



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 Сусликов Евгений Валерьевич

1. Тема Двигатель 1,5 л 16 кл с наддувом от прямозубого компрессора

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

3. Исходные данные к бакалаврской работе 4-х цилиндровый 4-х тактный двигатель,  
 $iV_h=1,5$ л, с прямозубым компрессором с  $\pi_k = 1,6$ ;  $G_B=400$  кг/час;  $n = 16000$  мин<sup>-1</sup>

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)

Е.В. Сусликов

\_\_\_\_\_ (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 Сусликова Евгения Валерьевича  
по теме Двигатель 1,5 л 16 кл с наддувом от прямозубого компрессора

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
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)

Е.В. Сусликов

\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Для создания современных двигателей с повышенным наполнением необходимо подбирать компрессор с оптимальными характеристиками для данного двигателя, а для этого необходимо определить какой из типов компрессоров и какой профиль будет наиболее эффективным в данном случае, при этом должен учитываться такой немаловажный фактор, как стоимость компрессора.

Наибольшее соответствие режимам работы двигателя наблюдается при применении компрессоров объемного типа сжатия. По этому в данном бакалаврской работе представлены результаты проектирования роторного прямозубого компрессора для 16 клапанного двигателя ВАЗ-2112 с рабочим 1,5 л. Работа состоит из следующих разделов:

обоснование выбора прямозубого компрессора, где проводится сравнение существующих систем наддува и показаны преимущества применения компрессоров объемного типа для малолитражных бензиновых двигателей;

тепловой расчет и тепловой баланс двигателя, где проведен расчет основных параметров проектируемого двигателя с требуемыми характеристиками наддува и проведено сравнение с базовым двигателем;

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 – приведен расчет прямозубого компрессора.

Графическая часть работы содержит 8 листов формата А1.

To create modern engines with increased filling, it is necessary to select a compressor with the optimum characteristics for this engine, and for this it is necessary to determine which type of compressor and which profile will be most effective in this case, taking into account such an important factor as the cost of the compressor.

The greatest correspondence to the operating modes of the engine is observed when compressors of volumetric compression type are used. Therefore, this bachelor's work presents the results of designing a rotor direct-toothed compressor for a 16 valve VAZ-2112 engine with a working capacity of 1.5 liters. The work consists of the following sections: Justification of the choice of a direct-toothed compressor, which compares the existing systems of pressurization and shows the advantages of using volume-type compressors for small-displacement petrol engines;

Thermal calculation and heat balance of the engine, where the calculation of the main parameters of the engine being designed with the required boost characteristics was made and a comparison was made with the base engine;

Kinematic calculation shows the change in the kinematic parameters of the piston group;

Dynamic calculation, where the forces and loads acting in the crank mechanism are determined, as well as the conditions for balancing the engine;

In the section of the special part - the calculation of a spurious compressor is given.

The graphic part of the work contains 8 sheets of A1 format.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Обзор состояния вопроса по необходимости применения наддува в бензиновых малолитражных двигателях.....	7
1.1 Выбор системы наддува.....	7
1.2 Обзор иностранных источников по проблемам применения приводных нагнетателей.....	9
2 Расчёт двигателя.....	19
2.1 Тепловой расчет.....	19
2.2 Тепловой баланс двигателя.....	32
3 Кинематический расчет.....	34
4 Динамический расчет.....	35
5 Описание конструкции спроектированного прямозубого компрессора.....	40
5.1 Описания спроектированного прямозубого компрессора.....	40
5.2 Результаты расчета энергетических показателей спроектированного прямозубого компрессора.....	42
6 Безопасность и экологичность проекта.....	44
6.1 Оценка безопасности и экологичности двигателя с приводным компрессором.....	44
6.2 Выводы об безопасности и экологичности бензинового двигателя с наддувом от приводного компрессора.....	46
Заключение.....	47
Список литературы.....	48
Приложение А - Результаты теплового расчета .....	50
Приложение Б - Результаты динамического расчета .....	74

## ВВЕДЕНИЕ

Применение наддува является современной и востребованной мерой для повышения мощности автомобильных ДВС, особенно остро это стало при повышении требований по токсичности отработавших газов, так как для снижения токсичности двигателя стали работать зачастую в неэффективных режимах работы, а также значительным повышением потребляемой энергии автомобилем на нужды повышения комфорта. Что привело к необходимости повышению мощностных показателей двигателей для автомобилей малого и сверх малого класса, где применение такого способа форсирования как увеличение рабочего объема двигателя не подходит. В связи с низким коэффициентом полезного действия маломерных турбокомпрессоров, на малолитражные бензиновые двигатели, часто ставят приводные нагнетатели воздуха.

В связи с этим целесообразно провести модернизацию малолитражного 16 клапанного двигателя ВАЗ, с целью повышения его мощностных и экологических показателей путем установки на него приводного прямоугольного компрессора с частично внутренним сжатием.

# 1 Обзор состояния вопроса по необходимости применения наддува в бензиновых малолитражных двигателях

## 1.1 Выбор системы наддува

Наддув по своему принципу и назначению это повышение наполняемости цилиндра за счет различных устройств при сохранении или уменьшении его габаритов. К основным типам наддува относятся безагрегатный наддув, т.е. инерционный наддув за счет изменения характеристик потока во впускной системе и агрегатный наддув, который в свою очередь подразделяется на турбонаддув и наддув от приводных нагнетателей (по англ. supercharger). К недостаткам безагрегатного наддува следует отнести маленькую величину наддува, она редко превышает 20%. К недостаткам турбонаддува относят потери мощности из-за преждевременного открытия выпускных клапанов для обеспечения необходимой энергией отработавшие газы при вращении турбины, а также наличие турбоямы, т.е. эффекта падения мощности на начальной стадии разгона, когда требуется двигателю больше воздуха, а турбина в связи со своей инертностью еще не раскрутилась. По этому для небольших бензиновых двигателей где количество и энергетика отработавших газов мала, часто применяют приводные компрессоры объемного типа с внутренним и внешним сжатием. Аналоги приводных компрессоров представлены на рисунке 1.1. Для размещения приводных компрессоров необходимо двигатель дооборудовать системой передачи вращения от двигателя к компрессору, это реализуется с помощью зубчатого ремня или цепи от дополнительной шестерни устанавливаемой на носке коленчатого вала.

Также при установке самого компрессора на двигатель с искровым зажиганием следует определиться со степенью наддува, так при степени наддува менее 1,6 можно обойтись без охладителя наддувочного воздуха, а при повышении давления наддува и следовательно максимальной мощности двигателя, в связи с тем что воздух при сжатии нагревается его плотность падает и для сохранения эффективности устанавливают промежуточный охладитель надду-

вочного воздуха или как его называют интеркулер. Также для успешной работы на частичных нагрузках, так как бензиновые двигателя требуют для нейтрализации отработавших газов состав смеси около стехиометрического, необходимо устанавливать специальную систему регулиующую количество подаваемого воздуха, как это показано для примера на рисунке 1.2.

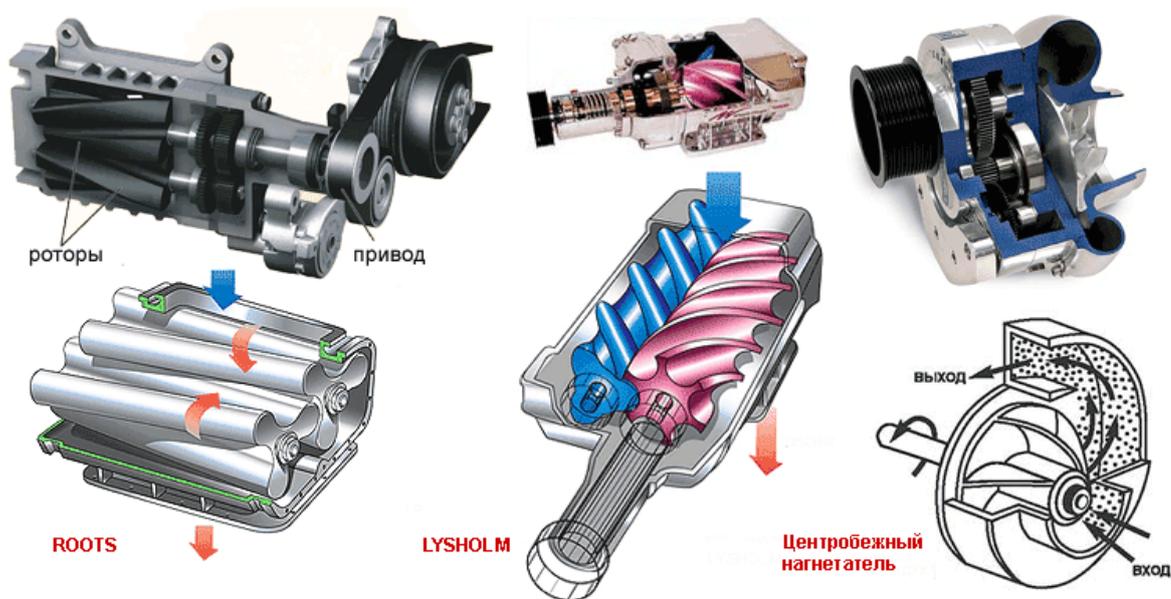


Рисунок 1.1 - Аналоги приводных компрессоров

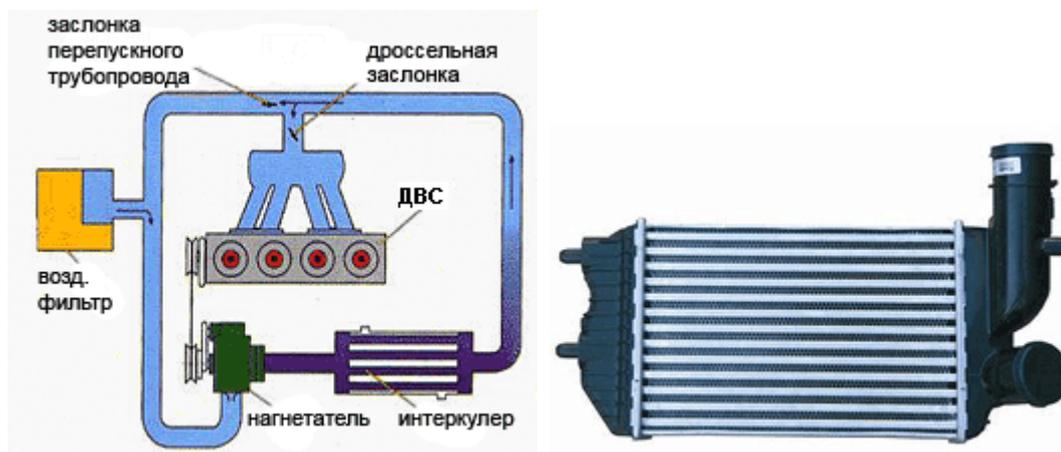


Рисунок 1.2 - Схема регулирования наддува и охладитель наддувочного воздуха

Анализ литературы показал, что приводным компрессором с наибольшим коэффициентом полезного действия сжатия воздуха, является прямозубый компрессор с золотниковым механизмом обеспечивающий объемное внутреннее сжатие воздуха. На рисунке 1.3 приведена принципиальная схема работы и последовательность рабочих циклов роторного прямозубого нагнетателя с внут-

ренным сжатием. Результаты его моделирования, испытаний и анализа возможного применения приведены в работах Хисамеева.

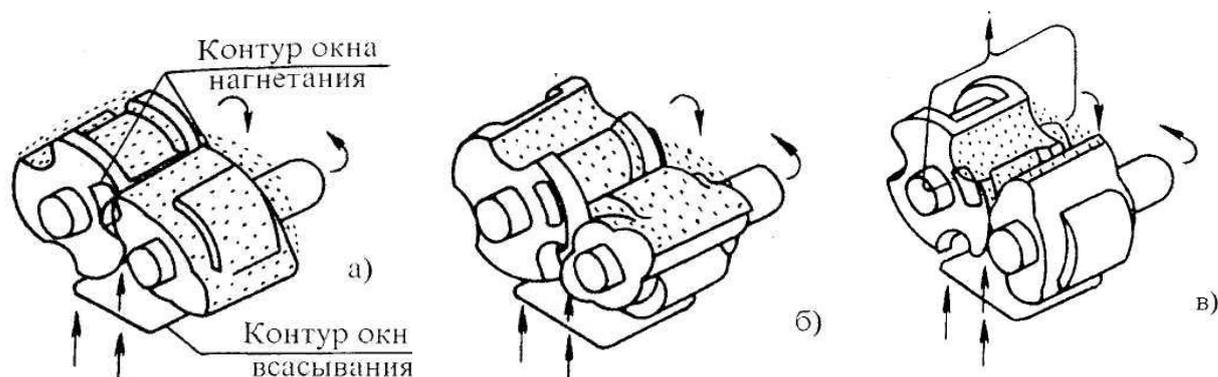


Рисунок 1.3 - Последовательность рабочих процессов роторного прямозубого компрессора

Роторные прямозубые компрессоры имеют значительные перспективы развития и в настоящее время в основном производятся в варианте сухого сжатия. Поэтому в качестве специального задания на разработку взят компрессор прямозубого типа для двигателя ВАЗ

## 1.2 Обзор иностранных источников по проблемам применения приводных нагнетателей

Статья "Анализ производительности процесса наддува в двигателе с искровым зажиганием и дизельным с приводным компрессором"

### Аннотация

В этом документе изучается работа над процессом наддува на двигателе SI и CI и применение нагнетателя. В этой статье, чтобы определить, улучшает ли механическое действие высокоскоростного нагнетателя производительность двигателя. Большинство легковых автомобилей переполнены, и, вероятно, 80 процентов таких автомобилей работают на скорости менее 55 км / ч в течение 90 процентов времени. Пассажирский автомобиль требует от 12 до 15 л.с., но перевозимый двигатель способен развиваться от 50 до 55 л.с. В результате автомобиль работает большую часть времени на расстоянии от трети до четверти от дроссельной заслонки. Полная мощность необходима только для ускорения

и подъема холма в течение оставшегося времени, когда избыточный вес двигателя и других частей должен переноситься с потерей эффективности. Этот меньший двигатель может быть использован преимущественно при оснащении нагнетателем, причем нагнетатель используется, только тогда, когда требуется избыточная мощность.

## ВВЕДЕНИЕ

Мощность двигателя зависит от количества воздуха, указанного в единицу времени, степени использования воздуха и тепловой эффективности двигателя. Количество воздуха, вводимого в единицу времени, может быть увеличено за счет увеличения скорости вращения или увеличения плотности воздуха при входе. Увеличение оборотов двигателя требует жесткого и надежного двигателя при увеличении нагрузки инерции. Трение двигателя и нагрузки на подшипники также увеличиваются, а объемный КПД уменьшается при увеличении скорости. Метод увеличения плотности воздуха в воздухе, называемый наддувом, обычно используется для увеличения выходной мощности двигателя. Это достигается подачей воздуха под давлением, превышающим давление, при котором двигатель естественным образом всасывает воздух из атмосферы с помощью устройства для повышения давления, называемого нагнетателем.

Выходная мощность также может быть увеличена за счет увеличения теплового КПД двигателя, например, путем увеличения коэффициента сжатия. Однако это увеличивает максимальное давление в цилиндре. Скорость увеличения максимального давления цилиндра меньше, чем скорость увеличения среднего эффективного давления разрыва в случае наддувного двигателя. Это означает, что при заданном максимальном давлении в цилиндре больше мощности можно получить за счет увеличения степени сжатия. Скорость повышения максимальной температуры также низка в случае наддува. Это приводит к более низким тепловым нагрузкам. [1]

## II. ОБЪЕКТЫ наддува

Увеличение количества воздуха, вводимого в единицу времени за счет наддува, в основном достигается сжиганием большего количества топлива в

данном двигателе и, таким образом, увеличением его выходной мощности.

Объекты наддува включают одно или несколько из следующих: [1]

1. Увеличить выходную мощность для заданного веса и объема двигателя. Это важно для авиационных, морских и автомобильных двигателей, где важны вес и пространство.

2. Чтобы компенсировать потерю мощности из-за высоты. Это в основном связано с авиадвигателем, который теряет мощность при приближительной скорости на 100 метров над уровнем моря. Это также актуально для других двигателей, которые используются на большой высоте.

III. Термодинамический ЦИКЛ С приводным компрессором.

На рис. (1) показана диаграмма  $p-v$  для идеального двигателя с наддувом Отто-цикла. Давление  $p_1$  представляет собой давление наддува, а  $p_5$  - давление выхлопных газов. Область 8-6-7-0-1-8 представляет собой работу, выполняемую нагнетателем (механическим приводом) при подаче воздуха под давлением  $p_1$ , а область 1-2-3-4-1 - мощность двигателя.

Площадь 0-1-6-7-0 представляет собой выигрыш в работе во время процесса замены газа из-за наддува. Таким образом, часть.

Работа нагнетателя восстанавливается. Однако область 1-6-8-1 не может быть восстановлена и представляет собой потерю работы. Эта потеря работы приводит к уменьшению идеального теплового КПД для повышения давления двигателя с увеличением давления наддува [2].

ПРИВОДНОЙ НАДДУВ ДВИГАТЕЛЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ.

Что касается двигателей с искровым зажиганием, то нагнетание применяется только для двигателей самолетов и гоночных автомобилей. Это связано с тем, что увеличение давления наддува увеличивает тенденцию к детонации и воспламенению. Помимо увеличения объемной эффективности работы наддува двигателя в увеличении потребления. Температура двигателя. Повышенное входное давление и температура уменьшают разрядку зажигания и увеличивают скорость пламени. Оба этих эффекта приводят к большей тенденции к детонации или воспламенению. По этой причине бензиновые двигатели с наддувом

используют более низкую степень сжатия. Использование более низкой степени сжатия и увеличение потерь тепла из-за более высокой удельной теплоемкости и потерь на диссоциацию при более высокой температуре приводит к более низкой тепловой эффективности для таких двигателей. Таким образом, бензиновый двигатель с наддувом имеет больший расход топлива, чем природные аспирационные двигатели.

На рис. (3) показано, что производительность наддувочного бензинового двигателя для разных скоростей. Сбивкой можно управлять в двигателе с наддувом, закачивая воду в камеру сгорания. Однако большое количество жидкости, необходимой для этой цели, становится непомерно высоким. Другой альтернативой является использование промежуточного охлаждения заряда до его подачи в двигатель. [3]

#### V. ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ СИ

В отличие от нагнетания двигателя СИ не приводит к какой-либо проблеме сжигания, а скорее улучшает сгорание в дизельном двигателе. Увеличение давления и температуры всасываемого воздуха уменьшает задержку зажигания и, следовательно, скорость повышения давления приводит к лучшему, более тихому и плавному сгоранию. Это улучшение сгорания позволяет использовать низкокачественное топливо в дизельном двигателе, а также не чувствительно к типу используемого топлива. Увеличение температуры всасываемого воздуха уменьшает объемную и тепловую эффективность, но увеличение плотности за счет компрессионных давлений для этого и промежуточное охлаждение не требуется, за исключением двигателя с наддувом. Однако механическая и тепловая нагрузка увеличивается с увеличением наддува. Но это увеличение механической и тепловой нагрузки является лишь умеренным из-за использования более низких коэффициентов сжатия и эффекта охлаждения из-за увеличения перекрытия клапана наддувом двигателя. В двигателе с наддувом можно использовать более низкие соотношения топливо-воздух, поскольку увеличение расхода топлива меньше, чем увеличение расхода воздуха. Это приводит к более низкой температуре в течение всего цикла двигателя и

уменьшению дыма от двигателя. Низкое соотношение топлива и воздуха и высокий коэффициент расширения приводят к снижению температуры выхлопных газов. Это приводит к увеличению срока службы выпускного клапана. Если сверхнагруженный двигатель с наддувом, это повысит надежность и долговечность двигателя из-за более плавного сгорания и снижения температуры выхлопных газов. Степень наддува ограничена тепловой и механической нагрузкой на двигатель и сильно зависит от типа нагнетаемого топлива и конструкции двигателя. [3]

## VI. ВЛИЯНИЕ НАДДУВА НА НАПОЛНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ

Выходная мощность - выходная мощность двигателя с наддувом выше, чем его естественный аспирационный коллектор по следующим причинам:

1. Увеличивается количество воздуха, вводимого за цикл для заданного объема прокачки.
2. Механическая эффективность немного улучшена.
3. Во время процесса газообмена некоторые работы, выполненные на нагнетателе, восстанавливаются.

