	-12884,82	12255,05	536,10	55120,07	-12570,40
83275,80	77290,70	77290,70	0,00	331,92	0,00	0,00	77290,70	-12300,02	-14533,91	-12667,87	0,00	165,96	89958,58	-12483,95
68712,77	60816,37	62909,78	16093,77	0,00	-1064,42	-347,96	60816,37	-12318,24	-14308,73	-12428,21	-16441,73	-173,98	73244,58	-12373,22
37207,40	26838,65	32051,61	17521,19	-334,20	-1924,10	-701,52	26838,65	-12318,28	-13655,13	-12390,55	-18222,70	-517,86	39229,21	-12354,42
18307,99	6870,91	14734,83	13034,79	-676,82	-2416,50	-1057,77	6870,91	-12294,02	-12710,77	-12303,11	-14092,56	-867,30	19174,02	-12298,56
9569,51	-2382,58	9180,09	8865,52	-1024,98	-2463,39	-1398,35	-2382,58	-12220,81	-11667,15	-12136,44	-10263,88	-1211,67	9753,87	-12178,63
6632,88	-6233,07	9098,61	6628,24	-1360,38	-2084,36	-1685,58	-6233,07	-12068,87	-10722,26	-11864,14	-8313,82	-1522,98	5631,07	-11966,50
5775,94	-8157,76	9756,54	5351,72	-1651,35	-1384,99	-1864,00	-8157,76	-11819,14	-10034,03	-11475,99	-7215,72	-1757,67	3318,24	-11647,57
5765,87	-9292,78	10424,02	4722,76	-1857,45	-567,20	-1869,19	-9292,78	-11469,58	-9690,99	-10991,20	-6591,95	-1863,32	1698,42	-11230,39
6088,77	-10151,75	11080,17	4439,83	-1916,13	300,90	-1644,26	-10151,75	-11024,92	-9682,41	-10467,00	-6084,09	-1780,20	315,25	-10745,96
6533,35	-10931,38	11735,16	4268,36	-1781,00	1023,45	-1161,67	-10931,38	-10535,09	-9955,94	-9997,49	-5430,02	-1471,34	-933,88	-10266,29
6983,23	-11668,60	12353,92	4057,50	-1438,58	1515,24	-444,12	-11668,60	-10080,73	-10402,76	-9698,65	-4501,63	-941,35	-1969,94	-9889,69
7366,07	-12332,96	12886,64	3736,79	-930,60	1752,59	424,03	-12332,96	-9753,82	-10907,43	-9680,21	-3312,76	-253,29	-2652,75	-9717,02
7645,34	-12882,37	13297,91	3298,30	-368,16	1762,09	1302,70	-12882,37	-9620,58	-11376,07	-10011,11	-1995,61	467,27	-2871,26	-9815,85
7815,03	-13292,07	13577,99	2771,79	69,44	1599,78	2021,53	-13292,07	-9667,63	-11751,35	-10689,89	-750,27	1045,48	-2602,18	-10178,76
7891,27	-13563,40	13740,71	2200,31	152,80	1329,45	2419,98	-13563,40	-9727,02	-12013,83	-11631,58	219,67	1286,39	-1931,82	-10679,30
7544,74	-13381,73	13464,16	1487,54	-362,84	1006,07	2390,61	-13381,73	-9350,93	-12173,35	-12677,95	903,07	1013,89	-703,78	-11014,44
7130,28	-13061,70	13090,86	873,21	-1659,11	667,09	1912,11	-13061,70	-7545,68	-12255,99	-13630,15	1038,90	126,50	568,45	-10587,92