Нагнетание приводит к лучшей очистке и уменьшению температуры отходящего газа в двигателе. Уменьшенная фракция остаточного газа способствует лучшему сгоранию, а пониженная температура улучшает объемную эффективность [4]. На рисунке (4) показано влияние коэффициента наддува на мощность и общий КПД двигателя.

Механическая эффективность: - Увеличение давления наддува увеличивает газовую нагрузку, и поэтому необходимы большие области подшипников и более тяжелые компоненты. Это увеличит фрикционные силы. Однако увеличение температуры намного больше, чем увеличение сил трения. Типичные значения составляют 11% и 7,5% увеличение силы трения для бензиновых и дизельных двигателей по сравнению с 40% -ным повышением температуры при 60% -ной перезарядке. Таким образом, механическая эффективность повышения давления двигателя немного лучше, чем наддув. На рисунке (5) показана

механическая эффективность, полученная для шестицилиндровых двигателей с наддувом Cummins с воспламенением от сжатия. [4]

Если нагнетатель находится непосредственно у двигателя, часть двигателя, разработанная двигателем, будет использоваться при запуске нагнетателя. Кроме того, при частичных нагрузках сжатие нагнетателя не полностью используется. Это приведет к увеличению потерь, поэтому удельный расход топлива для нагнетателей с механическим приводом будет больше при частичной нагрузке. В дополнение к этому, тот факт, что сильно наддуваемые двигатели Otto используют очень богатые смеси, чтобы избежать стука и предварительного воспламенения, приведут к более высокому удельному расходу топлива. Таким образом, несмотря на лучшее перемешивание и сжигание из-за ограниченной задержки, двигатель с двигателем Otto с механическим наддувом почти всегда будет иметь удельный расход топлива выше, чем двигатель с естественным придыханием. Конкретный расход топлива для двигателя CI несколько меньше, чем для двигателей с наддувом из-за лучшего сгорания и повышения механической эффективности. [4]

### VIII. ПРЕДЕЛЫ ОГРАНИЧЕНИЯ

Выходная мощность двигателей в основном ограничена детонацией, тепловыми и механическими нагрузками. Обычно один из этих пределов достигается ранее, чем другие ограничения, в зависимости от типа двигателя и его конструкции, устройств охлаждения и т.д. Для двигателей с искровым зажиганием ограничение детонации обычно достигается первым, в то время как для дизельных двигателей термическая и в первую очередь достигаются пределы механической нагрузки.

Пределы наддува двигателей СИ: - степень повышения давления в двигателях СИ главным образом ограничена детонацией. Это увеличение давления и, как правило, температуры также из-за наддува уменьшает задержку зажигания, и, следовательно, двигатель имеет тенденцию к детонации при этом давлении. Предел детонации зависит от типа используемого топлива, соотношения смеси,

искрового хода и конструктивных особенностей двигателя, из которых важны клапан и время вентиляции и система охлаждения.

Различные виды топлива имеют разные тенденции детонации. Некоторые из них более чувствительны к повышенному давлению, другие - к повышению температуры. На рисунке 6 показана более высокая степень полезного сжатия для различных используемых топлив, а рисунке 7 показывает среднее эффективное давление, полученное с различными видами топлива при различных температурах впуска. Можно видеть, что для летучего нефтяного топлива с высоким октановым числом тенденция детонации и предварительного воспламенения уменьшается на очень богатой и очень обедненной смеси, а топливо с одинаковым октановым числом имеет разный ответ на наддув.

Наиболее сильный стук происходит вблизи химически правильных соотношений смеси. Очень богатые и очень скудные смеси дают без детонации операцию. Обычно наддувные двигатели работают на богатых смесях, чтобы контролировать стук, потому что суровые пределы неразрушения являются узкими и требуют очень точного контроля соотношения смеси. Небольшое уменьшение обедненной смеси приводит к нерегулярному и прерывистому движению двигателя. Это может произойти с 20% избыточного воздуха. Использование богатых смесей приводит к более высоким удельным расходам топлива для наддува двигателей. Пределы детонации двигателя СИ также зависят от времени зажигания и тепловой нагрузки на двигатель. При более высоком давлении и температуре всасывания зажигание должно быть запаздывающим. В общем случае используется давление нагнетателя в диапазоне от 1,3 до 1,5 бар. Соответствует примерно 30-50% наддувом. [5]

## II. МОДИФИКАЦИЯ двигателя для применения наддува

Выходная мощность атмосферного двигателя может быть увеличена за счет наддува. Однако некоторые модификации сделают двигатель более подходящим для наддува. Эти модификации включают увеличение периода перекрытия клапанов, чтобы обеспечить полную очистку объема зазора и увеличение объема зазора путем уменьшения сжатия. Для дизельного двигателя система

впрыска должна быть модифицирована для подачи повышенного количества топлива, для этого потребуется большая площадь сопла, чем двигатель с наддувом. В случае двигателя с турбонаддувом выпускной клапан открывается немного раньше, чтобы подавать больше энергии на турбокомпрессор. Кроме того, вытяжной коллектор такого двигателя изолирован, чтобы уменьшить потери тепла в отличие от выпускного коллектора с водяным охлаждением обычного атмосферного двигателя.

#### ПРИМЕНЕНИЕ нагнетателя

Поршневые компрессоры, роторные воздуходувки с принудительным перемещением, воздуходувка типа топок, центробежный компрессор, турбонагнетатель все используются для наддува двигателя для различных применений. Ниже приводится краткое обсуждение каждого типа и его основной области применения. [6]

1. Поршневой компрессор: - Компрессор поршневого поршня очень редко используется в течение нескольких дней, за исключением некоторых стационарных установок. Размер компрессора устраняется объемом воздуха, подаваемого в двигатель. Это делает его довольно громоздким и тяжелым. Благодаря рециркуляционному компрессору достигается высокая степень сжатия, а его изэнтропическая эффективность составляет около 75-85%, скорость ограничена. Это увеличивает вес компрессора.

Vane Blower: - fig (9) показывает нагнетатель типа лопасти. Это вращающийся тип с принудительным перемещением. Это состоит из ротора, вращающегося в большой цилиндрической оболочке. Ротор, который имеет четыре пазы, остается в контакте с корпусом, по крайней мере, в одной точке все время. Ось ротора установлена эксцентрично. Лезвие скользит в радиальном направлении в и из пазов ротора при его движении. Когда лезвие перемещается, воздух возникает между пространством между лезвием, которое увеличивается. Воздух выгружается, когда это пространство уменьшается вблизи выхлопной стороны нагнетателя. Из-за лопастей поток пульсирует и шумно, и скорость

ограничена из-за радиального движения лопаток. В настоящее время нагнетатель лопастного типа почти устарел.

(Iii) Компрессор Lysholm: - фиг. (10) показывает другой тип вращающегося нагнетателя с принудительным перемещением, называемого компрессором Lysholm. Воздух поступает на один конец компрессора и захватывается между винтовыми роторами и корпусом. Винтовое действие роторов вытесняет воздух в осевом направлении. Компрессор Лисхольма производит постоянное сжатие. Сжатие производится внутри, в отличие от нагнетателей корней, где сжатие происходит только при открытии выпускного отверстия. Основным недостатком компрессора этого типа является его механическая сложность, которая ограничивает его широкое использование.

(V) Прямозубый компрессор: - Нагнетатель (11) а состоит из двух лепестков цилиндрической формы, вращающихся в противоположном направлении в общем корпусе. Воздух входит в пространство между лопастями ротора на входе и переносится вокруг ротора на выпускной порт. Следует отметить, что в этом процессе не происходит сжатия, что показано на рис. (11) б. Сжатие происходит только тогда, когда этот выпускной порт открыт, и давление возрастает почти мгновенно. Когда выпускной порт открывает обратный поток воздуха, и для сжатия воздуха требуется больше работы. Для сжатия воздуха требуется дополнительная работа. Эта дополнительная работа представлена заштрихованной областью рис.

## Х. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа экспериментальных результатов рассмотренных работ можно суммировать влияние наддува на характеристики двигателя. Эксперименты и результаты соревнований доказали, что производительность сокращенных двигателей может сравниться с производительностью их более крупных коллег с помощью повышения всасывания. Тем не менее, степень, в которой сокращенный объем может быть уменьшена в любом сокращенном приложении, заключается в ограничении горения. Если сжигание на высокой скорости, маломощные двигатели могут быть лучше поняты или даже усилены для ускорения сжи-

гания, то степень детонации конечного газа может быть сведена к минимуму. Это позволило бы еще больше увеличить степень сжатия и / или абсолютное давление коллектора, что привело бы к повышению производительности и эффективности.

Эти результаты показывают, что двигатель с наддувом двигателя в основном зависел от механических потерь для привода нагнетателя на низкой скорости. Кроме того, на высокой скорости на производительность наддувочного двигателя больше влияла степень сжатия, чем механическая потеря.

Исследования работы двигателя с использованием приводного компрессора показывают, что производительность и крутящий момент могут быть улучшены по сравнению с естественным двигателем с номинальной скоростью вращения в диапазоне скоростей от 1500 до 3000 об / мин в большинстве случаев.

## 2 Расчет двигателя

### 2.1 Тепловой расчет двигателя

Расчет производится на следующих скоростных режимах:  $n_{\min}=900 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n_M=3400 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n_N=5600 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n_{\max}=6200 \text{ мин}^{-1}$ .

В качестве топлива используется бензин марки АИ-98.

Средний элементарный состав и молекулярная масса топлива:

$C=0,855$ ;  $H=0,145$ ;  $m_r=115 \text{ кг/моль}$ .

Низшая теплота сгорания:

$$\begin{aligned} H_u &= 33,91 \cdot C + 125,6 \cdot H - 10,89 \cdot (O - S) - 2,51 \cdot (9 \cdot H + W) = & (2.1) \\ &= 33,91 \cdot 0,855 + 125,6 \cdot 0,145 - 2,51 \cdot 9 \cdot 0,145 = 43929,5 \text{ кДж/кг} \end{aligned}$$

Параметры рабочего тела

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива:

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \times \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,208} \times \left( \frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} \right) = 0,516 \text{ кмоль в./кг топ.} \quad (2.2)$$

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

Коэффициент избытка воздуха принимаем для всех режимов равным 1.

Количество горючей смеси:

$$M_1 = \alpha \cdot L_0 + 1/m_m; \quad (2.4)$$

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

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

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

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

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

$$M_{N_2} = 0,792\alpha L_0. \quad (2.9)$$

Таблица 2.1 - Количество отдельных компонентов продуктов сгорания для принятых частот вращения

Количество горючей смеси, Кмоль г.см./кг т.	$M_{CO_2}$ , Кмоль CO <sub>2</sub> /кг т.	$M_{H_2O}$ , Кмоль H <sub>2</sub> O/кг т.	$M_{N_2}$ , Кмоль N <sub>2</sub> /кг т.
0.525	0.071	0.072	0.409
0.474	0.071	0.072	0.409
0.525	0.071	0.072	0.409
0.525	0.071	0.072	0.409
0.525	0.071	0.072	0.409

Общее количество продуктов сгорания:

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{CO_2} + M_{CO} + M_{H_2O} + M_{H_2} + M_{N_2} = \\ &= C/12 + H/2 + 0,792\alpha L_0 = 0,553 \text{ Кмоль /кг т.;} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Коэффициент молекулярного изменения свежей смеси

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

Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

$$\mu = (\mu_0 + \gamma_r) / (1 + \gamma_r) \quad (2.12)$$

Таблица 2.3 - Коэффициенты молекулярного изменения смеси

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
1.064	1.08084	1.05243	1.05243	1.00963	Коэффициент молекулярного изменения свежей смеси
1.0612	1.07812	1.05073	1.05061	1.00925	Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

Давление и температура окружающей среды при работе двигателя без наддува:  $p_k=p_0=0,1$  МПа и  $T_k=T_0=293$  К.

Давление и температура окружающей среды при работе двигателя с наддувом:  $p_k=p_0=0,16$  МПа и  $T_k=T_0=346,263$  К.

Давление остаточных газов  $p_r$  на номинальном скоростном режиме:

$$P_{rN} = 1.18 \cdot P_0 = 1,18 \cdot 0,1 = 0,118 \text{ МПа.} \quad (2.13)$$

Отсюда получим:

$$A_p = \frac{P_{rN} - p_0 \cdot 1,035 \cdot 10^8}{\epsilon_N^2 p_0} = \frac{0,118 - 0,1 \cdot 1,035 \cdot 10^8}{600^2 \cdot 0,1} = 0,4624;$$

$$p_r = p_0 \left( 1,035 + A_p \cdot 10^{-8} n^2 \right) = 1,035 + 0,4624 \cdot 10^{-9} n^2. \quad (2.14)$$

Таблица 2.4 - Температура и давление остаточных газов

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
980	1080	1140	1170	1200	$T_r$ , К
0.1003	0.1038	0.1088	0.118	0.1243	$p_r$ , МПа

Температура подогрева свежего заряда, от стенок для двигателя с наддувом.

Таблица 2.5 - Температура подогрева свежего заряда

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
3	5	10	15	20	$\Delta T, ^\circ\text{C}$

Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 = p_0 \cdot 10^6 / (R_B T_0) = 0,16 \cdot 10^6 / (87 \cdot 293) = 1,589 \text{ кг/м}^3 \quad (2.15)$$

Потери давления на впуске:  $\beta^2 + \xi_{вн} = 2,8$

Таблица 2.6 - Средняя скорость заряда в наименьшем сечении впускной системы:

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
65	80	95	110	130	$\omega_{вн}, \text{ м/с}$

Тогда:

$$A_n = \omega_{вн} / n_N \quad (2.16)$$

Отсюда получим:

$$\Delta p_a = 2,8 A_n^2 n^2 \rho_0 \cdot 10^{-6} / 2 \quad (2.17)$$

Таблица 2.7 - Потери давления на впуске

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
0.01273	0.0145	0.01807	0.02385	0.02664	$A_n$
0.007	0.004	0.011	0.0216	0.0318	$\Delta p_a, \text{ МПа}$

Давление в конце впуска:

$$p_a = p_0 - \Delta p_a, \quad (2.18)$$

Таблица 2.8 - Давление в конце впуска

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
0.14316	0.14152	0.14093	0.14026	0.13921	$p_a$ , МПа

Коэффициент остаточных газов:

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \frac{\varphi_{оч} p_r}{\varepsilon \varphi_{доз} p_a - \varphi_{оч} p_r} \quad (2.19)$$

Таблица 2.9 - Коэффициент остаточных газов

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
0,92	1	1.09	1.15	1.22	$\varphi_{доз}$
0.0483	0.0314	0.0296	0.0339	0.0391	$\gamma_r$

Температура в конце впуска:

$$T_a = T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r \quad (2.20)$$

Таблица 2.10 - Температура в конце впуска

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
336.91	331.38	327.16	327.59	330.88	$T_a$ , К

Коэффициент наполнения:

$$\eta_V = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \frac{1}{\varepsilon - 1} \frac{1}{p_0} \frac{\varphi_{доз} \varepsilon p_a - \varphi_{оч} p_r}{\varphi_{доз} \varepsilon p_a - \varphi_{оч} p_r} \quad (2.21)$$

Таблица 2.11 - Коэффициент наполнения

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
0.893	0.936	0.966	0.916	0.818	$\eta_V$

Удельный объем рабочего тела в конце процесса наполнения

$$V_a = 8.314 \cdot 10^{-3} \cdot T_a / (\mu_v \cdot p_a) \quad (2.22)$$

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

Таблица 2.12 - Удельный объем рабочего тела в конце процесса наполнения:

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
0.89313	0.95511	0.99016	1.12969	1.3354	$V_a$ , м <sup>3</sup> /кг

Параметры сжатия рабочего тела и начала воспламенения смеси

Значение показателя политропы сжатия

$$n_1 = 1 + \frac{8.314}{20.16 + 1.738 \cdot 10^{-3} (\varepsilon^{n_1-1} + 1) \cdot T_a} \quad (2.23)$$

Таблица 2.13 - Показатель политропы сжатия

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
1.369	1.372	1.39468	1.38	1.37784	$n_1$

Давление, температура и удельный объем в конце сжатия:

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1} \quad \text{МПа} . \quad (2.24)$$

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1-1} \quad \text{К} . \quad (2.25)$$

Удельный объем, давление и температура рабочего тела в момент воспламенения, если угол опережения воспламенения  $\Theta$  и  $\lambda = 0,293$

$$V_y = \frac{V_a}{\varepsilon} \cdot \left[ 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \left[ \left\{ 1 + \frac{1}{\lambda} \right\} - \left\langle \cos \Theta \right\rangle + \frac{1}{\lambda} \sqrt{1 - \lambda^2} \left\langle \sin \Theta \right\rangle \right] \right]; \quad (2.26)$$

$$P_y = P_a \left( \frac{V_a}{V_y} \right)^{n_1}; \text{ МПа}; \quad (2.27)$$

$$T_y = T_a \left( \frac{V_a}{V_y} \right)^{n_1 - 1}; \text{ К}; \quad (2.28)$$

Таблица 2.14 - Давление, температура и удельный объём в конце сжатия и воспламенения:

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
2.36812	2.51336	2.43652	2.13872	1.81675	$P_c$ , МПа
772.284	794.704	798.888	800.545	804.477	$T_c$ , К
10	16	20	25	28	$\Theta$ °ПКВ
0.10316	0.11252	0.12904	0.16904	0.21785	$V_y$ , м <sup>3</sup> /кг
1.98312	1.87733	1.5812	1.14785	0.86741	$P_y$ , МПа
762,953	734.258	709.265	674.472	656.853	$T_y$ , К

Коэффициент эффективности сгорания топлива  $\xi$ .

$$\xi = \delta * \Psi; \quad (2.29)$$

где  $\Psi$  – коэффициент использования теплоты;  $\delta$  – коэффициент выделения теплоты: при  $\alpha > 1$ ;  $\delta = 1$ ; при  $\alpha < 1$ ;  $\delta = \frac{H_u - 119950(-\alpha \bar{l}_o)}{H_u}$

Удельная теплота сгорания рабочей смеси

$$q_z = \frac{\xi * H_u}{(1 + \gamma_r)(\alpha * l_0 + 1)}; \text{ кДж/кг}. \quad (2.30)$$

Давление газов в процессе сгорания

$$P_2 = \frac{E_2 \Delta X_{1-2} + P_1 \cdot (K_{1-2} \psi_{\varphi'_1} - \psi_{\varphi'_2})}{K_{1-2} \psi_{\varphi'_1} - \psi_{\varphi'_2}}, \quad (2.31)$$

где

$$\psi_{\varphi'} = 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \left[ \left( 1 + \frac{1}{\lambda} \right) - \left( \cos \varphi' + \frac{1}{\lambda} \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi'} \right) \right]; \quad (2.32)$$

$$E_2 = \left( 0.002 \frac{\varepsilon}{V_a} \right) q_z; \text{ МПа} . \quad (2.33)$$

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке:

$$\Delta X_{1-2} = \exp \left[ -6.908 \left[ \frac{\varphi_1}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] - \exp \left[ -6.908 \left[ \frac{\varphi_2}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right], \quad (2.34)$$

Фактор теплоёмкостей

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

Отношение средних теплоёмкостей рабочего тела на участке 1-2

$$k_{1-2} = 1.259 + \left[ 76.7 - \left( 13.6 - \frac{14.2}{\alpha} \right) x_{1-2} \right] \frac{1}{T_{1-2}} - \left( 0.0665 - \frac{0.0245}{\alpha} \right) x_{1-2} \quad (2.36)$$

Среднее значение доли топлива сгоревшего на участке 1-2

$$x_{1-2} = \frac{1}{2} \left[ \exp \left[ -6.908 \left[ \frac{\varphi_1}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] - \exp \left[ -6.908 \left[ \frac{\varphi_2}{\varphi_z} \right]^{m+1} \right] \right], \quad (2.37)$$

Температуру  $T_2$  газов в процессе сгорания по следующей зависимости:

$$T_2 = \frac{T_y P_2 \Psi(\varphi'_2)}{P_y \Psi(\varphi'_2) \mu_{1-2}}, \quad (2.38)$$

где  $\mu_{1-2} = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$  - средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси,

$$\Psi(\varphi'_2) = 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} * \sigma \quad (2.39)$$

$$\sigma = \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right) - \left[\cos(\varphi') + \frac{1}{\lambda} * \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot (\sin(\varphi'))^2}\right] \quad (2.40)$$

$$\mu_1 = 1 + \frac{\mu_{0\max} - 1 \left[1 - \exp\left[-6.908 \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_z}\right)^{m+1}\right]\right]}{1 + \gamma_r}, \quad (2.41)$$

Доля выгоревшего топлива  $\chi$ :

$$\chi = 1 - \exp\left[-6.908 \left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m+1}\right]. \quad (2.42)$$

Относительная скорость сгорания топлива:

$$w_0 = 6.908(m+1) \left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^m \cdot \exp\left[-6.908 \left(\frac{\varphi}{\varphi_z}\right)^{m+1}\right] \quad (2.43)$$

Таблица 2.15 - Коэффициенты термодинамического расчета:

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
1	1	1	1	1	$\delta$
0,89	0,91	0,93	0,95	0,96	$\Psi$
0,89	0,91	0,93	0,95	0,96	$\xi$
2312,4	2389,8	2449,6	2467,8	2087,8	$q_z$ , кДж/кг
55.672	53.1052	52.7287	46.4875	33.2799	$E_2$ , МПа
0.1198	0.1268	0,1401	0,1508	0,1071	$w_p$ , МПа/град.

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

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

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

Текущие значения удельного объёма, давления и температуры газов в конце процесса 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  $\varphi_{PT}$  - текущее значение поворота коленчатого вала

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

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

Температура отработавших газов,

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

погрешность расчёта  $\Delta$ :

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

Таблица 2.16 - Расчет процесса расширения:

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
0,1653	0,1735	0,1796	0,1821	0,2092	$V_z$
3011,17	2611,83	2845,17	2852,37	2661,40	$T_z$ , К
9,126	5,626	5,622	6,279	6,454	$\delta$
1,187	1,186	1,18	1,18	1,187	$n_2$
0,6237	0,6017	0,6785	0,5418	0,4038	$P_b$ , МПа
1769,33	1894,12	2084,98	2048,94	1877,61	$T_b$ , К
1003,94	1054,44	1132,76	1197,79	1217,77	$T_r$ , К
1,42	2,42	0,24	3,53	4,82	$\Delta$ , %

Теоретическая индикаторная работа цикла определяют 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

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

Индикаторный коэффициент полезного действия

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

Удельный индикаторный расход топлива

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

Таблица 2.17 - Индикаторные показатели:

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
1.176	1.076	1.3326	1.2163	1.2033	L <sub>i</sub> , кДж
1.3457	1.2457	1.4876	1.39	1.2396	P <sub>i</sub> , Мпа
0.388	0.346	0.434	0.378	0.391	η <sub>i</sub>
0,273	0,243	0,252	0,241	0,238	g <sub>i</sub> , г/кВт*ч

Давление механических потерь при  $S/D = 71/82 = 0.865$ , если средняя скорость поршня:  $v_n = \frac{Sn}{30}$ , м/с

Среднее давление механических потерь

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

Среднее эффективное давление

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

Механический К.П.Д.

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

Эффективный К.П.Д.

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

Удельный эффективный расход топлива

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

Эффективная мощность

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

Часовой расход топлива

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

Крутящий момент

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

Таблица 2.18 - Эффективные показатели:

900	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
1,612	2,012	8,047	13,253	15,857	v <sub>п.ср.</sub> , м/с
0,037	0,057	0,125	0,184	0,213	p <sub>м</sub> , МПа
1,1987	1,1887	1,3626	1,206	1,178	p <sub>е</sub> , Мпа
0,964	0,954	0,929	0,845	0,786	η <sub>м</sub>
0,312	0,330	0,403	0,319	0,307	η <sub>е</sub>
0,284	0,254	0,255	0,245	0,248	g <sub>е</sub> , г/кВт*ч
12,6	21,6	47,22	76,16	70,8	N <sub>е</sub> , кВт
106,37	136,37	139,61	127,47	117,26	M <sub>е</sub> , Н*м
4,23	7,23	16,95	25,98	22,98	G <sub>т</sub> , кг/ч

## 2.2 Тепловой баланс

Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом:

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

Теплота, эквивалентная эффективной работе за 1 с:

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

Теплота, передаваемая охлаждающей среде:

$$Q_B = \frac{c_i D^{1+2m} n^m (H_u - \Delta H_u)}{\alpha H_u} \text{ и } q_B = Q_B * 100 / Q_o \quad (2.67)$$

Теплота унесенная с отработанными газами:

$$Q_r = \left( \frac{G_T}{3.6} \right) \left[ M_2 \left[ \left( \frac{c_{pV}''}{\rho} \right)_{T_2} + 8.315 t_2 \right] - M_1 \left[ \left( \frac{c_{pV}''}{\rho} \right)_{T_1} + 8.315 t_1 \right] \right] \text{ и } q_r = Q_r * 100 / Q_o \quad (2.68)$$

Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания топлива

$$Q_{н.с} = \Delta H_U * G_T / 3,6 \text{ и } q_{н.с} = Q_{н.с} * 100 / Q_o \quad (2.69)$$

Неучтенные потери теплоты:

$$Q_{ост} = Q_o - (Q_e + Q_B + Q_r + Q_{н.с}) \quad (2.70)$$

и

$$q_{ост} = Q_{ост} * 100 / Q_o \quad (2.71)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 1.19.

Таблица 2.19 - Тепловой баланс:

1500	1500	3400	5600	6200	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>
4,23	7,23	16,95	25,98	22,98	G <sub>т</sub> , кг/ч
38267.5	38267.5	145797.1	220941	229958.7	Q <sub>0</sub> , Дж/с
1736	3136	58760	70420	65540	Q <sub>е</sub> , Дж/с
39.19495	38.19495	40.30258	31.87277	28.50077	q <sub>е</sub> , %
11338.9	11338.9	44739.5	61572.3	73794	Q <sub>в</sub> , Дж/с
29.63058	29.63058	30.68616	27.86821	32.09011	q <sub>в</sub> , %
12374.4	12374.4	55245.2	86364.5	90800.1	Q <sub>г</sub> , Дж/с
29.75836	29.75836	35.04791	36.1475	42.71594	q <sub>г</sub> , %
0	0	0	0	0	Q <sub>н.с.</sub> , Дж/с
0	0	0	0	0	q <sub>н.с.</sub> , %
1034.6	7004.5	8801.2	9084	57299.3	Q <sub>ост</sub> , Дж/с
3.30409	8.30409	6.03664	4.11152	24.91723	q <sub>ост</sub> , %

### 3 Кинематический расчет

Выбор  $\lambda$  и длины  $L_{ш}$  шатуна.

$$L_{ш} = R/\lambda = 37,4/0,293 = 121 \text{ мм.} \quad (3.1)$$

Премещение поршня

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

Скорость поршня

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

Ускорении поршня

$$j = \omega^2 R \left( \cos\varphi + \lambda \cos 2\varphi \right), \text{ м/с}^2. \quad (3.4)$$

## 4 Динамический расчет

Приведение масс частей КШМ:

- масса поршневой группы (для поршня из алюминиевого сплава принято  $m'_n=75 \text{ кг/м}^2$ )

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

- масса шатуна (для стального кованного шатуна принято  $m'_ш=109,6 \text{ кг/м}^2$ )

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

- масса неуравновешанных частей одного колена вала без противовесов (для литого чугунного вала принято  $m'_к=150 \text{ кг/м}^2$ )

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

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:

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

Сила инерции возвратно-поступательного движения масс

$$p_j = -jm_j/F_n = -j0,481 \cdot 10^{-6}/0,00535 = -j141 \cdot 10^{-6} \text{ МПа.} \quad (4.8)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс

$$K_R = -m_R R \omega^2 = -1,278 \cdot 0,00374 \cdot 753^2 = -28,02 \text{ кН.} \quad (4.9)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс шатуна

$$K_{Ru} = -m_{u.k} R \omega^2 = -0,473 \cdot 0,00374 \cdot 753^2 = -8,7 \text{ кН.} \quad (4.10)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс кривошипа

$$K_{Rk} = -m_{.k} R \omega^2 = -0,805 \cdot 0,00374 \cdot 753^2 = -19,32 \text{ кН.} \quad (4.11)$$

Удельная сила, сосредоточенная на оси поршневого пальца:

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

Удельная нормальная сила:

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

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

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

и

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

Среднее значение тангенциальной силы за цикл:

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

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

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

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

Крутящие моменты. 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

$$M_{кр.ср} = M_i = M_e / \eta_m = 1438 / 0,9052 = 1588 \text{ Нм} \quad (4.23)$$

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

$$M_{кр.ср} = \frac{F_1 - F_2}{OA} M_m = \frac{1470 - 615}{60} 10 = 160,5 \text{ Нм} \quad (4.24)$$

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

Максимальный и минимальный крутящие моменты  $M_{кр \max} = 570 \text{ Нм}$ ;  $M_{кр \min} = 277 \text{ Нм}$

Силы, действующие на шатунную шейку коленчатого вала.

Суммарная сила, действующая на шатунную шейку по радиусу кривошипа:

$$P_k = K + K_{RШ} = K + p_k F_{II} \text{ Н.} \quad (4.25)$$

По развернутой диаграмме  $R_{шии}$  определяют  $R_{шии \max} = 17,31 \text{ кН}$ ;  $R_{шии \min} = 0,577 \text{ кН}$

$$R_{шии.ср} = FM_p / OB = 28425 \cdot 0,1 / 240 = 10,66 \text{ кН}; \quad (4.26)$$

где  $OB$  – длина диаграммы, мм;  $F$  – площадь под кривой  $R_{шии}$ , мм<sup>2</sup>.

Силы, действующие на колено вала.

Суммарная сила, действующая на колено вала по радиусу кривошипа:

$$K_{рк} = P_k + K_{RK} = P_k - 8,960 \text{ кН.} \quad (4.27)$$

Результирующая сила, действующая на колено вала,

$$R_k = \sqrt{(PT_k \cdot 10^3 \cdot F_n)^2 + (K_{P_k})^2} \quad (4.28)$$

Силы, действующие на коренные шейки.

Сила, действующая на первую коренную шейку:

$$R_{к.ш1} = -0,5R_{к1} \cdot \quad (4.29)$$

Сила, действующая на вторую коренную шейку:

$$R_{к.ш2} = \sqrt{T_{к2}^2 + K_{к2}^2}, \quad (4.30)$$

где

$$T_{к2} = -0,5(T_1 - T_2); K_{к2} = -0,5(K_{рк1} - K_{рк2}). \quad (4.31)$$

Сила, действующая на третью коренную шейку:

$$R_{к.ш3} = \sqrt{T_{к3}^2 + K_{к3}^2}, \quad (4.32)$$

где

$$T_{к3} = 0,5(T_2 + T_3); K_{к3} = 0,5(K_{рк2} + K_{рк3}). \quad (4.33)$$

## 5 Описание конструкции спроектированного прямозубого компрессора

### 5.1 Описание спроектированного прямозубого компрессора

В результате проведенных расчетов и инженерного анализа компоновки прямозубого компрессора с внутренним сжатием получилась следующая конструкция, приведенная на рисунке 5.1. Цифрами на рисунке 5.1 обозначено 1 - ротор ведущий, 2 - ротор ведомый, 3 - крышка задняя, 4 - корпус компрессора (статор), 5 - крышка передняя, 6 - крышка шестерен, 7 - шестерня ведущего ротора, 8 - заглушка, 9 - шестерня ведомого ротора, 10 и 17 - подшипники, 11 - манжета, 12 - штифт, 13 - винт, 14 - шпилька, 15 - гайка и 16 сальник.

Привод ведущего вала осуществляется ременной передачей, так как в модернизируемом двигателе ВАЗ все передачи от коленчатого вала ременные.

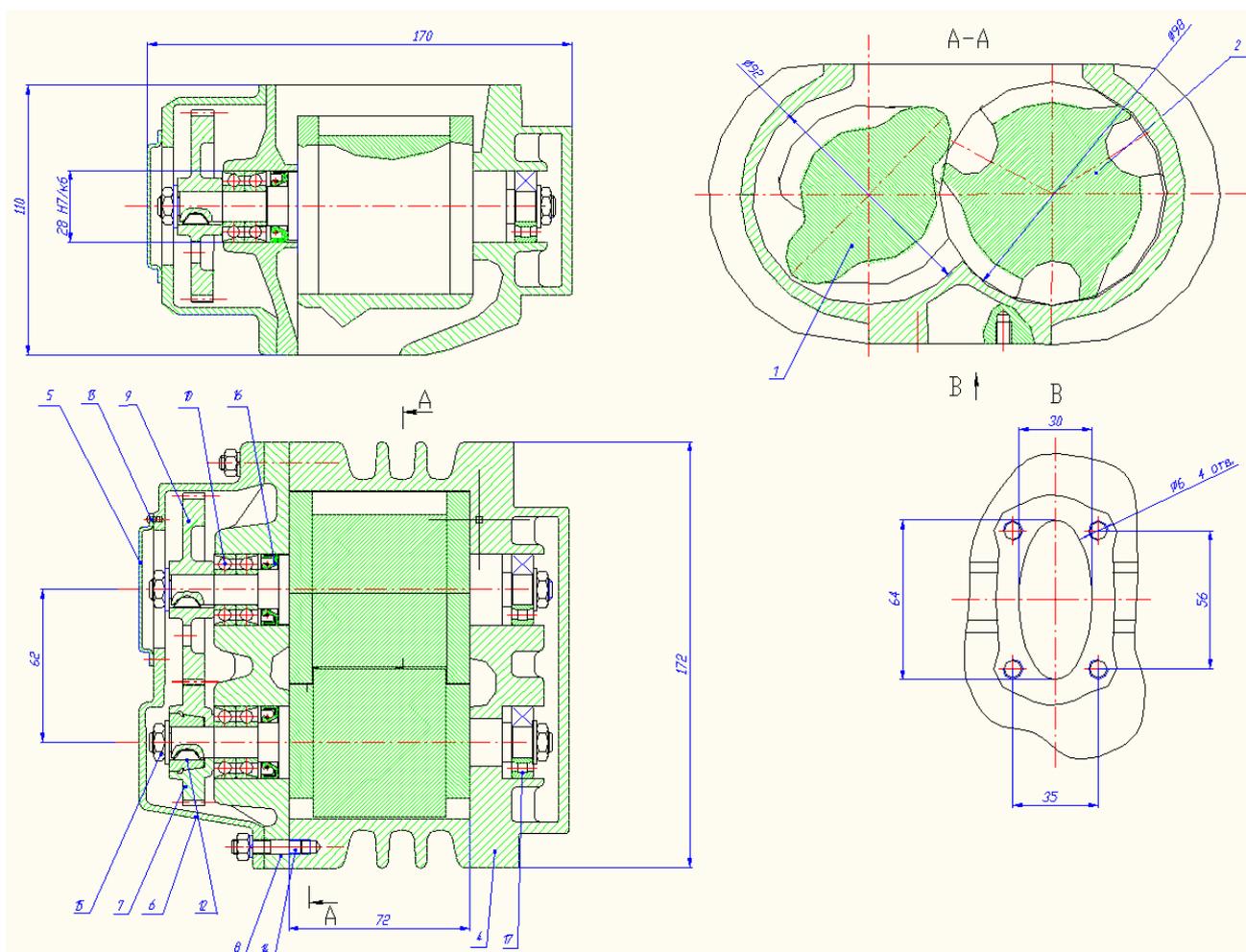


Рисунок 5.1 - Конструкция спроектированного прямозубого компрессора

В опорах роторы компрессора крепятся упорными шариковыми подшипниками, причем со стороны привода для уменьшения нагрузки на подшипниковый узел предложено установка сдвоенных подшипников.

Проведенное профилирование и 3D моделирование рабочего пространства компрессора позволило построить профиль парных областей зубьев прямоугольного компрессора, который приведен на рисунке 5.2.

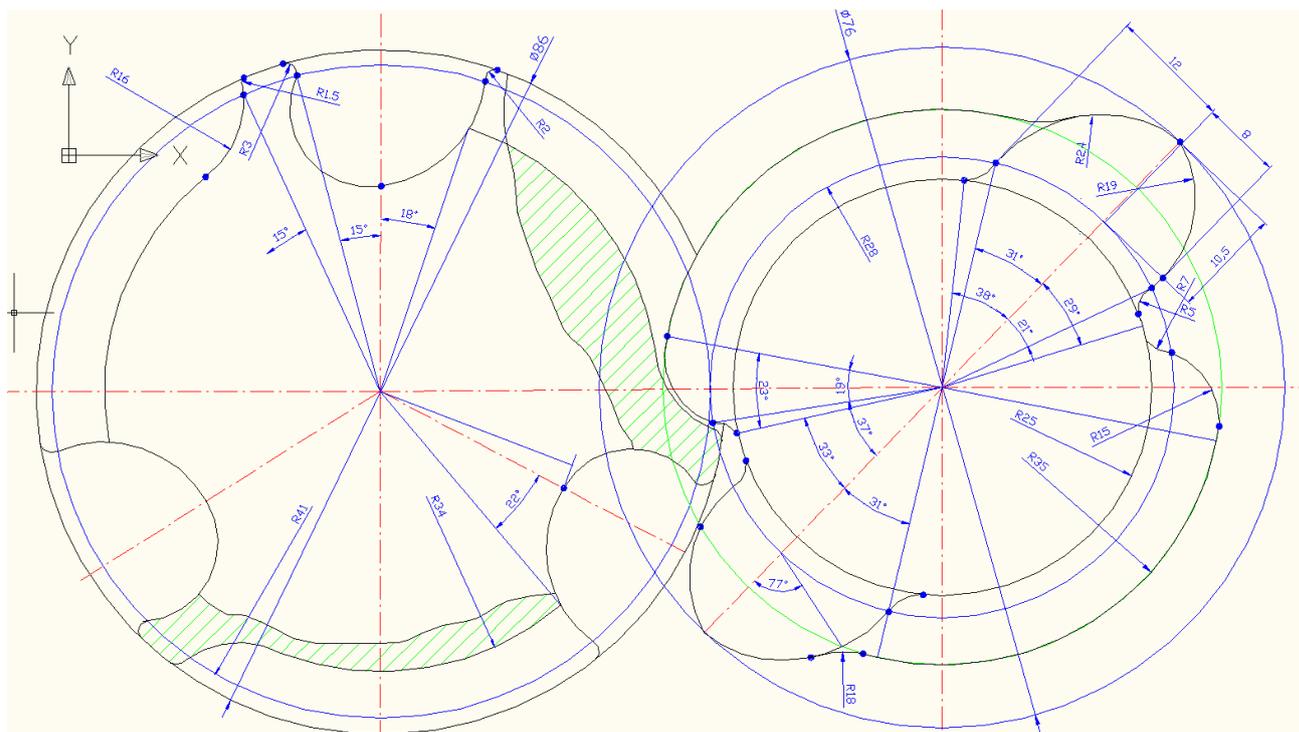


Рисунок 5.2 - Профиль зубьев прямоугольного компрессора

Профилирование зубьев проводилось с целью уменьшения зазоров в парной полости, что снижает перетечки воздуха и увеличивает эффективность работы компрессора. Для осуществления частично внутреннего сжатия применяется золотниковый механизм позволяющий минимизировать потери при работе компрессора. Схема изменение площади сечения парной полости спроектированного компрессора представлена на рисунке 5.3, из рисунка видно, что золотниковый механизм играет важную роль по запиранию воздуха в полости и обеспечивает повышение адиабатического коэффициента полезного действия компрессора до значения в 83%, что на 10% выше чем у аналогичных винтовых компрессоров.