6911,61	-12884,82	12891,19	405,12	-5880,40	331,92	1061,35	-12884,82	2597,33	-12300,02	-14295,28	656,23	-2409,53	1410,46	-5848,97

6682,78	-12667,87	12667,87	0,00	-11849,94	0,00	0,00	-12667,87	42235,25	-12318,24	-14533,91	0,00	-5924,97	1866,04	13850,67
6452,50	-12428,21	12433,08	-347,96	0,00	-334,20	0,00	-12428,21	77290,70	-12318,28	-14533,91	347,96	0,00	2105,70	31378,40
6443,76	-12390,55	12410,39	-701,52	16093,77	-676,82	-1064,42	-12390,55	60816,37	-12294,02	-14308,73	-362,91	7514,67	1918,18	23253,82
6405,95	-12303,11	12348,49	-1057,77	17521,19	-1024,98	-1924,10	-12303,11	26838,65	-12220,81	-13655,13	-866,33	7798,54	1352,03	6591,76
6308,29	-12136,44	12216,73	-1398,35	13034,79	-1360,38	-2416,50	-12136,44	6870,91	-12068,87	-12710,77	-1018,15	5309,14	574,32	-2919,93
6115,91	-11864,14	11983,28	-1685,58	8865,52	-1651,35	-2463,39	-11864,14	-2382,58	-11819,14	-11667,15	-777,81	3201,07	-196,99	-7024,86
5798,66	-11475,99	11626,39	-1864,00	6628,24	-1857,45	-2084,36	-11475,99	-6233,07	-11469,58	-10722,26	-220,36	2271,94	-753,73	-8477,67
5343,68	-10991,20	11149,00	-1869,19	5351,72	-1916,13	-1384,99	-10991,20	-8157,76	-11024,92	-10034,03	484,20	1983,37	-957,17	-9095,90
4774,00	-10467,00	10595,36	-1644,26	4722,76	-1781,00	-567,20	-10467,00	-9292,78	-10535,09	-9690,99	1077,06	2077,78	-776,01	-9491,88
4177,18	-9997,49	10064,76	-1161,67	4439,83	-1438,58	300,90	-9997,49	-10151,75	-10080,73	-9682,41	1462,57	2370,37	-315,08	-9917,08
3740,02	-9698,65	9708,82	-444,12	4268,36	-930,60	1023,45	-9698,65	-10931,38	-9753,82	-9955,94	1467,57	2645,90	257,29	-10443,66
3719,37	-9680,21	9689,49	424,03	4057,50	-368,16	1515,24	-9680,21	-11668,60	-9620,58	-10402,76	1091,21	2786,37	722,54	-11035,68
4231,53	-10011,11	10095,51	1302,70	3736,79	69,44	1752,59	-10011,11	-12332,96	-9667,63	-10907,43	449,89	2744,69	896,31	-11620,19
5120,71	-10689,89	10879,35	2021,53	3298,30	152,80	1762,09	-10689,89	-12882,37	-9727,02	-11376,07	-259,44	2530,19	686,18	-12129,22
6143,22	-11631,58	11880,65	2419,98	2771,79	-362,84	1599,78	-11631,58	-13292,07	-9350,93	-11751,35	-820,20	2185,79	119,77	-12521,71
7106,99	-12677,95	12901,37	2390,61	2200,31	-1659,11	1329,45	-12677,95	-13563,40	-7545,68	-12013,83	-1061,16	1764,88	-664,12	-12788,61
7880,55	-13630,15	13763,62	1912,11	1487,54	-5880,40	1006,07	-13630,15	-13381,73	2597,33	-12173,35	-906,03	1246,81	-1456,80	-12777,54
8377,69	-14295,28	14334,62	1061,35	873,21	-11849,94	667,09	-14295,28	-13061,70	42235,25	-12255,99	-394,26	770,15	-2039,29	-12658,85
8548,82	-14533,91	14533,91	0,00	405,12	0,00	331,92	-14533,91	-12884,82	77290,70	-12300,02	331,92	368,52	-2233,89	-12592,42

Таблица Б2 - Нагрузки действующие на коренные и шатунные шейки шагом в 10 градусов ПКВ

Рк.ш2,4 Н	Рк.ш3, Н	1-я ко- ренная шейка Рк.ш1, Н	1-й кривошип			2-я коренная шейка			2-й кривошип			3-я коренная шейка			3-й кривошип			Т1, Н	Ркшпр3	
			Ф _{кв} , град	Рк1, Н	Т1, Н	Крк1, Н	Тк2, Н	Кк2, Н	Рк.ш2, Н	Ф _{кв} , град	Т2, Н	Крк2, Н	Тк3, Н	Кк3, Н	Рк.ш3, Н	Ф _{кв} , град	Т3, Н			Крк3, Н
2215,7	12493,1	7267,0	0,0	14533,9	0,0	-14533,9	0,0	1107,8	1107,8	180,0	0,0	-12318,2	0,0	-12493,1	12493,1	540,0	0,0	-12667,9	0,0	1293,1
2018,3	12377,9	7174,1	10,0	14348,3	-1064,4	-14308,7	365,1	995,2	1060,1	190,0	-334,2	-12318,3	-341,1	-12373,2	12377,9	550,0	-348,0	-12428,2	-532,2	1177,9
1520,1	12361,5	6895,0	20,0	13790,0	-1924,1	-13655,1	623,6	680,6	923,1	200,0	-676,8	-12294,0	-689,2	-12342,3	12361,5	560,0	-701,5	-12390,6	-962,1	1161,5

1136,1	12306,1	6469,2	30,0	12938,4	-2416,5	-12710,8	695,8	245,0	737,6	210,0	-1025,0	-12220,8	-1041,4	-12262,0	12306,1	570,0	-1057,8	-12303,1	-1208,3	1106,1
1418,5	12181,0	5962,2	40,0	11924,4	-2463,4	-11667,2	551,5	-200,9	586,9	220,0	-1360,4	-12068,9	-1379,4	-12102,7	12181,0	580,0	-1398,4	-12136,4	-1231,7	981,0
1982,4	11958,6	5461,5	50,0	10923,0	-2084,4	-10722,3	216,5	-548,4	589,6	230,0	-1651,3	-11819,1	-1668,5	-11841,6	11958,6	590,0	-1685,6	-11864,1	-1042,2	758,6
2347,5	11622,7	5064,6	60,0	10129,2	-1385,0	-10034,0	-236,2	-717,8	755,6	240,0	-1857,5	-11469,6	-1860,7	-11472,8	11622,7	600,0	-1864,0	-11476,0	-692,5	422,7
2334,7	11169,6	4853,8	70,0	9707,6	-567,2	-9691,0	-674,5	-667,0	948,5	250,0	-1916,1	-11024,9	-1892,7	-11008,1	11169,6	610,0	-1869,2	-10991,2	-283,6	-30,4
1974,6	10639,8	4843,5	80,0	9687,1	300,9	-9682,4	-1041,0	-426,3	1124,9	260,0	-1781,0	-10535,1	-1712,6	-10501,0	10639,8	620,0	-1644,3	-10467,0	150,5	-560,2
1444,0	10123,0	5004,2	90,0	10008,4	1023,4	-9955,9	-1231,0	-62,4	1232,6	270,0	-1438,6	-10080,7	-1300,1	-10039,1	10123,0	630,0	-1161,7	-9997,5	511,7	-1077,0
1134,5	9750,5	5256,3	100,0	10512,5	1515,2	-10402,8	-1222,9	324,5	1265,2	280,0	-930,6	-9753,8	-687,4	-9726,2	9750,5	640,0	-444,1	-9698,7	757,6	-1449,5