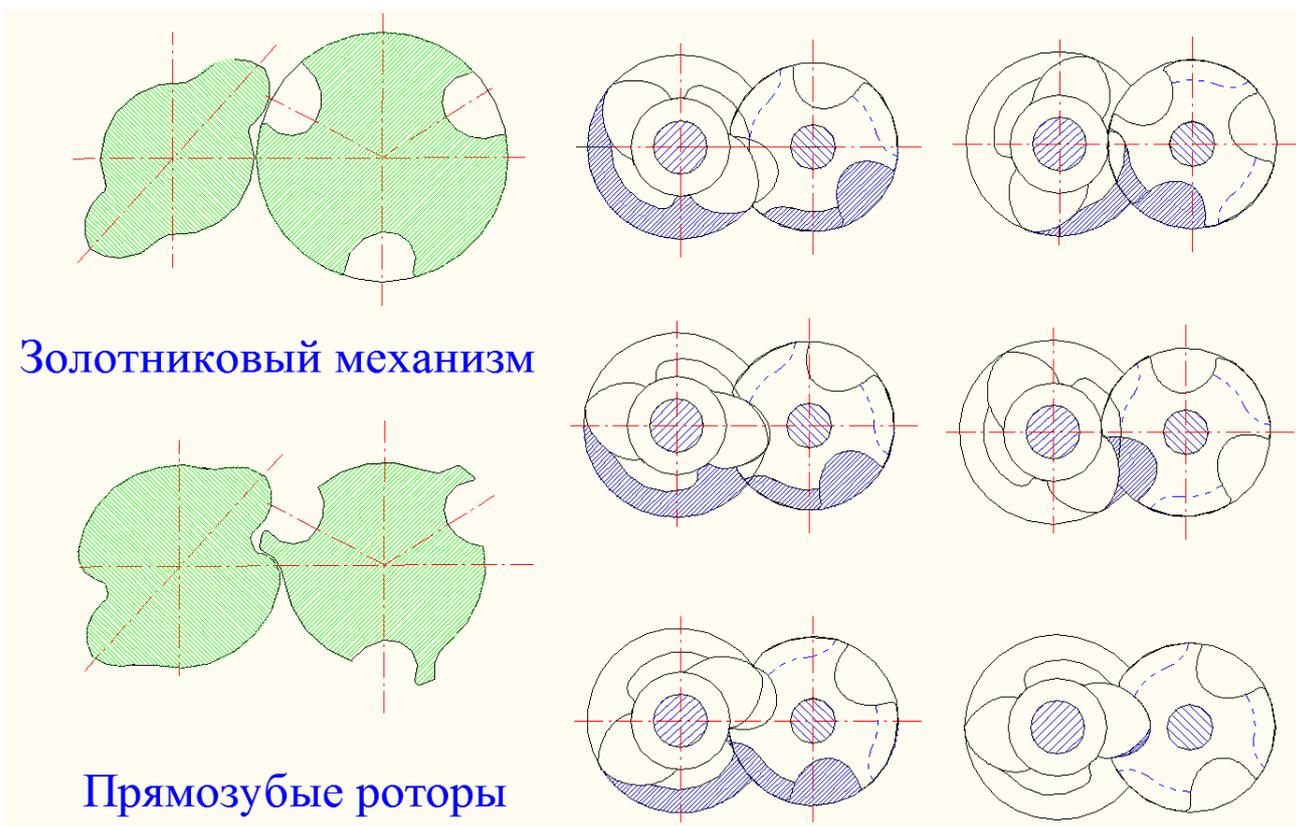


Рисунок 5.3 - Изменение площади сечения парной полости спроектированного компрессора

## 5.2 Результаты расчета энергетических показателей спроектированного прямозубого компрессора

Принцип действия и конструктивная схема двухроторного прямозубого компрессора сухого сжатия были приведены на рисунках 3.1 и 3.2. Основные расчетные уравнения с учетом особенностей конструкции рассматриваемых роторных компрессоров, использованы из [15].

Данный расчет турбокомпрессора основывается на методе, предложенном: «Двух роторные винтовые и прямозубые компрессоры, теория, расчет и проектирование» (авторы: Хисамеев И.Г., Максимов В.А.).

Результаты расчета сведены в таблицу 3.1 и 3.2 расчет проводился по методике представленной в учебнике авторов Хисамеев И.Г., Максимов В.А.

Таблица 5.1 - Исходные данные

K	1,39	Показатель адиабаты воздуха
Cp	1004,2	Теплоемкость воздуха при $p=\text{const}$ , Дж/кг/К
R	287,3	Газовая постоянная воздуха, Дж/кг/К
$p_0$	0,1	Давление воздуха перед компрессором, МПа
$T_0$	293,15	Температура воздуха перед компрессором, К
$\rho_0$	1,187	Плотность воздуха перед компрессором, кг/м <sup>3</sup>
Gв	400	Массовый расход воздуха, кг/час
Qв	336,9	Объемный расход воздуха, м <sup>3</sup> /час
$n_k$	16000	Частота вращения вала компрессора, 1/мин
$\delta k$	0,82	Коэффициент подачи компрессора (объемный КПД)
Vk	0,00039	Геометрическая подача компрессора за 1 оборот вала, м <sup>3</sup>

Таблица 5.2 - Результаты расчета компрессора

$\varepsilon$	1,35	Адиабатическая степень сжатия в компрессоре
k	1,65	Показатель политропы сжатия в компрессоре
$\pi_k$	1,6	Степень повышения давления в компрессоре
$p_k$	0,16	Давление после компрессора, МПа
$\varepsilon_k$	1,33	Политропная степень сжатия в компрессоре
Tад	326,83	Адиабатическая температура после компрессора, К
dTад	46,1317	Адиабатическая разность температур компрессора, К
Lад	38342,4	Удельная адиабатическая работа компрессора, Дж/кг
Над	5704,71	Адиабатическая мощность привода компрессора, Вт
$\pi_{ад}$	0,83	Адиабатический КПД компрессора
Tк	346,263	Действительная температура после компрессора, К
$\Delta T_k$	20,188	Действительная разность температур компрессора, К
$\eta_{ме}$	0,82	Механический КПД компрессора
$\eta_k$	0,536	Общий КПД компрессора
Nk	9637,516	Мощность, потребляемая компрессором, Вт
Mkm	5,5583	Момент привода на валу машины, Н*м

## 6 Безопасность и экологичность проекта

### 6.1 Оценка безопасности и экологичности двигателя с приводным компрессором

В бакалаврской работе предложена модернизация 16 клапанного двигателя ВАЗ путем установки на него приводного прямозубого компрессора с частичным внутренним сжатием для осуществления повышения наполнения цилиндров в 1,65 раза, что обеспечивает возможность эффективного использование компрессора без промежуточного охладителя наддувочного воздуха. В результате модернизации степень сжатия снизили до 9,5, а увеличение мощности двигателя составило 24% до 96 кВт при 5600 мин<sup>-1</sup> по сравнению с базовым двигателем.

#### 6.1.1 Оценка экологичности, по нормируемым продуктам отработавших газов, бензинового двигателя с наддувом от приводного компрессора

Применение наддува позволяет повысить полноту сгорания топлива за счет больших температур в камере сгорания, что сказывается на концентрации токсичных компонентов в продуктах сгорания следующим образом:

- $СnHm$  - удельные показатели несколько сокращаются, за счет повышения полноты сгорания и теплоиспользования при установке компрессора, но в тоже время массовые выбросы увеличиваются в связи с увеличением мощности двигателя и следовательно массы сгоревшего топлива.
- CO - монооксид углерода является продуктом неполного сгорания и в связи с этим его концентрация в отработавших газах сократится.
- Сажа - увеличение плотности заряда повышает вероятность полного сгорания, т.е. вероятность того что все атомы углерода найдут в процессе сгорания необходимое количество атомов кислорода, следовательно вероятность её появления в процессе сгорания мини-

мальна, и поэтому установка сажевого фильтра в системе очистки отработавших газов не требуется.

- NO и NO<sub>2</sub> - повышение температуры и эффективности сгорания негативно сказывается на параметрах токсичности по неполным оксидам азота, так как оксид азота образуется при высоких температурах за фронтом пламени по термическому механизму, то их концентрация может вырасти на 20-40%, что потребует существенной модернизации трехкомпонентного каталитического нейтрализатора.
- CO<sub>2</sub> - выбросы парникового газа сократятся, так как на режимах низких и частичных нагрузок двигатель будет работать с большим коэффициентом полезного действия.

#### 6.1.2 Оценка экологичности, по шуму, бензинового двигателя с наддувом от приводного компрессора

Приводной компрессор создает дополнительный шум от привода и от повышенной скорости потока воздуха на элементах впускной системы, а также соответственно повышенные давления при выпуске отработавших газов, следовательно, для сохранения внешнего шума автомобиля в том же объеме что и базовый двигатель, требуется установка дополнительной шумоизоляции моторного отсека, а также модернизация систем глушения отработавших газов, с целью подбора под новые шумовые гармоники необходимого числа гасителей шума, а может потребоваться и существенная переработка системы глушения.

#### 6.1.3 Оценка пожаробезопасности бензинового двигателя с наддувом от приводного компрессора

В ходе модернизации будет увеличиваться температура отработавших газов, что сказывается на повышении температуры выпускного коллектора, тем самым повышая требования к недопустимости течи топлива и других эксплуа-

тационных материалов на него, это относится к охлаждающей и тормозной жидкости, жидкости для омывания стекол и моторного масла. Следовательно для выполнения требований по пожаробезопасности следует внимательнее следить за следами течи на двигателе, а также за состоянием всех шлангов и патрубков и их креплению.

## 6.2 Выводы об безопасности и экологичности бензинового двигателя с наддувом от приводного компрессора

1. Пожаробезопасность будет в соответствии с принятыми требованиями при соблюдении правил эксплуатации автомобиля, т.е. при отсутствии течи моторных жидкостей на выпускной коллектор.

2. Шум двигателя при установке приводного нагнетателя возрастет, что потребует дополнительных работ по совершенствованию шумоизоляции и глушению шума.

3. Массовое содержание продуктов неполного сгорания в отработавших газах может несколько увеличиться, также как и увеличится концентрация продуктов неполного окисления азота, что может потребует установки трехкомпонентного каталитического нейтрализатора большей эффективности и пропускной способности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно цели и заданию на бакалаврскую работу была проведена модернизация 16 клапанного двигателя ВАЗ для установки приводного прямозубого нагнетателя. По результатам теплового, кинематического и динамического расчетов подобраны параметры для расчета и проектирования прямозубого компрессора с частично внутренним сжатием.

В результате у модернизированного двигателя получены следующие характеристики:

1. - степень сжатия снижена с 10,5 до 9,5, но при степени повышения давления в компрессоре 1,65 эффективная мощность двигателя возросла с 72 до 96 кВт, что составило прирост на 24 процента.
2. Основные характеристики спроектированного прямозубого компрессора: степень повышения давления 1,65, механический коэффициент полезного действия 0,82; общий коэффициент полезного действия компрессора 0,536; мощность привода компрессора 9,63 кВт; крутящий момент, затрачиваемый на привод компрессора, 5,55 Н\*м; действительная разность температур 53,26 К.

## Список литературы

1. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей Учебное пособие для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Высшая школа 1980.
2. Вибе И.И. “Уточненный тепловой расчет двигателя”. М. Машиностроение, 1971.
3. Хисамеев И.Г., Максимов В.А. Двухроторные винтовые и прямозубые компрессоры: теория, расчет и проектирование. Казань, Изд. «Фан» 2000, 638с.
4. Хайк, Н. Возможность использования ионизационных датчиков в системах управления рабочим процессом ДВС / Н. Хайк// автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.04.02– Волгоград, 1991. – 16 с.
5. Хиллиард, Д. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями / Д. Хиллиард, Дж. Спрингер, перевод с англ. под ред. А.В. Кострова// - М. : Машиностроение, 1988. – 510 с.
6. Хачиян, А.С. Использование природного газа в качестве топлива для автомобильного транспорта / А.С. Хачиян // Двигателестроение. – 2002. – №1. – С. 34-36.
7. Хитрин, Л.Н. Физика горения и взрыва / Л.Н. Хитрин. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1957. – 443 с.
8. Хрипач Н.А. Совершенствование экологических и топливозкономических показателей работы двигателя с принудительным зажиганием применением предварительной термохимической конверсии метанола : дисс. канд. тех. наук : 05.04.02 / Хрипач Николай Анатольевич - М., МГТУ "МАМИ". - 2004. - 199 с.
9. Шайкин, А.П. Водород и автомобиль сегодня / А.П. Шайкин, М.М. Русаков, Л.Н. Бортников // Материалы международной научной конференции «Автомобиль и техносфера». – 1999. – С. 33-34.
10. Шарипов, А.З. Снижение вредных выбросов городского автомобиля с бензиновым двигателем / А.З. Шарипов, С.В. Гусаков, В.Ф. Каменев // Транспорт на альтернативном топливе. - 2012. - № 2 (26). - С. 36-39.

- 11.Щелкин, К.И. Газодинамика горения / К.И. Щелкин, Я.К. Трошин// – М. : АН СССР, 1963. - 287 с.
- 12.Фомин, В.М. Повышение эффективности использования энергии альтернативного топлива в двигателях транспортных средств / В.М. Фомин, В.Ф. Каменев, М.В. Хергеледжи // Труды НАМИ. - 2013. - № 252. - С. 107-124.
- 13.Akansu, S.O. Internal combustion engines fueled by natural gas-hydrogen mixtures / S.O. Akansu, Z. Dulger, N. Kahranman, N.T. Veziroglu // International Journal of Hydrogen Energy. – 2004. – № 29. – С. 1527-1539.
- 14.Alliat, I. Hydrogen refuelling stations example of a safety study for a hydrogen – natural gas refuelling station / I.Alliat, S. Chelhaoui, I. Perrette // WHEC 16. – 2006.
- 15.Andersson, I. Cylinder Pressure and ionization current modeling for spark ignited engines / I. Andersson // Doctoral thesis. – 2002. - 93 с.
- 16.Babushok, V.I. Temperature Regions of Optimal Chemical Inhibition of Premixed Flames/ M.D.Rumminger, V.I. Babushok, G.T.Linteris// 29 th Symp.Int.Combustion, 2002. - С. 329-336.
- 17.Bauer, C.G. Effect of hydrogen addition on the performance of methane-fueled vehicles. Part I: effect on S.I. engine performance / C. G. Bauer, T. W. Forest // International Journal of Hydrogen Energy. - 2001. - №26. - С. 55-70.
- 18.Battin-Leclerc, F Cleaner Combustion: Developing Detailed Chemical Kinetic Models / F. Battin-Leclerc, J.M. Simmie, E. Blurock// Spring Technical Meeting, The Combustion Institute. - 2013. - 797 с.
- 19.Byron, T.S. Modelling and control of automotive coldstart hydrocarbon emissions / T. S. Byron // Doctoral thesis. – 2002. - 131 с.
- 20.Calvert, I. Pre-chamber charge stratification of a spark ignited internal combustion engine / I. Calvert // Master of engineering. – 1994. - 87 с.
- 21.Chen, Z. Effects of hydrogen addition on the propagation of spherical methane/air flames / Z. Chen // International journal of hydrogen energy. – 2009. – № 34. – С. 6558-6567.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 - Результаты теплового расчета проектируемого двигателя с прямым зубным компрессором при  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$

Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2	DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	$m_{1-2}$	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$y(f1)$	Доля выделившегося на участке тепла
867,8836			1,3E-06	3,49247	1	1	0	0	-15	863,4583	863,4583	0,06779	0,0439	1,1976	6,5E-07
875,3677	1,3474	6,7575	2,2E-05	3,59449	1	1	1,29E-06	1	-14	872,3089	869,9385	0,06636	0,0383	1,1723	1,1E-05
881,6078	1,3466	6,77	0,00011	3,6954	1	1	2,37E-05	2	-13	878,4264	876,3786	0,06502	0,0331	1,1487	5,3E-05
888,3093	1,346	6,7805	0,00031	3,79588	1	1	0,00013	3	-12	884,7893	883,0662	0,06379	0,0282	1,1269	0,00015
895,9816	1,3453	6,7916	0,00068	3,89735	1	1	0,000436	4	-11	891,8294	890,4387	0,06264	0,0237	1,1067	0,00034
905,2895	1,3446	6,8042	0,00128	4,002	1,0001	1	0,001112	5	-10	900,1338	899,0914	0,0616	0,0196	1,0883	0,00064
917,0498	1,3437	6,8194	0,00217	4,11294	1,0001	1,0001	0,00239	6	-9	910,4451	909,778	0,06065	0,0159	1,0715	0,00109
932,2201	1,3426	6,8383	0,00342	4,23408	1,0002	1,0002	0,004562	7	-8	923,6544	923,4032	0,05981	0,0126	1,0566	0,00171
951,8774	1,3412	6,8621	0,00507	4,37014	1,0004	1,0003	0,007979	8	-7	940,7858	941,0063	0,05906	0,0096	1,0433	0,00254
977,1841	1,3394	6,8923	0,00719	4,52646	1,0007	1,0005	0,013052	9	-6	962,969	963,7332	0,05841	0,0071	1,0319	0,0036
1009,341	1,3373	6,9297	0,00981	4,7088	1,001	1,0009	0,020243	10	-5	991,3992	992,7948	0,05786	0,0049	1,0221	0,00491
1049,53	1,3347	6,9751	0,01297	4,92294	1,0015	1,0013	0,030057	11	-4	1027,284	1029,412	0,05741	0,0031	1,0142	0,00649
1098,839	1,3317	7,0289	0,01667	5,17436	1,0022	1,0019	0,043028	12	-3	1071,776	1074,747	0,05706	0,0018	1,008	0,00834
1158,187	1,3284	7,0907	0,0209	5,46769	1,0031	1,0026	0,059699	13	-2	1125,901	1129,83	0,05681	0,0008	1,0035	0,01045
1228,242	1,3247	7,1597	0,0256	5,80628	1,0041	1,0036	0,080597	14	-1	1190,472	1195,473	0,05665	0,0002	1,0009	0,0128
1309,341	1,3208	7,2342	0,03071	6,19169	1,0054	1,0048	0,106202	15	0	1266,012	1272,189	0,0566	0	1	0,01535
1401,414	1,3168	7,3125	0,03607	6,62324	1,007	1,0062	0,136907	16	1	1352,67	1360,116	0,05665	0,0002	1,0009	0,01804
1503,923	1,3129	7,3925	0,04154	7,0977	1,0088	1,0079	0,17298	17	2	1450,158	1458,943	0,05681	0,0008	1,0035	0,02077
1615,82	1,309	7,472	0,04689	7,60902	1,011	1,0099	0,21452	18	3	1557,689	1567,86	0,05706	0,0018	1,008	0,02345
1735,526	1,3054	7,549	0,05189	8,14829	1,0134	1,0122	0,261413	19	4	1673,951	1685,526	0,05741	0,0031	1,0142	0,02594
1860,952	1,302	7,622	0,05626	8,70385	1,016	1,0147	0,313302	20	5	1797,101	1810,065	0,05786	0,0049	1,0221	0,02813
1989,554	1,299	7,6896	0,05974	9,26166	1,0189	1,0175	0,369562	21	6	1924,802	1939,106	0,05841	0,0071	1,0319	0,02987
2118,442	1,2963	7,7509	0,06206	9,80592	1,022	1,0204	0,429298	22	7	2054,306	2069,865	0,05906	0,0096	1,0433	0,03103
2244,523	1,2939	7,8052	0,06304	10,3199	1,0251	1,0235	0,491361	23	8	2182,578	2199,274	0,05981	0,0126	1,0566	0,03152
2364,691	1,2919	7,8524	0,06252	10,7871	1,0284	1,0267	0,554397	24	9	2306,469	2324,151	0,06065	0,0159	1,0715	0,03126