1338,5	9650,4	5523,7	110,0	11047,3	1752,6	-10907,4	-1060,4	643,4	1240,3	290,0	-368,2	-9620,6	27,9	-9650,4	9650,4	650,0	424,0	-9680,2	876,3	-1549,6
1709,8	9863,3	5755,9	120,0	11511,7	1762,1	-11376,1	-846,3	854,2	1202,5	300,0	69,4	-9667,6	686,1	-9839,4	9863,3	660,0	1302,7	-10011,1	881,0	-1336,7
2030,1	10266,2	5929,9	130,0	11859,7	1599,8	-11751,4	-723,5	1012,2	1244,2	310,0	152,8	-9727,0	1087,2	-10208,5	10266,2	670,0	2021,5	-10689,9	799,9	-933,8
2687,5	10541,6	6043,6	140,0	12087,2	1329,4	-12013,8	-846,1	1331,4	1577,6	320,0	-362,8	-9350,9	1028,6	-10491,3	10541,6	680,0	2420,0	-11631,6	664,7	-658,4
4916,1	10118,4	6107,4	150,0	12214,9	1006,1	-12173,4	-1332,6	2313,8	2670,1	330,0	-1659,1	-7545,7	365,8	-10111,8	10118,4	690,0	2390,6	-12678,0	503,0	-1081,6
15975,0	5862,4	6137,1	160,0	12274,1	667,1	-12256,0	-3273,7	7426,7	8116,2	340,0	-5880,4	2597,3	-1984,1	-5516,4	5862,4	700,0	1912,1	-13630,2	333,5	-5337,6
55807,8	14975,3	6152,2	170,0	12304,5	331,9	-12300,0	-6090,9	27267,6	27939,6	350,0	-11849,9	42235,2	-5394,3	13970,0	14975,3	710,0	1061,3	-14295,3	166,0	3775,3
89608,9	31378,4	6159,1	180,0	12318,2	0,0	-12318,2	0,0	44804,5	44804,5	360,0	0,0	77290,7	0,0	31378,4	31378,4	720,0	0,0	-14533,9	0,0	20178,4
74884,5	24500,4	6161,4	190,0	12322,8	-334,2	-12318,3	8214,0	36567,3	37478,5	370,0	16093,8	60816,4	8046,9	23141,2	24500,4	0,0	0,0	-14533,9	-167,1	13300,4
42876,1	10342,0	6156,3	200,0	12312,6	-676,8	-12294,0	9099,0	19566,3	21578,5	380,0	17521,2	26838,7	8228,4	6265,0	10342,0	10,0	-1064,4	-14308,7	-338,4	-858,0
23117,1	6509,1	6131,9	210,0	12263,7	-1025,0	-12220,8	7029,9	9545,9	11855,1	390,0	13034,8	6870,9	5555,3	-3392,1	6509,1	20,0	-1924,1	-13655,1	-512,5	-4690,9
13130,9	8206,7	6072,6	220,0	12145,3	-1360,4	-12068,9	5112,9	4843,1	7042,6	400,0	8865,5	-2382,6	3224,5	-7546,7	8206,7	30,0	-2416,5	-12710,8	-680,2	-2993,3
8668,2	9189,2	5967,0	230,0	11933,9	-1651,3	-11819,1	4139,8	2793,0	4993,9	410,0	6628,2	-6233,1	2082,4	-8950,1	9189,2	40,0	-2463,4	-11667,2	-825,7	-2010,8
6293,6	9580,3	5809,5	240,0	11619,0	-1857,5	-11469,6	3604,6	1655,9	3966,7	420,0	5351,7	-8157,8	1633,7	-9440,0	9580,3	50,0	-2084,4	-10722,3	-928,7	-1619,7
5030,4	9806,5	5595,1	250,0	11190,2	-1916,1	-11024,9	3319,4	866,1	3430,6	430,0	4722,8	-9292,8	1668,9	-9663,4	9806,5	60,0	-1385,0	-10034,0	-958,1	-1393,5
4456,3	10108,6	5342,3	260,0	10684,6	-1781,0	-10535,1	3110,4	191,7	3116,3	440,0	4439,8	-10151,8	1936,3	-9921,4	10108,6	70,0	-567,2	-9691,0	-890,5	-1091,4