Продолжение таблицы А1

2476,028	1,2902	7,8924	0,06048	11,1922	1,0316	1,03	0,616919	25	10	2422,913	2441,402	0,0616	0,0196	1,0883	0,03024
2576,012	1,2888	7,9255	0,05697	11,5223	1,0346	1,0331	0,677395	26	11	2529,142	2548,237	0,06264	0,0237	1,1067	0,02849
2662,702	1,2877	7,9521	0,05219	11,7683	1,0376	1,0361	0,734369	27	12	2622,882	2642,371	0,06379	0,0282	1,1269	0,0261
2734,868	1,2868	7,9726	0,04642	11,925	1,0402	1,0389	0,786563	28	13	2702,522	2722,186	0,06502	0,0331	1,1487	0,02321
2792,062	1,2862	7,9879	0,04001	11,9918	1,0426	1,0414	0,832984	29	14	2767,215	2786,842	0,06636	0,0383	1,1723	0,02001
2834,601	1,2858	7,9985	0,03336	11,9726	1,0447	1,0436	0,872994	30	15	2816,909	2836,299	0,06779	0,0439	1,1976	0,01668
2863,484	1,2855	8,0053	0,02685	11,8749	1,0464	1,0455	0,906351	31	16	2852,294	2871,267	0,06931	0,0499	1,2245	0,01342
2880,229	1,2854	8,0089	0,02081	11,7093	1,0477	1,047	0,933198	32	17	2874,673	2893,076	0,07093	0,0562	1,2531	0,01041
2886,691	1,2853	8,01	0,01551	11,4879	1,0488	1,0483	0,954011	33	18	2885,786	2903,493	0,07264	0,063	1,2833	0,00775
2884,843	1,2853	8,0092	0,01108	11,2234	1,0496	1,0492	0,96952	34	19	2887,595	2904,513	0,07445	0,07	1,3152	0,00554
2876,605	1,2854	8,007	0,00758	10,9278	1,0502	1,0499	0,980603	35	20	2882,092	2898,151	0,07634	0,0775	1,3487	0,00379
2863,691	1,2856	8,0038	0,00494	10,6118	1,0505	1,0503	0,988178	36	21	2871,119	2886,279	0,07833	0,0853	1,3838	0,00247
2847,53	1,2857	7,9999	0,00307	10,2844	1,0508	1,0507	0,993119	37	22	2856,264	2870,503	0,08041	0,0934	1,4205	0,00153
2829,231	1,2859	7,9955	0,00181	9,95259	1,051	1,0509	0,996186	38	23	2838,795	2852,109	0,08257	0,1019	1,4587	0,0009
2809,605	1,2861	7,9908	0,00101	9,62136	1,051	1,051	0,997993	39	24	2819,666	2832,062	0,08482	0,1108	1,4985	0,0005
2789,21	1,2863	7,986	0,00053	9,29432	1,0511	1,0511	0,999	40	25	2799,545	2811,039	0,08716	0,12	1,5398	0,00026

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

Средняя температура на участке	k1-2	K1-2	DX1-2	P	m	m1-2	X	f	f1	Vст	s	y (f1)	X1-2	Tпред	TИстина
679,10			0,0000	1,89	1,00	1,00	0	0	-20	0,116378	0,077511	1,310043	8,41E-07	808,03	808,03
553,15	1,372	6,38	0,0000	1,95	1,00	1,00	1,68E-06	1	-19	0,113732	0,070066	1,280263	1,09E-05	550,17	815,06
559,16	1,398	6,03	0,0001	2,02	1,00	1,00	2,34E-05	2	-18	0,111215	0,06298	1,251922	4,3E-05	556,12	822,71
565,34	1,396	6,05	0,0002	2,08	1,00	1,00	0,000109	3	-17	0,108826	0,056258	1,225032	0,000108	562,21	830,75
571,71	1,395	6,07	0,0004	2,15	1,00	1,00	0,000326	4	-16	0,106567	0,049902	1,199607	0,000218	568,47	839,50
578,34	1,393	6,09	0,0008	2,22	1,00	1,00	0,000762	5	-15	0,10444	0,043915	1,17566	0,00038	574,96	849,39
585,29	1,392	6,11	0,0012	2,29	1,00	1,00	0,001523	6	-14	0,102445	0,038301	1,153202	0,000605	581,73	860,91
592,65	1,390	6,13	0,0018	2,37	1,00	1,00	0,002734	7	-13	0,100583	0,033061	1,132245	0,000901	588,86	874,62
600,53	1,388	6,15	0,0026	2,46	1,00	1,00	0,004537	8	-12	0,098856	0,028199	1,112798	0,001276	596,45	891,12
609,06	1,387	6,17	0,0035	2,56	1,00	1,00	0,007088	9	-11	0,097263	0,023718	1,094871	0,001736	604,62	911,06
618,38	1,385	6,20	0,0046	2,66	1,00	1,00	0,01056	10	-10	0,095806	0,019618	1,078474	0,002287	613,50	935,13
628,65	1,383	6,22	0,0059	2,79	1,00	1,00	0,015134	11	-9	0,094486	0,015903	1,063614	0,002934	623,26	964,03

Продолжение таблицы А2

640,07	1,381	6,25	0,0074	2,92	1,00	1,00	0,021002	12	-8	0,093303	0,012574	1,050298	0,00368	634,05	998,45
652,84	1,379	6,28	0,0091	3,08	1,00	1,00	0,028361	13	-7	0,092258	0,009633	1,038533	0,004525	646,09	1039,08
667,18	1,376	6,32	0,0109	3,25	1,00	1,00	0,037412	14	-6	0,091351	0,007081	1,028325	0,00547	659,59	1086,53
683,33	1,374	6,35	0,0130	3,45	1,00	1,00	0,048351	15	-5	0,090583	0,00492	1,019679	0,006509	674,77	1141,36
701,54	1,371	6,39	0,0153	3,67	1,00	1,00	0,061369	16	-4	0,089954	0,00315	1,012599	0,007638	691,89	1204,02
722,07	1,368	6,43	0,0177	3,91	1,01	1,01	0,076644	17	-3	0,089465	0,001772	1,007089	0,008845	711,19	1274,83
745,20	1,365	6,48	0,0202	4,17	1,01	1,01	0,094335	18	-2	0,089115	0,000788	1,003151	0,010119	732,95	1353,98
771,20	1,362	6,53	0,0229	4,46	1,01	1,01	0,114573	19	-1	0,088905	0,000197	1,000788	0,011443	757,45	1441,44
800,35	1,358	6,59	0,0256	4,77	1,01	1,01	0,137459	20	0	0,088835	0	1	0,012797	784,96	1537,04
832,91	1,354	6,64	0,0283	5,09	1,01	1,01	0,163053	21	1	0,088905	0,000197	1,000788	0,014158	815,74	1640,37
869,16	1,351	6,71	0,0310	5,43	1,02	1,01	0,191369	22	2	0,089115	0,000788	1,003151	0,015499	850,08	1750,82
909,32	1,347	6,77	0,0336	5,79	1,02	1,02	0,222367	23	3	0,089465	0,001772	1,007089	0,016792	888,23	1867,57
953,64	1,343	6,84	0,0360	6,15	1,02	1,02	0,255952	24	4	0,089954	0,00315	1,012599	0,018006	930,41	1989,62
1002,30	1,339	6,90	0,0382	6,51	1,02	1,02	0,291964	25	5	0,090583	0,00492	1,019679	0,019109	976,86	2115,77
1055,47	1,335	6,97	0,0401	6,87	1,03	1,02	0,330182	26	6	0,091351	0,007081	1,028325	0,02007	1027,74	2244,68
1113,28	1,331	7,04	0,0417	7,22	1,03	1,03	0,370323	27	7	0,092258	0,009633	1,038533	0,020859	1083,20	2374,92
1175,81	1,327	7,11	0,0429	7,55	1,03	1,03	0,412041	28	8	0,093303	0,012574	1,050298	0,021449	1143,36	2504,95
1243,10	1,323	7,18	0,0436	7,86	1,04	1,03	0,454939	29	9	0,094486	0,015903	1,063614	0,021817	1208,27	2633,23
1315,09	1,320	7,25	0,0439	8,15	1,04	1,04	0,498572	30	10	0,095806	0,019618	1,078474	0,021945	1277,92	2758,19
1391,72	1,317	7,32	0,0436	8,40	1,04	1,04	0,542462	31	11	0,097263	0,023718	1,094871	0,021824	1352,27	2878,38
1472,79	1,313	7,38	0,0429	8,62	1,05	1,04	0,586109	32	12	0,098856	0,028199	1,112798	0,02145	1431,17	2992,40
1558,07	1,310	7,45	0,0417	8,81	1,05	1,05	0,629009	33	13	0,100583	0,033061	1,132245	0,02083	1514,42	3099,02
1647,23	1,307	7,50	0,0400	8,95	1,05	1,05	0,670669	34	14	0,102445	0,038301	1,153202	0,019978	1601,73	3197,20
1739,87	1,305	7,56	0,0378	9,05	1,06	1,05	0,710625	35	15	0,10444	0,043915	1,17566	0,018916	1692,74	3286,08
1835,48	1,302	7,61	0,0353	9,11	1,06	1,06	0,748457	36	16	0,106567	0,049902	1,199607	0,017675	1787,00	3365,05
1933,48	1,300	7,66	0,0326	9,13	1,06	1,06	0,783807	37	17	0,108826	0,056258	1,225032	0,01629	1883,96	3433,74
2033,23	1,298	7,71	0,0296	9,11	1,06	1,06	0,816388	38	18	0,111215	0,06298	1,251922	0,014803	1983,01	3492,02
2133,99	1,296	7,75	0,0265	9,05	1,07	1,07	0,845994	39	19	0,113732	0,070066	1,280263	0,013256	2083,45	3539,99
2234,98	1,294	7,79	0,0234	8,96	1,07	1,07	0,872507	40	20	0,116378	0,077511	1,310043	0,011692	2184,53	3577,96
2335,36	1,293	7,83	0,0203	8,83	1,07	1,07	0,895891	41	21	0,11915	0,085312	1,341246	0,010152	2285,43	3606,45
2434,27	1,292	7,86	0,0173	8,68	1,07	1,07	0,916194	42	22	0,122047	0,093464	1,373857	0,008673	2385,29	3626,12
2530,82	1,290	7,89	0,0146	8,51	1,07	1,07	0,93354	43	23	0,125067	0,101965	1,407861	0,007286	2483,24	3637,75
2624,13	1,289	7,92	0,0120	8,32	1,07	1,07	0,948111	44	24	0,12821	0,11081	1,443239	0,006015	2578,39	3642,21

Продолжение таблицы А2

2713,38	1,288	7,94	0,0098	8,12	1,08	1,08	0,960141	45	25	0,131474	0,119994	1,479977	0,004878	2669,88	3640,42
2797,75	1,287	7,97	0,0078	7,91	1,08	1,08	0,969896	46	26	0,134857	0,129514	1,518054	0,003882	2756,88	3633,28
2876,54	1,286	7,99	0,0061	7,69	1,08	1,08	0,977661	47	27	0,138357	0,139364	1,557454	0,003031	2838,63	3621,69
2949,11	1,286	8,00	0,0046	7,47	1,08	1,08	0,983724	48	28	0,141972	0,149539	1,598157	0,00232	2914,45	3606,46
3014,94	1,285	8,02	0,0035	7,24	1,08	1,08	0,988364	49	29	0,145702	0,160036	1,640142	0,00174	2983,77	3588,37
3073,65	1,284	8,03	0,0026	7,02	1,08	1,08	0,991844	50	30	0,149544	0,170848	1,68339	0,001278	3046,12	3568,07
3124,95	1,284	8,04	0,0018	6,80	1,08	1,08	0,9944	51	31	0,153496	0,18197	1,72788	0,000918	3101,17	3546,14
3168,73	1,284	8,05	0,0013	6,58	1,08	1,08	0,996235	52	32	0,157557	0,193398	1,773591	0,000644	3148,73	3523,04
3205,00	1,283	8,06	0,0009	6,37	1,08	1,08	0,997524	53	33	0,161724	0,205125	1,8205	0,000442	3188,74	3499,18
3233,91	1,283	8,07	0,0006	6,16	1,08	1,08	0,998408	54	34	0,165996	0,217146	1,868584	0,000296	3221,27	3474,85
3255,71	1,283	8,07	0,0004	5,96	1,08	1,08	0,999	55	35	0,17037	0,229455	1,917822	0,000194	3246,55	3450,29

Таблица А3 - Результаты теплового расчета проектируемого двигателя с прямым зубым компрессором при  $n = 3400 \text{ мин}^{-1}$

Средняя температура на участке	k1-2	K1-2	DX1-2	P	m	m1-2	X	f	f1	Vct	s	y (f1)	X1-2	Tпред	Tистина
637,13			0,0000	1,34	1,00	1,00	0	0	-30	0,147988	0,170848	1,68339	2,67E-07	724,09	724,09
553,15	1,379	6,27	0,0000	1,39	1,00	1,00	5,33E-07	1	-29	0,144186	0,160036	1,640142	4E-06	550,17	731,31
559,16	1,398	6,03	0,0000	1,44	1,00	1,00	8,53E-06	2	-28	0,140495	0,149539	1,598157	1,73E-05	556,12	739,03
565,34	1,396	6,05	0,0001	1,50	1,00	1,00	4,32E-05	3	-27	0,136916	0,139364	1,557454	4,66E-05	562,21	746,98
571,71	1,395	6,07	0,0002	1,55	1,00	1,00	0,000136	4	-26	0,133453	0,129514	1,518054	9,83E-05	568,47	755,33
578,34	1,393	6,09	0,0004	1,61	1,00	1,00	0,000333	5	-25	0,130105	0,119994	1,479977	0,000179	574,96	764,28
585,29	1,392	6,11	0,0006	1,67	1,00	1,00	0,000691	6	-24	0,126876	0,11081	1,443239	0,000294	581,73	774,07
592,65	1,390	6,13	0,0009	1,74	1,00	1,00	0,001279	7	-23	0,123766	0,101965	1,407861	0,000451	588,86	785,02
600,53	1,388	6,15	0,0013	1,81	1,00	1,00	0,002181	8	-22	0,120776	0,093464	1,373857	0,000655	596,45	797,44
609,06	1,387	6,17	0,0018	1,89	1,00	1,00	0,003491	9	-21	0,11791	0,085312	1,341246	0,000912	604,62	811,72
618,38	1,385	6,20	0,0025	1,97	1,00	1,00	0,005316	10	-20	0,115166	0,077511	1,310043	0,001229	613,50	828,26
628,65	1,383	6,22	0,0032	2,07	1,00	1,00	0,007774	11	-19	0,112548	0,070066	1,280263	0,001609	623,26	847,50
640,07	1,381	6,25	0,0041	2,17	1,00	1,00	0,010992	12	-18	0,110057	0,06298	1,251922	0,002058	634,05	869,92
652,84	1,379	6,28	0,0052	2,28	1,00	1,00	0,015108	13	-17	0,107693	0,056258	1,225032	0,00258	646,09	895,97
667,18	1,376	6,31	0,0064	2,41	1,00	1,00	0,020268	14	-16	0,105458	0,049902	1,199607	0,003178	659,59	926,14
683,33	1,374	6,35	0,0077	2,55	1,00	1,00	0,026624	15	-15	0,103353	0,043915	1,17566	0,003853	674,77	960,89
701,54	1,371	6,39	0,0092	2,71	1,00	1,00	0,034329	16	-14	0,101378	0,038301	1,153202	0,004607	691,89	1000,69
722,07	1,368	6,43	0,0109	2,89	1,00	1,00	0,043542	17	-13	0,099536	0,033061	1,132245	0,005438	711,19	1045,94