4352,3	10557,1	5091,4	270,0	10182,9	-1438,6	-10080,7	2853,5	-425,3	2885,0	450,0	4268,4	-10931,4	2284,6	-10306,9	10557,1	80,0	300,9	-9682,4	-719,3	-642,9
4486,6	11106,7	4899,1	280,0	9798,1	-930,6	-9753,8	2494,1	-957,4	2671,5	460,0	4057,5	-11668,6	2540,5	-10812,3	11106,7	90,0	1023,4	-9955,9	-465,3	-93,3
4617,4	11667,2	4813,8	290,0	9627,6	-368,2	-9620,6	2052,5	-1356,2	2460,1	470,0	3736,8	-12333,0	2626,0	-11367,9	11667,2	100,0	1515,2	-10402,8	-184,1	467,2

4605,8	12160,0	4833,9	300,0	9667,9	69,4	-9667,6	1614,4	-1607,4	2278,2	480,0	3298,3	-12882,4	2525,4	-11894,9	12160,0	110,0	1752,6	-10907,4	34,7	960,0
4515,8	12540,7	4864,1	310,0	9728,2	152,8	-9727,0	1309,5	-1782,5	2211,8	490,0	2771,8	-13292,1	2266,9	-12334,1	12540,7	120,0	1762,1	-11376,1	76,4	1340,7
4752,5	12799,2	4679,0	320,0	9358,0	-362,8	-9350,9	1281,6	-2106,2	2465,5	500,0	2200,3	-13563,4	1900,0	-12657,4	12799,2	130,0	1599,8	-11751,4	-181,4	1599,2
6022,6	12775,7	3863,0	330,0	7725,9	-1659,1	-7545,7	1573,3	-2918,0	3315,2	510,0	1487,5	-13381,7	1408,5	-12697,8	12775,7	140,0	1329,4	-12013,8	-829,6	1575,7
15683,4	12652,5	3214,2	340,0	6428,5	-5880,4	2597,3	3376,8	-7829,5	8526,7	520,0	873,2	-13061,7	939,6	-12617,5	12652,5	150,0	1006,1	-12173,4	-2940,2	1452,5
55121,6	12581,8	21933,1	350,0	43866,1	-11849,9	42235,2	6127,5	-27560	28233,0	530,0	405,1	-12884,8	536,1	-12570,4	12581,8	160,0	667,1	-12256,0	-5925,0	1381,8
89958,6	12485,0	38645,4	360,0	77290,7	0,0	77290,7	0,0	-44979	44979,3	540,0	0,0	-12667,9	166,0	-12483,9	12485,0	170,0	331,9	-12300,0	0,0	1285,0
73245,4	12374,4	31454,9	370,0	62909,8	16093,8	60816,4	-8220,9	-36622	37533,6	550,0	-348,0	-12428,2	-174,0	-12373,2	12374,4	180,0	0,0	-12318,2	8046,9	1174,4
39235,5	12365,3	16025,8	380,0	32051,6	17521,2	26838,7	-9111,4	-19614	21627,5	560,0	-701,5	-12390,6	-517,9	-12354,4	12365,3	190,0	-334,2	-12318,3	8760,6	1165,3
19203,2	12329,1	7367,4	390,0	14734,8	13034,8	6870,9	-7046,3	-9587,0	11897,9	570,0	-1057,8	-12303,1	-867,3	-12298,6	12329,1	200,0	-676,8	-12294,0	6517,4	1129,1
9853,6	12238,8	4590,0	400,0	9180,1	8865,5	-2382,6	-5131,9	-4876,9	7079,6	580,0	-1398,4	-12136,4	-1211,7	-12178,6	12238,8	210,0	-1025,0	-12220,8	4432,8	1038,8
5877,9	12063,0	4549,3	410,0	9098,6	6628,2	-6233,1	-4156,9	-2815,5	5020,7	590,0	-1685,6	-11864,1	-1523,0	-11966,5	12063,0	220,0	-1360,4	-12068,9	3314,1	863,0