Продолжение таблицы А3

745,20	1,365	6,48	0,0127	3,08	1,00	1,00	0,054418	18	-12	0,097827	0,028199	1,112798	0,006344	732,95	1097,01
771,20	1,362	6,53	0,0146	3,30	1,00	1,00	0,067107	19	-11	0,096251	0,023718	1,094871	0,007321	757,45	1154,19
800,35	1,358	6,58	0,0167	3,53	1,00	1,00	0,081748	20	-10	0,094809	0,019618	1,078474	0,008361	784,96	1217,68
832,91	1,354	6,64	0,0189	3,79	1,01	1,00	0,098471	21	-9	0,093503	0,015903	1,063614	0,009456	815,74	1287,62
869,16	1,351	6,70	0,0212	4,07	1,01	1,01	0,117383	22	-8	0,092332	0,012574	1,050298	0,010594	850,08	1364,01
909,32	1,347	6,77	0,0235	4,37	1,01	1,01	0,138571	23	-7	0,091298	0,009633	1,038533	0,01176	888,23	1446,74
953,64	1,343	6,83	0,0259	4,69	1,01	1,01	0,16209	24	-6	0,0904	0,007081	1,028325	0,012938	930,41	1535,57
1002,30	1,339	6,90	0,0282	5,03	1,01	1,01	0,187966	25	-5	0,08964	0,00492	1,019679	0,014109	976,86	1630,14
1055,47	1,335	6,97	0,0305	5,38	1,01	1,01	0,216183	26	-4	0,089018	0,00315	1,012599	0,015251	1027,74	1729,94
1113,28	1,331	7,04	0,0327	5,75	1,01	1,01	0,246685	27	-3	0,088534	0,001772	1,007089	0,016342	1083,20	1834,34
1175,81	1,327	7,11	0,0347	6,12	1,01	1,01	0,279368	28	-2	0,088187	0,000788	1,003151	0,017357	1143,36	1942,59
1243,10	1,323	7,18	0,0365	6,50	1,02	1,02	0,314083	29	-1	0,08798	0,000197	1,000788	0,018273	1208,27	2053,82
1315,09	1,320	7,25	0,0381	6,87	1,02	1,02	0,350628	30	0	0,08791	0	1	0,019064	1277,92	2167,06
1391,72	1,317	7,32	0,0394	7,24	1,02	1,02	0,388756	31	1	0,08798	0,000197	1,000788	0,019708	1352,27	2281,26
1472,79	1,313	7,38	0,0404	7,60	1,02	1,02	0,428172	32	2	0,088187	0,000788	1,003151	0,020183	1431,17	2395,30
1558,07	1,310	7,45	0,0409	7,95	1,02	1,02	0,468539	33	3	0,088534	0,001772	1,007089	0,020473	1514,42	2508,05
1647,23	1,307	7,51	0,0411	8,27	1,03	1,03	0,509485	34	4	0,089018	0,00315	1,012599	0,020564	1601,73	2618,35
1739,87	1,305	7,56	0,0409	8,56	1,03	1,03	0,550613	35	5	0,08964	0,00492	1,019679	0,020446	1692,74	2725,06
1835,48	1,302	7,62	0,0402	8,83	1,03	1,03	0,591505	36	6	0,0904	0,007081	1,028325	0,020119	1787,00	2827,09
1933,48	1,300	7,67	0,0392	9,05	1,03	1,03	0,631743	37	7	0,091298	0,009633	1,038533	0,019584	1883,96	2923,45
2033,23	1,298	7,71	0,0377	9,25	1,03	1,03	0,670912	38	8	0,092332	0,012574	1,050298	0,018853	1983,01	3013,24
2133,99	1,296	7,76	0,0359	9,40	1,04	1,04	0,708618	39	9	0,093503	0,015903	1,063614	0,017942	2083,45	3095,69
2234,98	1,294	7,80	0,0337	9,51	1,04	1,04	0,744503	40	10	0,094809	0,019618	1,078474	0,016873	2184,53	3170,20
2335,36	1,293	7,83	0,0313	9,58	1,04	1,04	0,778249	41	11	0,096251	0,023718	1,094871	0,015674	2285,43	3236,32
2434,27	1,291	7,87	0,0288	9,61	1,04	1,04	0,809597	42	12	0,097827	0,028199	1,112798	0,014375	2385,29	3293,79
2530,82	1,290	7,90	0,0260	9,60	1,04	1,04	0,838347	43	13	0,099536	0,033061	1,132245	0,013012	2483,24	3342,54
2624,13	1,289	7,92	0,0232	9,55	1,04	1,04	0,86437	44	14	0,101378	0,038301	1,153202	0,011617	2578,39	3382,65
2713,38	1,288	7,95	0,0205	9,46	1,05	1,04	0,887605	45	15	0,103353	0,043915	1,17566	0,010226	2669,88	3414,39
2797,75	1,287	7,97	0,0177	9,35	1,05	1,05	0,908058	46	16	0,105458	0,049902	1,199607	0,008871	2756,88	3438,16
2876,54	1,286	7,99	0,0152	9,21	1,05	1,05	0,9258	47	17	0,107693	0,056258	1,225032	0,007579	2838,63	3454,48
2949,11	1,285	8,01	0,0127	9,04	1,05	1,05	0,940959	48	18	0,110057	0,06298	1,251922	0,006375	2914,45	3463,97
3014,94	1,285	8,02	0,0105	8,86	1,05	1,05	0,953708	49	19	0,112548	0,070066	1,280263	0,005275	2983,77	3467,33
3073,65	1,284	8,04	0,0086	8,65	1,05	1,05	0,964257	50	20	0,115166	0,077511	1,310043	0,004292	3046,12	3465,28

Продолжение таблицы А3

3124,95	1,284	8,05	0,0069	8,44	1,05	1,05	0,97284	51	21	0,11791	0,085312	1,341246	0,003431	3101,17	3458,54
3168,73	1,283	8,06	0,0054	8,22	1,05	1,05	0,979703	52	22	0,120776	0,093464	1,373857	0,002694	3148,73	3447,85
3205,00	1,283	8,06	0,0042	7,99	1,05	1,05	0,985091	53	23	0,123766	0,101965	1,407861	0,002077	3188,74	3433,87
3233,91	1,283	8,07	0,0031	7,76	1,05	1,05	0,989245	54	24	0,126876	0,11081	1,443239	0,00157	3221,27	3417,22
3255,71	1,283	8,08	0,0023	7,53	1,05	1,05	0,992384	55	25	0,130105	0,119994	1,479977	0,001163	3246,55	3398,47
3270,79	1,283	8,08	0,0017	7,29	1,05	1,05	0,99471	56	26	0,133453	0,129514	1,518054	0,000844	3264,88	3378,11
3279,59	1,282	8,08	0,0012	7,06	1,05	1,05	0,996399	57	27	0,136916	0,139364	1,557454	0,0006	3276,70	3356,54
3282,66	1,282	8,08	0,0008	6,84	1,05	1,05	0,997599	58	28	0,140495	0,149539	1,598157	0,000417	3282,49	3334,10
3280,56	1,282	8,08	0,0006	6,62	1,05	1,05	0,998433	59	29	0,144186	0,160036	1,640142	0,000283	3282,82	3311,08
3273,88	1,282	8,08	0,0004	6,40	1,05	1,05	0,999	60	30	0,147988	0,170848	1,68339	0,000188	3278,29	3287,70

Таблица А4 - Результаты теплового расчета проектируемого двигателя с прямым компрессором при  $n = 5600 \text{ мин}^{-1}$

Средняя температура на участке	k1-2	K1-2	DX1-2	P	m	n1-2	X	f	f1	Vcr	s	y(f1)	X1-2	Tпред	Tистина
654,47			0,0000	0,97	1,00	1,00	0	0	-39	0,183484	0,281455	2,125821	4,56E-08	651,32	651,32
660,81	1,376	6,32	0,0000	1,01	1,00	1,00	9,11E-08	1	-38	0,178857	0,268053	2,072213	8,52E-07	657,61	657,61
667,28	1,375	6,33	0,0000	1,04	1,00	1,00	1,79E-06	2	-37	0,174321	0,254915	2,01966	4,23E-06	664,01	664,01
673,90	1,374	6,35	0,0000	1,08	1,00	1,00	1,03E-05	3	-36	0,169878	0,242047	1,968188	1,25E-05	670,54	670,55
680,74	1,373	6,36	0,0001	1,12	1,00	1,00	3,54E-05	4	-35	0,165531	0,229455	1,917822	2,85E-05	677,26	677,27
687,89	1,372	6,38	0,0001	1,16	1,00	1,00	9,23E-05	5	-34	0,161281	0,217146	1,868584	5,49E-05	684,23	684,24
695,44	1,370	6,40	0,0002	1,21	1,00	1,00	0,000202	6	-33	0,157131	0,205125	1,8205	9,5E-05	691,55	691,57
703,52	1,369	6,42	0,0003	1,25	1,00	1,00	0,000392	7	-32	0,153082	0,193398	1,773591	0,000152	699,33	699,36
712,28	1,368	6,43	0,0005	1,30	1,00	1,00	0,000696	8	-31	0,149137	0,18197	1,72788	0,000229	707,71	707,75
721,90	1,367	6,45	0,0007	1,35	1,00	1,00	0,001155	9	-30	0,145297	0,170848	1,68339	0,000331	716,85	716,91
732,55	1,365	6,48	0,0009	1,41	1,00	1,00	0,001816	10	-29	0,141564	0,160036	1,640142	0,000459	726,94	727,01
744,47	1,364	6,50	0,0012	1,47	1,00	1,00	0,002735	11	-28	0,13794	0,149539	1,598157	0,000619	738,17	738,26
757,89	1,362	6,52	0,0016	1,53	1,00	1,00	0,003974	12	-27	0,134427	0,139364	1,557454	0,000814	750,78	750,89
773,06	1,360	6,55	0,0021	1,60	1,00	1,00	0,005601	13	-26	0,131026	0,129514	1,518054	0,001047	765,01	765,16
790,25	1,358	6,58	0,0026	1,68	1,00	1,00	0,007696	14	-25	0,12774	0,119994	1,479977	0,001322	781,12	781,31
809,75	1,356	6,62	0,0033	1,76	1,00	1,00	0,01034	15	-24	0,124569	0,11081	1,443239	0,001642	799,39	799,64
831,85	1,354	6,66	0,0040	1,85	1,00	1,00	0,013624	16	-23	0,121515	0,101965	1,407861	0,002011	820,11	820,43
856,84	1,351	6,70	0,0049	1,95	1,00	1,00	0,017646	17	-22	0,11858	0,093464	1,373857	0,00243	843,58	843,97

Продолжение таблицы А4

885,01	1,348	6,74	0,0058	2,06	1,00	1,00	0,022506	18	-21	0,115766	0,085312	1,341246	0,002903	870,09	870,58
916,66	1,346	6,79	0,0069	2,19	1,00	1,00	0,028313	19	-20	0,113072	0,077511	1,310043	0,003431	899,93	900,54
952,06	1,343	6,84	0,0080	2,32	1,00	1,00	0,035176	20	-19	0,110502	0,070066	1,280263	0,004016	933,39	934,13
991,47	1,339	6,89	0,0093	2,47	1,00	1,00	0,043207	21	-18	0,108056	0,06298	1,251922	0,004656	970,73	971,64
1035,12	1,336	6,95	0,0107	2,63	1,00	1,00	0,052519	22	-17	0,105735	0,056258	1,225032	0,005353	1012,21	1013,31
1083,22	1,333	7,01	0,0122	2,81	1,00	1,00	0,063225	23	-16	0,103541	0,049902	1,199607	0,006103	1058,04	1059,35
1135,93	1,330	7,07	0,0138	3,01	1,00	1,00	0,075432	24	-15	0,101474	0,043915	1,17566	0,006905	1108,40	1109,97
1193,37	1,326	7,13	0,0155	3,22	1,00	1,00	0,089241	25	-14	0,099535	0,038301	1,153202	0,007753	1163,45	1165,29
1255,61	1,323	7,19	0,0173	3,46	1,01	1,00	0,104748	26	-13	0,097726	0,033061	1,132245	0,008642	1223,28	1225,42
1322,66	1,320	7,26	0,0191	3,71	1,01	1,01	0,122032	27	-12	0,096048	0,028199	1,112798	0,009565	1287,94	1290,40
1394,48	1,317	7,32	0,0210	3,97	1,01	1,01	0,141162	28	-11	0,094501	0,023718	1,094871	0,010512	1357,39	1360,20
1470,93	1,314	7,38	0,0229	4,26	1,01	1,01	0,162187	29	-10	0,093085	0,019618	1,078474	0,011474	1431,57	1434,73
1551,82	1,311	7,44	0,0249	4,56	1,01	1,01	0,185134	30	-9	0,091803	0,015903	1,063614	0,012437	1510,29	1513,83
1636,86	1,308	7,50	0,0268	4,88	1,01	1,01	0,210008	31	-8	0,090653	0,012574	1,050298	0,013388	1593,34	1597,26
1725,69	1,305	7,55	0,0286	5,21	1,01	1,01	0,236784	32	-7	0,089638	0,009633	1,038533	0,014313	1680,38	1684,69
1817,87	1,303	7,60	0,0304	5,56	1,01	1,01	0,26541	33	-6	0,088757	0,007081	1,028325	0,015194	1771,01	1775,71
1912,86	1,301	7,66	0,0320	5,91	1,02	1,01	0,295798	34	-5	0,088011	0,00492	1,019679	0,016016	1864,74	1869,83
2010,06	1,298	7,70	0,0335	6,27	1,02	1,02	0,32783	35	-4	0,087399	0,00315	1,012599	0,01676	1960,99	1966,46
2108,76	1,296	7,75	0,0348	6,63	1,02	1,02	0,36135	36	-3	0,086924	0,001772	1,007089	0,017411	2059,12	2064,95
2208,24	1,295	7,79	0,0359	6,99	1,02	1,02	0,396172	37	-2	0,086584	0,000788	1,003151	0,01795	2158,41	2164,58
2307,68	1,293	7,83	0,0367	7,34	1,02	1,02	0,432073	38	-1	0,08638	0,000197	1,000788	0,018364	2258,07	2264,57
2406,24	1,291	7,86	0,0373	7,68	1,02	1,02	0,468801	39	0	0,086312	0	1	0,018639	2357,28	2364,09
2503,06	1,290	7,89	0,0375	8,01	1,03	1,02	0,506078	40	1	0,08638	0,000197	1,000788	0,018763	2455,19	2462,29
2597,29	1,289	7,92	0,0375	8,32	1,03	1,03	0,543604	41	2	0,086584	0,000788	1,003151	0,018729	2550,93	2558,29
2688,08	1,288	7,95	0,0371	8,60	1,03	1,03	0,581062	42	3	0,086924	0,001772	1,007089	0,018533	2643,65	2651,24
2774,62	1,287	7,97	0,0363	8,86	1,03	1,03	0,618129	43	4	0,087399	0,00315	1,012599	0,018175	2732,51	2740,30
2856,17	1,286	8,00	0,0353	9,09	1,03	1,03	0,654478	44	5	0,088011	0,00492	1,019679	0,017658	2816,73	2824,71
2932,08	1,285	8,01	0,0340	9,28	1,04	1,03	0,689794	45	6	0,088757	0,007081	1,028325	0,016991	2895,62	2903,76
3001,77	1,284	8,03	0,0324	9,44	1,04	1,04	0,723775	46	7	0,089638	0,009633	1,038533	0,016186	2968,54	2976,82
3064,80	1,284	8,04	0,0305	9,55	1,04	1,04	0,756147	47	8	0,090653	0,012574	1,050298	0,01526	3035,00	3043,38
3120,83	1,283	8,06	0,0285	9,63	1,04	1,04	0,786668	48	9	0,091803	0,015903	1,063614	0,014234	3094,60	3103,07
3169,67	1,283	8,07	0,0263	9,68	1,04	1,04	0,815136	49	10	0,093085	0,019618	1,078474	0,01313	3147,06	3155,60
3211,25	1,283	8,07	0,0239	9,68	1,04	1,04	0,841396	50	11	0,094501	0,023718	1,094871	0,011972	3192,27	3200,85

Продолжение таблицы А4

3245,63	1,282	8,08	0,0216	9,65	1,04	1,04	0,865341	51	12	0,096048	0,028199	1,112798	0,010787	3230,22	3238,83
3273,01	1,282	8,09	0,0192	9,59	1,05	1,04	0,886914	52	13	0,097726	0,033061	1,132245	0,009599	3261,04	3269,66
3293,67	1,282	8,09	0,0169	9,49	1,05	1,05	0,906112	53	14	0,099535	0,038301	1,153202	0,008432	3284,97	3293,59
3308,01	1,282	8,09	0,0146	9,37	1,05	1,05	0,922976	54	15	0,101474	0,043915	1,17566	0,007309	3302,36	3310,96
3316,50	1,282	8,09	0,0125	9,22	1,05	1,05	0,937595	55	16	0,103541	0,049902	1,199607	0,006249	3313,65	3322,22
3319,66	1,282	8,09	0,0105	9,05	1,05	1,05	0,950093	56	17	0,105735	0,056258	1,225032	0,005266	3319,34	3327,86
3318,05	1,282	8,09	0,0087	8,86	1,05	1,05	0,960626	57	18	0,108056	0,06298	1,251922	0,004373	3319,98	3328,45
3312,26	1,282	8,09	0,0072	8,66	1,05	1,05	0,969371	58	19	0,110502	0,070066	1,280263	0,003575	3316,13	3324,54
3302,85	1,282	8,09	0,0058	8,44	1,05	1,05	0,976522	59	20	0,113072	0,077511	1,310043	0,002877	3308,39	3316,73
3290,38	1,282	8,09	0,0046	8,22	1,05	1,05	0,982277	60	21	0,115766	0,085312	1,341246	0,002278	3297,31	3305,58
3275,36	1,282	8,09	0,0035	7,99	1,05	1,05	0,986832	61	22	0,11858	0,093464	1,373857	0,001772	3283,441	3291,627
3258,28	1,282	8,08	0,0027	7,76	1,05	1,05	0,990376	62	23	0,121515	0,101965	1,407861	0,001355	3267,28	3275,38
3239,55	1,282	8,08	0,0020	7,53	1,05	1,05	0,993086	63	24	0,124569	0,11081	1,443239	0,001017	3249,27	3257,29
3219,55	1,283	8,08	0,0015	7,30	1,05	1,05	0,995121	64	25	0,12774	0,119994	1,479977	0,000749	3229,83	3237,75
3198,60	1,283	8,07	0,0011	7,08	1,05	1,05	0,996619	65	26	0,131026	0,129514	1,518054	0,000541	3209,28	3217,11
3176,96	1,283	8,07	0,0008	6,85	1,05	1,05	0,997702	66	27	0,134427	0,139364	1,557454	0,000383	3187,92	3195,66
3154,85	1,283	8,06	0,0005	6,63	1,05	1,05	0,998469	67	28	0,13794	0,149539	1,598157	0,000266	3166,00	3173,65
3132,44	1,283	8,06	0,0004	6,42	1,05	1,05	0,999	68	29	0,141564	0,160036	1,640142	0,00018	3143,70	3151,25

Таблица А5 - Результаты теплового расчета проектируемого двигателя с прямым зубым компрессором при  $n = 6200 \text{ мин}^{-1}$

Средняя температура на участке	k1-2	K1-2	DX1-2	P	m	m1-2	X	f	f1	Vст	s	y (f1)	X1-2	Tпред	Tистина
621,26			0,0000	0,82	1,00	1,00	0	0	-44	0,206857	0,352198	2,408793	8,19E-09	618,34	618,34
627,15	1,382	6,23	0,0000	0,85	1,00	1,00	1,64E-08	1	-43	0,201834	0,337574	2,350296	1,9E-07	624,18	624,18
633,14	1,381	6,25	0,0000	0,88	1,00	1,00	3,97E-07	2	-42	0,196889	0,323181	2,292723	1,08E-06	630,12	630,12
639,25	1,380	6,26	0,0000	0,91	1,00	1,00	2,56E-06	3	-41	0,192027	0,309025	2,236102	3,53E-06	636,17	636,16
645,50	1,379	6,28	0,0000	0,94	1,00	1,00	9,63E-06	4	-40	0,187249	0,295115	2,180459	8,62E-06	642,34	642,33
651,91	1,378	6,29	0,0000	0,97	1,00	1,00	2,69E-05	5	-39	0,182557	0,281455	2,125821	1,76E-05	648,66	648,65
658,54	1,377	6,31	0,0001	1,01	1,00	1,00	6,22E-05	6	-38	0,177953	0,268053	2,072213	3,21E-05	655,16	655,16
665,43	1,375	6,33	0,0001	1,05	1,00	1,00	0,000126	7	-37	0,17344	0,254915	2,01966	5,36E-05	661,91	661,90
672,65	1,374	6,34	0,0002	1,09	1,00	1,00	0,000233	8	-36	0,16902	0,242047	1,968188	8,39E-05	668,95	668,94
680,29	1,373	6,36	0,0003	1,13	1,00	1,00	0,000401	9	-35	0,164695	0,229455	1,917822	0,000125	676,36	676,34