3805,9	11779,4	4878,3	420,0	9756,5	5351,7	-8157,8	-3607,9	-1659,1	3971,1	600,0	-1864,0	-11476,0	-1757,7	-11647,6	11779,4	230,0	-1651,3	-11819,1	2675,9	579,4
2525,6	11383,9	5212,0	430,0	10424,0	4722,8	-9292,8	-3296,0	-849,2	3403,6	610,0	-1869,2	-10991,2	-1863,3	-11230,4	11383,9	240,0	-1857,5	-11469,6	2361,4	183,9
1674,2	10892,4	5540,1	440,0	11080,2	4439,8	-10151,8	-3042,0	-157,6	3046,1	620,0	-1644,3	-10467,0	-1780,2	-10746,0	10892,4	250,0	-1916,1	-11024,9	2219,9	-307,6
1490,5	10371,2	5867,6	450,0	11735,2	4268,4	-10931,4	-2715,0	466,9	2754,9	630,0	-1161,7	-9997,5	-1471,3	-10266,3	10371,2	260,0	-1781,0	-10535,1	2134,2	-828,8
2019,4	9934,4	6177,0	460,0	12353,9	4057,5	-11668,6	-2250,8	985,0	2456,9	640,0	-444,1	-9698,7	-941,3	-9889,7	9934,4	270,0	-1438,6	-10080,7	2028,8	-1265,6
2686,4	9720,3	6443,3	470,0	12886,6	3736,8	-12333,0	-1656,4	1326,4	2122,0	650,0	424,0	-9680,2	-253,3	-9717,0	9720,3	280,0	-930,6	-9753,8	1868,4	-1479,7
3153,0	9827,0	6649,0	480,0	13297,9	3298,3	-12882,4	-997,8	1435,6	1748,3	660,0	1302,7	-10011,1	467,3	-9815,8	9827,0	290,0	-368,2	-9620,6	1649,2	-1373,0
3295,1	10232,3	6789,0	490,0	13578,0	2771,8	-13292,1	-375,1	1301,1	1354,1	670,0	2021,5	-10689,9	1045,5	-10178,8	10232,3	300,0	69,4	-9667,6	1385,9	-967,7
3096,5	10756,5	6870,4	500,0	13740,7	2200,3	-13563,4	109,8	965,9	972,1	680,0	2420,0	-11631,6	1286,4	-10679,3	10756,5	310,0	152,8	-9727,0	1100,2	-443,5
2492,1	11061,0	6732,1	510,0	13464,2	1487,5	-13381,7	451,5	351,9	572,5	690,0	2390,6	-12678,0	1013,9	-11014,4	11061,0	320,0	-362,8	-9350,9	743,8	-139,0
1994,8	10588,7	6545,4	520,0	13090,9	873,2	-13061,7	519,4	-284,2	592,1	700,0	1912,1	-13630,2	126,5	-10587,9	10588,7	330,0	-1659,1	-7545,7	436,6	-611,3
1765,2	6325,8	6445,6	530,0	12891,2	405,1	-12884,8	328,1	-705,2	777,8	710,0	1061,3	-14295,3	-2409,5	-5849,0	6325,8	340,0	-5880,4	2597,3	202,6	-4874,2
1866,0	15064,7	6333,9	540,0	12667,9	0,0	-12667,9	0,0	-933,0	933,0	720,0	0,0	-14533,9	-5925,0	13850,7	15064,7	350,0	-11849,9	42235,2	0,0	3864,7
2105,7	31378,4	6216,5	550,0	12433,1	-348,0	-12428,2	174,0	-1052,9	1067,1	0,0	0,0	-14533,9	0,0	31378,4	31378,4	360,0	0,0	77290,7	-174,0	20178,4
2193,7	24437,9	6205,2	560,0	12410,4	-701,5	-12390,6	-181,5	-959,1	976,1	10,0	-1064,4	-14308,7	7514,7	23253,8	24437,9	370,0	16093,8	60816,4	-350,8	13237,9