Продолжение таблицы А5

688,44	1,372	6,38	0,0004	1,17	1,00	1,00	0,000652	10	-34	0,160466	0,217146	1,868584	0,000179	684,23	684,21
697,21	1,370	6,40	0,0005	1,21	1,00	1,00	0,00101	11	-33	0,156337	0,205125	1,8205	0,000248	692,65	692,63
706,72	1,369	6,42	0,0007	1,26	1,00	1,00	0,001507	12	-32	0,152309	0,193398	1,773591	0,000335	701,76	701,74
717,12	1,368	6,44	0,0009	1,32	1,00	1,00	0,002176	13	-31	0,148383	0,18197	1,72788	0,000441	711,68	711,65
728,56	1,366	6,47	0,0011	1,37	1,00	1,00	0,003059	14	-30	0,144563	0,170848	1,68339	0,00057	722,56	722,52
741,21	1,364	6,49	0,0014	1,43	1,00	1,00	0,004199	15	-29	0,140849	0,160036	1,640142	0,000724	734,56	734,50
755,25	1,362	6,52	0,0018	1,49	1,00	1,00	0,005647	16	-28	0,137243	0,149539	1,598157	0,000905	747,85	747,79
770,88	1,361	6,55	0,0022	1,56	1,00	1,00	0,007456	17	-27	0,133748	0,139364	1,557454	0,001116	762,64	762,56
788,31	1,358	6,58	0,0027	1,64	1,00	1,00	0,009688	18	-26	0,130364	0,129514	1,518054	0,001359	779,12	779,02
807,76	1,356	6,61	0,0033	1,72	1,00	1,00	0,012406	19	-25	0,127094	0,119994	1,479977	0,001638	797,51	797,38
829,45	1,354	6,65	0,0039	1,81	1,00	1,00	0,015681	20	-24	0,123939	0,11081	1,443239	0,001953	818,01	817,85
853,60	1,351	6,69	0,0046	1,91	1,00	1,00	0,019588	21	-23	0,120901	0,101965	1,407861	0,002308	840,88	840,68
880,45	1,349	6,73	0,0054	2,01	1,00	1,00	0,024205	22	-22	0,117981	0,093464	1,373857	0,002705	866,32	866,07
910,22	1,346	6,78	0,0063	2,13	1,00	1,00	0,029615	23	-21	0,115181	0,085312	1,341246	0,003144	894,57	894,26
943,13	1,343	6,83	0,0073	2,26	1,00	1,00	0,035903	24	-20	0,112501	0,077511	1,310043	0,003627	925,86	925,47
979,39	1,340	6,88	0,0083	2,40	1,00	1,00	0,043157	25	-19	0,109944	0,070066	1,280263	0,004155	960,40	959,91
1019,20	1,337	6,93	0,0095	2,55	1,00	1,00	0,051467	26	-18	0,10751	0,06298	1,251922	0,004727	998,39	997,79
1062,74	1,334	6,99	0,0107	2,72	1,00	1,00	0,060921	27	-17	0,105201	0,056258	1,225032	0,005344	1040,02	1039,29
1110,15	1,331	7,04	0,0120	2,90	1,00	1,00	0,071608	28	-16	0,103017	0,049902	1,199607	0,006003	1085,46	1084,58
1161,56	1,328	7,10	0,0134	3,09	1,00	1,00	0,083614	29	-15	0,100961	0,043915	1,17566	0,006702	1134,84	1133,78
1217,06	1,325	7,16	0,0149	3,30	1,00	1,00	0,097019	30	-14	0,099032	0,038301	1,153202	0,007439	1188,28	1187,01
1276,69	1,322	7,22	0,0164	3,53	1,01	1,01	0,111898	31	-13	0,097232	0,033061	1,132245	0,008209	1245,84	1244,34
1340,46	1,319	7,28	0,0180	3,77	1,01	1,01	0,128316	32	-12	0,095562	0,028199	1,112798	0,009007	1307,54	1305,79
1408,33	1,316	7,33	0,0197	4,03	1,01	1,01	0,14633	33	-11	0,094023	0,023718	1,094871	0,009825	1373,38	1371,35
1480,19	1,313	7,39	0,0213	4,30	1,01	1,01	0,165981	34	-10	0,092615	0,019618	1,078474	0,010658	1443,28	1440,95
1555,90	1,310	7,44	0,0230	4,59	1,01	1,01	0,187296	35	-9	0,091339	0,015903	1,063614	0,011494	1517,11	1514,46
1635,22	1,308	7,50	0,0246	4,89	1,01	1,01	0,210284	36	-8	0,090195	0,012574	1,050298	0,012325	1594,68	1591,71
1717,88	1,305	7,55	0,0263	5,20	1,01	1,01	0,234934	37	-7	0,089185	0,009633	1,038533	0,013139	1675,75	1672,43
1803,53	1,303	7,60	0,0278	5,52	1,01	1,01	0,261212	38	-6	0,088308	0,007081	1,028325	0,013924	1760,00	1756,33
1891,75	1,301	7,65	0,0293	5,85	1,01	1,01	0,28906	39	-5	0,087566	0,00492	1,019679	0,014668	1847,05	1843,03
1982,07	1,299	7,69	0,0307	6,19	1,02	1,02	0,318396	40	-4	0,086958	0,00315	1,012599	0,015357	1936,45	1932,08
2073,95	1,297	7,73	0,0320	6,52	1,02	1,02	0,34911	41	-3	0,086485	0,001772	1,007089	0,015977	2027,69	2022,97
2166,79	1,295	7,77	0,0330	6,86	1,02	1,02	0,381063	42	-2	0,086146	0,000788	1,003151	0,016515	2120,21	2115,14

Продолжение таблицы А5

2259,95	1,294	7,81	0,0339	7,19	1,02	1,02	0,414094	43	-1	0,085943	0,000197	1,000788	0,016959	2213,37	2207,98
2352,75	1,292	7,84	0,0346	7,51	1,02	1,02	0,448011	44	0	0,085876	0	1	0,017295	2306,53	2300,83
2444,49	1,291	7,88	0,0350	7,82	1,02	1,02	0,482602	45	1	0,085943	0,000197	1,000788	0,017515	2398,97	2392,98
2534,43	1,290	7,91	0,0352	8,11	1,03	1,03	0,517632	46	2	0,086146	0,000788	1,003151	0,017609	2490,00	2483,73
2621,87	1,289	7,93	0,0351	8,38	1,03	1,03	0,55285	47	3	0,086485	0,001772	1,007089	0,01757	2578,87	2572,35
2706,09	1,288	7,96	0,0348	8,63	1,03	1,03	0,58799	48	4	0,086958	0,00315	1,012599	0,017395	2664,87	2658,12
2786,42	1,287	7,98	0,0342	8,85	1,03	1,03	0,62278	49	5	0,087566	0,00492	1,019679	0,017084	2747,31	2740,35
2862,23	1,286	8,00	0,0333	9,04	1,03	1,03	0,656948	50	6	0,088308	0,007081	1,028325	0,016638	2825,53	2818,39
2932,96	1,285	8,01	0,0321	9,20	1,04	1,03	0,690225	51	7	0,089185	0,009633	1,038533	0,016064	2898,93	2891,63
2998,11	1,285	8,03	0,0307	9,32	1,04	1,04	0,722353	52	8	0,090195	0,012574	1,050298	0,015371	2966,98	2959,55
3057,30	1,284	8,04	0,0291	9,41	1,04	1,04	0,753094	53	9	0,091339	0,015903	1,063614	0,014571	3029,24	3021,70
3110,21	1,284	8,05	0,0274	9,47	1,04	1,04	0,782235	54	10	0,092615	0,019618	1,078474	0,013679	3085,35	3077,72
3156,64	1,283	8,06	0,0254	9,49	1,04	1,04	0,809593	55	11	0,094023	0,023718	1,094871	0,012713	3135,06	3127,35
3196,51	1,283	8,07	0,0234	9,48	1,04	1,04	0,835018	56	12	0,095562	0,028199	1,112798	0,011692	3178,22	3170,46
3229,83	1,283	8,08	0,0213	9,44	1,04	1,04	0,858402	57	13	0,097232	0,033061	1,132245	0,010637	3214,80	3207,01
3256,72	1,282	8,08	0,0191	9,36	1,05	1,04	0,879677	58	14	0,099032	0,038301	1,153202	0,009569	3244,86	3237,06
3277,40	1,282	8,09	0,0170	9,26	1,05	1,05	0,898816	59	15	0,100961	0,043915	1,17566	0,008508	3268,58	3260,77
3292,17	1,282	8,09	0,0149	9,13	1,05	1,05	0,915833	60	16	0,103017	0,049902	1,199607	0,007474	3286,22	3278,42
3301,396	1,282	8,09	0,0130	8,98	1,05	1,05	0,93078	61	17	0,105201	0,056258	1,225032	0,006483	3298,116	3290,343
3305,52	1,282	8,09	0,0111	8,81	1,05	1,05	0,943746	62	18	0,10751	0,06298	1,251922	0,00555	3304,68	3296,94
3305,01	1,282	8,09	0,0094	8,63	1,05	1,05	0,954846	63	19	0,109944	0,070066	1,280263	0,004688	3306,36	3298,67
3300,36	1,282	8,09	0,0078	8,43	1,05	1,05	0,964222	64	20	0,112501	0,077511	1,310043	0,003904	3303,66	3296,02
3292,10	1,282	8,09	0,0064	8,22	1,05	1,05	0,97203	65	21	0,115181	0,085312	1,341246	0,003204	3297,07	3289,50
3280,70	1,282	8,09	0,0052	8,00	1,05	1,05	0,978438	66	22	0,117981	0,093464	1,373857	0,00259	3287,12	3279,62
3266,67	1,282	8,08	0,0041	7,78	1,05	1,05	0,983619	67	23	0,120901	0,101965	1,407861	0,002062	3274,29	3266,86
3250,45	1,282	8,08	0,0032	7,56	1,05	1,05	0,987742	68	24	0,123939	0,11081	1,443239	0,001614	3259,05	3251,70
3232,45	1,283	8,08	0,0025	7,33	1,05	1,05	0,990971	69	25	0,127094	0,119994	1,479977	0,001243	3241,84	3234,58
3213,05	1,283	8,07	0,0019	7,11	1,05	1,05	0,993458	70	26	0,130364	0,129514	1,518054	0,000941	3223,06	3215,88
3192,58	1,283	8,07	0,0014	6,89	1,05	1,05	0,995339	71	27	0,133748	0,139364	1,557454	0,000699	3203,05	3195,96
3171,31	1,283	8,07	0,0010	6,67	1,05	1,05	0,996738	72	28	0,137243	0,149539	1,598157	0,00051	3182,11	3175,11
3149,47	1,283	8,06	0,0007	6,45	1,05	1,05	0,997758	73	29	0,140849	0,160036	1,640142	0,000365	3160,50	3153,59
3127,27	1,283	8,06	0,0005	6,24	1,05	1,05	0,998488	74	30	0,144563	0,170848	1,68339	0,000256	3138,44	3131,62
3104,85	1,284	8,05	0,0004	6,04	1,05	1,05	0,999	75	31	0,148383	0,18197	1,72788	0,000176	3116,09	3109,37

Таблица А6 - Результаты теплового расчета двигателя прототипа без наддува при  $n = 880 \text{ мин}^{-1}$

Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2	DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	$m_{1-2}$	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предполагаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	y (f1)	Доля выделившегося на участке тепла
869,2227			1,3E-06	2,47254	1	1	0	0	-15	866,1366	866,1366	0,09605	0,0439	1,1866	6,5E-07
875,3677	1,3472	6,7597	2,2E-05	2,5413	1	1	1,29E-06	1	-14	872,3089	872,328	0,09412	0,0383	1,1627	1,1E-05
881,6078	1,3466	6,77	0,00011	2,60919	1	1	2,37E-05	2	-13	878,4264	878,4833	0,09231	0,0331	1,1405	5,3E-05
888,3093	1,346	6,7805	0,00031	2,67669	1	1	0,00013	3	-12	884,7893	884,8865	0,09064	0,0282	1,1198	0,00015
895,9816	1,3453	6,7916	0,00068	2,74483	1	1	0,000436	4	-11	891,8294	891,9723	0,0891	0,0237	1,1008	0,00034
905,2895	1,3446	6,8042	0,00128	2,81516	1,0001	1	0,001112	5	-10	900,1338	900,3315	0,08769	0,0196	1,0834	0,00064
917,0498	1,3437	6,8194	0,00217	2,88987	1,0001	1,0001	0,00239	6	-9	910,4451	910,7115	0,08641	0,0159	1,0676	0,00109
932,2201	1,3426	6,8383	0,00342	2,97169	1,0002	1,0002	0,004562	7	-8	923,6544	924,0091	0,08527	0,0126	1,0534	0,00171
951,8774	1,3412	6,8621	0,00507	3,06392	1,0004	1,0003	0,007979	8	-7	940,7858	941,2543	0,08426	0,0096	1,0409	0,00254
977,1841	1,3394	6,8923	0,00719	3,1703	1,0007	1,0005	0,013052	9	-6	962,969	963,5826	0,08338	0,0071	1,0301	0,0036
1009,341	1,3373	6,9297	0,00981	3,29482	1,001	1,0008	0,020243	10	-5	991,3992	992,1938	0,08264	0,0049	1,0209	0,00491
1049,53	1,3347	6,9751	0,01297	3,44153	1,0015	1,0013	0,030057	11	-4	1027,284	1028,298	0,08203	0,0031	1,0134	0,00649
1098,839	1,3317	7,0289	0,01667	3,61424	1,0022	1,0018	0,043028	12	-3	1071,776	1073,048	0,08155	0,0018	1,0075	0,00834
1158,187	1,3284	7,0907	0,0209	3,81622	1,003	1,0026	0,059699	13	-2	1125,901	1127,464	0,08122	0,0008	1,0033	0,01045
1228,242	1,3247	7,1597	0,0256	4,04982	1,0041	1,0035	0,080597	14	-1	1190,472	1192,356	0,08101	0,0002	1,0008	0,0128
1309,341	1,3208	7,2342	0,03071	4,3162	1,0054	1,0047	0,106202	15	0	1266,012	1268,234	0,08094	0	1	0,01535
1401,414	1,3168	7,3125	0,03607	4,61498	1,0069	1,0061	0,136907	16	1	1352,67	1355,24	0,08101	0,0002	1,0008	0,01804
1503,923	1,3129	7,3925	0,04154	4,94403	1,0088	1,0078	0,17298	17	2	1450,158	1453,072	0,08122	0,0008	1,0033	0,02077
1615,82	1,309	7,472	0,04689	5,29929	1,0109	1,0098	0,21452	18	3	1557,689	1560,935	0,08155	0,0018	1,0075	0,02345
1735,526	1,3054	7,549	0,05189	5,6747	1,0132	1,012	0,261413	19	4	1673,951	1677,508	0,08203	0,0031	1,0134	0,02594
1860,952	1,302	7,622	0,05626	6,06231	1,0159	1,0145	0,313302	20	5	1797,101	1800,94	0,08264	0,0049	1,0209	0,02813
1989,554	1,299	7,6896	0,05974	6,45248	1,0187	1,0173	0,369562	21	6	1924,802	1928,892	0,08338	0,0071	1,0301	0,02987
2118,442	1,2963	7,7509	0,06206	6,83434	1,0217	1,0202	0,429298	22	7	2054,306	2058,611	0,08426	0,0096	1,0409	0,03103
2244,523	1,2939	7,8052	0,06304	7,19632	1,0249	1,0233	0,491361	23	8	2182,578	2187,064	0,08527	0,0126	1,0534	0,03152
2364,691	1,2919	7,8524	0,06252	7,52691	1,028	1,0265	0,554397	24	9	2306,469	2311,101	0,08641	0,0159	1,0676	0,03126
2476,028	1,2902	7,8924	0,06048	7,81544	1,0312	1,0296	0,616919	25	10	2422,913	2427,658	0,08769	0,0196	1,0834	0,03024
2576,012	1,2888	7,9255	0,05697	8,05287	1,0343	1,0327	0,677395	26	11	2529,142	2533,97	0,0891	0,0237	1,1008	0,02849
2662,702	1,2877	7,9521	0,05219	8,23257	1,0372	1,0357	0,734369	27	12	2622,882	2627,766	0,09064	0,0282	1,1198	0,0261
2734,868	1,2868	7,9726	0,04642	8,35076	1,0398	1,0385	0,786563	28	13	2702,522	2707,439	0,09231	0,0331	1,1405	0,02321

Продолжение таблицы А6

2792,062	1,2862	7,9879	0,04001	8,40679	1,0421	1,041	0,832984	29	14	2767,215	2772,145	0,09412	0,0383	1,1627	0,02001
2834,601	1,2858	7,9985	0,03336	8,40306	1,0442	1,0432	0,872994	30	15	2816,909	2821,837	0,09605	0,0439	1,1866	0,01668
2863,484	1,2855	8,0053	0,02685	8,34464	1,0459	1,045	0,906351	31	16	2852,294	2857,207	0,09811	0,0499	1,212	0,01342
2880,229	1,2854	8,0089	0,02081	8,23862	1,0472	1,0465	0,933198	32	17	2874,673	2879,562	0,10029	0,0562	1,239	0,01041
2886,691	1,2853	8,01	0,01551	8,09329	1,0483	1,0477	0,954011	33	18	2885,786	2890,644	0,1026	0,063	1,2676	0,00775
2884,843	1,2853	8,0092	0,01108	7,91733	1,0491	1,0487	0,96952	34	19	2887,595	2892,419	0,10504	0,07	1,2977	0,00554
2876,605	1,2854	8,007	0,00758	7,71907	1,0496	1,0493	0,980603	35	20	2882,092	2886,877	0,1076	0,0775	1,3293	0,00379
2863,691	1,2856	8,0038	0,00494	7,50595	1,05	1,0498	0,988178	36	21	2871,119	2875,866	0,11028	0,0853	1,3625	0,00247
2847,53	1,2857	7,9999	0,00307	7,28414	1,0502	1,0501	0,993119	37	22	2856,264	2860,972	0,11309	0,0934	1,3971	0,00153
2829,231	1,2859	7,9955	0,00181	7,05848	1,0504	1,0503	0,996186	38	23	2838,795	2843,466	0,11601	0,1019	1,4332	0,0009
2809,605	1,2861	7,9908	0,00101	6,83258	1,0505	1,0504	0,997993	39	24	2819,666	2824,299	0,11905	0,1108	1,4708	0,0005
2789,21	1,2863	7,986	0,00053	6,60893	1,0505	1,0505	0,999	40	25	2799,545	2804,141	0,12221	0,12	1,5098	0,00026

Таблица А7 - Результаты теплового расчета двигателя прототипа без наддува при  $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$

Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2	DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	$m_{1-2}$	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологае-мая/, К	Температура действитель-ная	Удельный объем	s	$y(fl)$	Доля выдвигшегося на участке тепла
705,109			1,04E-07	1,38494	1	1	0	0	-30	743,1535	743,1535	0,1471	0,1708	1,7259	5,2E-08
670,6386	1,36778	6,43807	2,08E-06	1,43702	1	1	1,04E-07	1	-29	667,0646	750,5723	0,1432	0,16	1,68	1E-06
677,8383	1,37337	6,35664	1,08E-05	1,49119	1	1	2,19E-06	2	-28	674,2125	758,1899	0,1394	0,1495	1,6354	5,4E-06
685,1719	1,37215	6,37413	3,32E-05	1,54727	1	1	1,3E-05	3	-27	681,4641	765,9052	0,1357	0,1393	1,5921	1,7E-05
692,7133	1,37094	6,39169	7,71E-05	1,60538	1	1	4,62E-05	4	-26	688,8796	773,7806	0,1322	0,1295	1,5503	3,9E-05
700,5659	1,36972	6,40949	0,000152	1,6657	1,00001	1	0,000123	5	-25	696,547	781,9082	0,1287	0,12	1,5098	7,6E-05
708,8646	1,36848	6,42774	0,000267	1,7285	1,00001	1,00001	0,000275	6	-24	704,5849	790,4121	0,1254	0,1108	1,4708	0,00013
717,7772	1,36719	6,44674	0,000433	1,79413	1,00003	1,00002	0,000542	7	-23	713,1443	799,4503	0,1222	0,1019	1,4332	0,00022
727,5055	1,36584	6,46681	0,000661	1,86302	1,00005	1,00004	0,000975	8	-22	722,41	809,2162	0,1191	0,0934	1,3971	0,00033
738,2858	1,36441	6,48834	0,000964	1,93576	1,00008	1,00007	0,001636	9	-21	732,601	819,9393	0,1161	0,0853	1,3625	0,00048
750,3879	1,36286	6,51175	0,001352	2,01301	1,00013	1,00011	0,0026	10	-20	743,9706	831,8851	0,1133	0,0775	1,3293	0,00068
764,1138	1,36118	6,53747	0,001838	2,09559	1,0002	1,00017	0,003951	11	-19	756,8051	845,3537	0,1106	0,07	1,2977	0,00092
779,795	1,35933	6,56595	0,002434	2,18443	1,0003	1,00025	0,005789	12	-18	771,4224	860,678	0,1081	0,063	1,2676	0,00122
797,789	1,35729	6,59763	0,003152	2,28058	1,00042	1,00036	0,008223	13	-17	788,1677	878,22	0,1056	0,0562	1,239	0,00158
818,4732	1,35506	6,63288	0,004004	2,38521	1,00058	1,0005	0,011375	14	-16	807,4102	898,3663	0,1033	0,0499	1,212	0,002