2351,6	10211,2	6174,2	570,0	12348,5	-1057,8	-12303,1	-433,2	-676,0	802,9	20,0	-1924,1	-13655,1	7798,5	6591,8	10211,2	380,0	17521,2	26838,7	-528,9	-988,8
2483,8	6059,1	6108,4	580,0	12216,7	-1398,4	-12136,4	-509,1	-287,2	584,5	30,0	-2416,5	-12710,8	5309,1	-2919,9	6059,1	390,0	13034,8	6870,9	-699,2	-5140,9
2471,2	7719,8	5991,6	590,0	11983,3	-1685,6	-11864,1	-388,9	98,5	401,2	40,0	-2463,4	-11667,2	3201,1	-7024,9	7719,8	400,0	8865,5	-2382,6	-842,8	-3480,2
2216,5	8776,8	5813,2	600,0	11626,4	-1864,0	-11476,0	-110,2	376,9	392,6	50,0	-2084,4	-10722,3	2271,9	-8477,7	8776,8	410,0	6628,2	-6233,1	-932,0	-2423,2
1683,6	9309,6	5574,5	610,0	11149,0	-1869,2	-10991,2	242,1	478,6	536,3	60,0	-1385,0	-10034,0	1983,4	-9095,9	9309,6	420,0	5351,7	-8157,8	-934,6	-1890,4
961,2	9716,6	5297,7	620,0	10595,4	-1644,3	-10467,0	538,5	388,0	663,7	70,0	-567,2	-9691,0	2077,8	-9491,9	9716,6	430,0	4722,8	-9292,8	-822,1	-1483,4
435,7	10196,4	5032,4	630,0	10064,8	-1161,7	-9997,5	731,3	157,5	748,1	80,0	300,9	-9682,4	2370,4	-9917,1	10196,4	440,0	4439,8	-10151,8	-580,8	-1003,6
1055,3	10773,6	4854,4	640,0	9708,8	-444,1	-9698,7	733,8	-128,6	745,0	90,0	1023,4	-9955,9	2645,9	-10443,7	10773,6	450,0	4268,4	-10931,4	-222,1	-426,4
1678,7	11382,0	4844,7	650,0	9689,5	424,0	-9680,2	545,6	-361,3	654,4	100,0	1515,2	-10402,8	2786,4	-11035,7	11382,0	460,0	4057,5	-11668,6	212,0	182,0
1968,5	11939,9	5047,8	660,0	10095,5	1302,7	-10011,1	224,9	-448,2	501,4	110,0	1752,6	-10907,4	2744,7	-11620,2	11939,9	470,0	3736,8	-12333,0	651,3	739,9
1891,0	12390,3	5439,7	670,0	10879,4	2021,5	-10689,9	-129,7	-343,1	366,8	120,0	1762,1	-11376,1	2530,2	-12129,2	12390,3	480,0	3298,3	-12882,4	1010,8	1190,3
1604,3	12711,1	5940,3	680,0	11880,7	2420,0	-11631,6	-410,1	-59,9	414,4	130,0	1599,8	-11751,4	2185,8	-12521,7	12711,1	490,0	2771,8	-13292,1	1210,0	1511,1
1486,1	12909,8	6450,7	690,0	12901,4	2390,6	-12678,0	-530,6	332,1	625,9	140,0	1329,4	-12013,8	1764,9	-12788,6	12909,8	500,0	2200,3	-13563,4	1195,3	1709,8
1770,4	12838,2	6881,8	700,0	13763,6	1912,1	-13630,2	-453,0	728,4	857,8	150,0	1006,1	-12173,4	1246,8	-12777,5	12838,2	510,0	1487,5	-13381,7	956,1	1638,2
2145,6	12682,3	7167,3	710,0	14334,6	1061,3	-14295,3	-197,1	1019,6	1038,5	160,0	667,1	-12256,0	770,2	-12658,8	12682,3	520,0	873,2	-13061,7	530,7	1482,3
2258,4	12597,8	7267,0	720,0	14533,9	0,0	-14533,9	166,0	1116,9	1129,2	170,0	331,9	-12300,0	368,5	-12592,4	12597,8	530,0	405,1	-12884,8	0,0	1397,8