Продолжение таблицы А7

842,2392	1,35261	6,67202	0,004999	2,4996	1,00078	1,00068	0,015379	15	-15	829,5362	921,5214	0,1012	0,0439	1,1866	0,0025
869,4845	1,34994	6,71527	0,006146	2,62505	1,00104	1,00091	0,020378	16	-14	854,9423	948,1005	0,0991	0,0383	1,1627	0,00307
900,6037	1,34706	6,76271	0,007454	2,76295	1,00135	1,0012	0,026524	17	-13	884,0268	978,5201	0,0972	0,0331	1,1405	0,00373
935,9783	1,34398	6,81428	0,008927	2,91461	1,00173	1,00154	0,033978	18	-12	917,1806	1013,188	0,0955	0,0282	1,1198	0,00446
975,9659	1,34073	6,86979	0,010568	3,08134	1,00219	1,00196	0,042906	19	-11	954,7759	1052,493	0,0938	0,0237	1,1008	0,00528
1020,889	1,33733	6,92886	0,012375	3,26428	1,00273	1,00246	0,053474	20	-10	997,1559	1096,792	0,0924	0,0196	1,0834	0,00619
1071,023	1,33383	6,99101	0,014342	3,46438	1,00336	1,00304	0,065848	21	-9	1044,623	1146,399	0,091	0,0159	1,0676	0,00717
1126,585	1,33027	7,0556	0,01646	3,68235	1,00409	1,00372	0,08019	22	-8	1097,424	1201,568	0,0898	0,0126	1,0534	0,00823
1187,717	1,32669	7,12194	0,018714	3,91857	1,00493	1,00451	0,096651	23	-7	1155,745	1262,49	0,0887	0,0096	1,0409	0,00936
1254,482	1,32314	7,18926	0,021081	4,17299	1,00588	1,00541	0,115364	24	-6	1219,69	1329,268	0,0878	0,0071	1,0301	0,01054
1326,845	1,31965	7,2568	0,023535	4,44512	1,00696	1,00642	0,136445	25	-5	1289,275	1401,914	0,087	0,0049	1,0209	0,01177
1404,664	1,31627	7,3238	0,026041	4,73394	1,00816	1,00756	0,159979	26	-4	1364,415	1480,332	0,0864	0,0031	1,0134	0,01302
1487,682	1,31301	7,38957	0,028559	5,03786	1,00949	1,00882	0,18602	27	-3	1444,913	1564,31	0,0859	0,0018	1,0075	0,01428
1575,52	1,30991	7,45346	0,031043	5,35471	1,01094	1,01021	0,21458	28	-2	1530,452	1653,511	0,0855	0,0008	1,0033	0,01552
1667,668	1,30699	7,51495	0,033441	5,68169	1,01253	1,01173	0,245623	29	-1	1620,588	1747,463	0,0853	0,0002	1,0008	0,01672
1763,489	1,30425	7,57356	0,035697	6,01543	1,01423	1,01338	0,279064	30	0	1714,748	1845,563	0,0852	0	1	0,01785
1862,216	1,30171	7,62895	0,037752	6,35201	1,01605	1,01514	0,314761	31	1	1812,229	1947,07	0,0853	0,0002	1,0008	0,01888
1962,968	1,29936	7,68084	0,039546	6,68702	1,01798	1,01701	0,352513	32	2	1912,204	2051,118	0,0855	0,0008	1,0033	0,01977
2064,755	1,29722	7,72906	0,041021	7,0157	1,01999	1,01898	0,392059	33	3	2013,732	2156,725	0,0859	0,0018	1,0075	0,02051
2166,503	1,29527	7,77349	0,042122	7,33303	1,02208	1,02104	0,43308	34	4	2115,778	2262,811	0,0864	0,0031	1,0134	0,02106
2267,078	1,29351	7,81408	0,042804	7,63392	1,02423	1,02316	0,475202	35	5	2217,229	2368,22	0,087	0,0049	1,0209	0,0214
2365,314	1,29193	7,85086	0,043027	7,91333	1,02642	1,02532	0,518006	36	6	2316,927	2471,752	0,0878	0,0071	1,0301	0,02151
2460,047	1,29053	7,88387	0,042768	8,16651	1,02861	1,02751	0,561033	37	7	2413,7	2572,195	0,0887	0,0096	1,0409	0,02138
2550,156	1,2893	7,91321	0,042015	8,38916	1,03079	1,0297	0,6038	38	8	2506,394	2668,362	0,0898	0,0126	1,0534	0,02101
2634,596	1,28823	7,93902	0,040776	8,57758	1,03293	1,03186	0,645815	39	9	2593,918	2759,133	0,091	0,0159	1,0676	0,02039
2712,436	1,2873	7,96145	0,039074	8,72885	1,03501	1,03397	0,686592	40	10	2675,274	2843,487	0,0924	0,0196	1,0834	0,01954
2782,895	1,28651	7,98067	0,036951	8,84092	1,03701	1,03601	0,725666	41	11	2749,598	2920,546	0,0938	0,0237	1,1008	0,01848
2845,365	1,28584	7,99689	0,034465	8,91272	1,03889	1,03795	0,762617	42	12	2816,191	2989,601	0,0955	0,0282	1,1198	0,01723
2899,438	1,28529	8,01031	0,031685	8,94416	1,04065	1,03977	0,797082	43	13	2874,539	3050,139	0,0972	0,0331	1,1405	0,01584
2944,913	1,28485	8,02115	0,028695	8,93615	1,04226	1,04146	0,828767	44	14	2924,337	3101,856	0,0991	0,0383	1,1627	0,01435
2981,797	1,28451	8,02962	0,025582	8,89048	1,04373	1,04299	0,857462	45	15	2965,488	3144,667	0,1012	0,0439	1,1866	0,01279
3010,301	1,28425	8,03596	0,022436	8,80977	1,04503	1,04438	0,883044	46	16	2998,106	3178,699	0,1033	0,0499	1,212	0,01122
3030,818	1,28407	8,0404	0,019343	8,69728	1,04618	1,0456	0,90548	47	17	3022,497	3204,277	0,1056	0,0562	1,239	0,00967

Продолжение таблицы А7

3043,893	1,28396	8,04314	0,016381	8,55676	1,04716	1,04667	0,924823	48	18	3039,138	3221,896	0,1081	0,063	1,2676	0,00819
3050,195	1,28391	8,0444	0,013616	8,39227	1,048	1,04758	0,941203	49	19	3048,647	3232,195	0,1106	0,07	1,2977	0,00681
3050,478	1,28391	8,04439	0,011101	8,20799	1,04869	1,04834	0,95482	50	20	3051,744	3235,914	0,1133	0,0775	1,3293	0,00555
3045,537	1,28396	8,04329	0,008868	8,00805	1,04926	1,04897	0,96592	51	21	3049,212	3233,859	0,1161	0,0853	1,3625	0,00443
3036,176	1,28404	8,04128	0,006936	7,79637	1,04971	1,04948	0,974789	52	22	3041,862	3226,857	0,1191	0,0934	1,3971	0,00347
3023,172	1,28415	8,03851	0,005307	7,57658	1,05006	1,04989	0,981725	53	23	3030,49	3215,724	0,1222	0,1019	1,4332	0,00265
3007,249	1,28429	8,03513	0,003969	7,35192	1,05033	1,0502	0,987032	54	24	3015,853	3201,233	0,1254	0,1108	1,4708	0,00198
2989,057	1,28444	8,03125	0,002898	7,12515	1,05054	1,05044	0,991001	55	25	2998,644	3184,088	0,1287	0,12	1,5098	0,00145
2969,164	1,28462	8,02698	0,002064	6,89862	1,05068	1,05061	0,993899	56	26	2979,471	3164,913	0,1322	0,1295	1,5503	0,00103
2948,046	1,2848	8,02242	0,001433	6,6742	1,05079	1,05074	0,995963	57	27	2958,858	3144,238	0,1357	0,1393	1,5921	0,00072
2926,092	1,285	8,01762	0,000968	6,45339	1,05086	1,05083	0,997396	58	28	2937,235	3122,504	0,1394	0,1495	1,6354	0,00048
2903,61	1,2852	8,01264	0,000636	6,23729	1,05091	1,05089	0,998364	59	29	2914,949	3100,063	0,1432	0,16	1,68	0,00032
2880,838	1,28541	8,00754	0,000406	6,02671	1,05094	1,05093	0,999	60	30	2892,271	3077,191	0,1471	0,1708	1,7259	0,0002

Таблица А8 - Результаты теплового расчета двигателя прототипа без наддува при  $n = 3400 \text{ мин}^{-1}$

Температура предполагаемая, К	Температура действительная	Удельный объем	s	y(f1)	Доля выделенного на участке тепла	Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2	DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	$m_{1-2}$	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ
783,8319	783,8319	0,0893	0,1108	1,4985	7,6E-08	787,6146			1,52E-07	2,40537	1	1	0	0	-24
791,3973	791,3976	0,087	0,1019	1,4587	1,5E-06	795,1788	1,35638	6,61195	3,06E-06	2,49484	1	1	1,52E-07	1	-23
798,9602	798,9614	0,0847	0,0934	1,4205	7,9E-06	802,7639	1,35546	6,62658	1,59E-05	2,58649	1	1	3,21E-06	2	-22
806,5676	806,5707	0,0825	0,0853	1,3838	2,4E-05	810,4361	1,35454	6,64105	4,86E-05	2,68033	1	1	1,91E-05	3	-21
814,3046	814,3107	0,0804	0,0775	1,3487	5,7E-05	818,3015	1,35364	6,6555	0,000113	2,77647	1	1	6,77E-05	4	-20
822,2984	822,3086	0,0784	0,07	1,3152	0,00011	826,51	1,35273	6,67012	0,000222	2,87515	1,00001	1,00001	0,000181	5	-19
830,7217	830,7373	0,0765	0,063	1,2833	0,0002	835,2587	1,35179	6,68518	0,000391	2,97679	1,00002	1,00002	0,000403	6	-18
839,7957	839,8183	0,0747	0,0562	1,2531	0,00032	844,7937	1,35081	6,70101	0,000635	3,08201	1,00004	1,00003	0,000794	7	-17
849,7917	849,8232	0,073	0,0499	1,2245	0,00048	855,4116	1,34977	6,71802	0,000969	3,19164	1,00007	1,00006	0,001429	8	-16
861,0316	861,075	0,0714	0,0439	1,1976	0,00071	867,4596	1,34864	6,73665	0,001412	3,30676	1,00012	1,0001	0,002398	9	-15
873,8876	873,9463	0,0699	0,0383	1,1723	0,00099	881,3333	1,34738	6,75741	0,001979	3,42871	1,0002	1,00016	0,00381	10	-14
888,7789	888,8579	0,0685	0,0331	1,1487	0,00134	897,4735	1,34597	6,78082	0,002689	3,55908	1,0003	1,00025	0,005789	11	-13
906,168	906,2736	0,0672	0,0282	1,1269	0,00178	916,3606	1,34439	6,80739	0,003558	3,69969	1,00044	1,00037	0,008478	12	-12

Продолжение таблицы А8

926,5532	926,6939	0,066	0,0237	1,1067	0,0023	938,5066	1,34261	6,83762	0,004601	3,85258	1,00062	1,00053	0,012036	13	-11
950,46	950,6464	0,0649	0,0196	1,0883	0,00292	964,4443	1,3406	6,87191	0,005834	4,01998	1,00086	1,00074	0,016637	14	-10
978,4287	978,6745	0,0639	0,0159	1,0715	0,00363	994,7149	1,33838	6,91056	0,007269	4,20418	1,00116	1,00101	0,022472	15	-9
1011,001	1011,323	0,063	0,0126	1,0566	0,00446	1029,853	1,33592	6,95375	0,008914	4,40749	1,00153	1,00134	0,02974	16	-8
1048,704	1049,122	0,0622	0,0096	1,0433	0,00539	1070,368	1,33325	7,00144	0,010776	4,63213	1,00199	1,00176	0,038654	17	-7
1092,032	1092,569	0,0615	0,0071	1,0319	0,00643	1116,73	1,33039	7,05343	0,012854	4,8801	1,00254	1,00226	0,04943	18	-6
1141,428	1142,11	0,0609	0,0049	1,0221	0,00757	1169,345	1,32737	7,10932	0,015145	5,15303	1,0032	1,00287	0,062285	19	-5
1197,261	1198,117	0,0605	0,0031	1,0142	0,00882	1228,537	1,32423	7,16853	0,017634	5,45208	1,00398	1,00359	0,077429	20	-4
1259,813	1260,872	0,0601	0,0018	1,008	0,01015	1294,53	1,32101	7,23032	0,020301	5,77777	1,00489	1,00444	0,095063	21	-3
1329,248	1330,542	0,0598	0,0008	1,0035	0,01156	1367,426	1,31777	7,29388	0,023118	6,12988	1,00593	1,00541	0,115364	22	-2
1405,603	1407,161	0,0597	0,0002	1,0009	0,01302	1447,183	1,31455	7,3583	0,026045	6,5073	1,00712	1,00653	0,138482	23	-1
1488,763	1490,611	0,0596	0	1	0,01452	1533,604	1,3114	7,42269	0,029033	6,90798	1,00846	1,00779	0,164527	24	0
1578,445	1580,608	0,0597	0,0002	1,0009	0,01601	1626,317	1,30835	7,48621	0,032024	7,32885	1,00995	1,00921	0,19356	25	1
1674,189	1676,683	0,0598	0,0008	1,0035	0,01747	1724,766	1,30543	7,54805	0,034949	7,7658	1,0116	1,01078	0,225584	26	2
1775,343	1778,182	0,0601	0,0018	1,008	0,01887	1828,205	1,30268	7,60755	0,037734	8,21369	1,0134	1,0125	0,260533	27	3
1881,067	1884,258	0,0605	0,0031	1,0142	0,02015	1935,701	1,30011	7,66413	0,040296	8,66646	1,01534	1,01437	0,298267	28	4
1990,335	1993,876	0,0609	0,0049	1,0221	0,02128	2046,141	1,29774	7,71734	0,04255	9,11719	1,01741	1,01638	0,338563	29	5
2101,947	2105,833	0,0615	0,0071	1,0319	0,02221	2158,253	1,29556	7,76684	0,044415	9,55838	1,0196	1,01851	0,381113	30	6
2214,559	2218,775	0,0622	0,0096	1,0433	0,02291	2270,633	1,29358	7,8124	0,04581	9,98207	1,02188	1,02074	0,425528	31	7
2326,707	2331,237	0,063	0,0126	1,0566	0,02333	2381,784	1,29181	7,85389	0,046668	10,3802	1,02424	1,02306	0,471338	32	8
2436,861	2441,681	0,0639	0,0159	1,0715	0,02347	2490,165	1,29022	7,89125	0,046933	10,745	1,02664	1,02544	0,518006	33	9
2543,469	2548,553	0,0649	0,0196	1,0883	0,02329	2594,241	1,28883	7,92452	0,046571	11,069	1,02905	1,02785	0,564939	34	10
2645,014	2650,334	0,066	0,0237	1,1067	0,02278	2692,547	1,28761	7,95377	0,045569	11,3457	1,03145	1,03025	0,61151	35	11
2740,08	2745,605	0,0672	0,0282	1,1269	0,02197	2783,742	1,28657	7,97914	0,043941	11,5698	1,03379	1,03262	0,657079	36	12
2827,403	2833,103	0,0685	0,0331	1,1487	0,02086	2866,668	1,28568	8,00081	0,041728	11,7373	1,03605	1,03492	0,701021	37	13
2905,932	2911,776	0,0699	0,0383	1,1723	0,0195	2940,401	1,28494	8,019	0,038996	11,8458	1,0382	1,03712	0,742749	38	14
2974,869	2980,827	0,0714	0,0439	1,1976	0,01792	3004,285	1,28434	8,03393	0,035837	11,8947	1,0402	1,0392	0,781745	39	15
3033,702	3039,744	0,073	0,0499	1,2245	0,01618	3057,961	1,28385	8,04588	0,032359	11,885	1,04205	1,04112	0,817582	40	16
3082,221	3088,322	0,0747	0,0562	1,2531	0,01434	3101,369	1,28348	8,05511	0,028686	11,8193	1,04371	1,04288	0,849941	41	17
3120,517	3126,653	0,0765	0,063	1,2833	0,01247	3134,741	1,28321	8,06191	0,024942	11,7016	1,04519	1,04445	0,878627	42	18
3148,965	3155,112	0,0784	0,07	1,3152	0,01063	3158,574	1,28302	8,06655	0,021253	11,5371	1,04647	1,04583	0,903569	43	19
3168,183	3174,323	0,0804	0,0775	1,3487	0,00886	3173,587	1,28291	8,06932	0,01773	11,332	1,04756	1,04701	0,924823	44	20
3178,99	3185,105	0,0825	0,0853	1,3838	0,00723	3180,666	1,28287	8,07049	0,014465	11,0927	1,04847	1,04802	0,942552	45	21

Продолжение таблицы А8

3182,342	3188,418	0,0847	0,0934	1,4205	0,00577	3180,81	1,28287	8,0703	0,011531	10,8261	1,04922	1,04884	0,957017	46	22
3179,277	3185,302	0,087	0,1019	1,4587	0,00449	3175,063	1,28293	8,06899	0,00897	10,5387	1,04981	1,04951	0,968548	47	23
3170,849	3176,813	0,0893	0,1108	1,4985	0,0034	3164,465	1,28301	8,06677	0,006803	10,2366	1,05027	1,05004	0,977518	48	24
3158,08	3163,975	0,0918	0,12	1,5398	0,00251	3149,996	1,28313	8,06382	0,005024	9,92554	1,05062	1,05045	0,984321	49	25
3141,912	3147,732	0,0944	0,1295	1,5826	0,0018	3132,547	1,28327	8,06031	0,003608	9,61016	1,05088	1,05075	0,989345	50	26
3123,181	3128,921	0,097	0,1393	1,627	0,00126	3112,888	1,28343	8,05636	0,002517	9,29452	1,05106	1,05097	0,992954	51	27
3102,596	3108,254	0,0997	0,1495	1,6727	0,00085	3091,667	1,2836	8,05209	0,001704	8,98179	1,05119	1,05113	0,995471	52	28
3080,738	3086,312	0,1026	0,16	1,72	0,00056	3069,402	1,28379	8,04758	0,001117	8,67443	1,05128	1,05124	0,997175	53	29
3058,065	3063,554	0,1055	0,1708	1,7686	0,00035	3046,495	1,28397	8,0429	0,000709	8,37423	1,05134	1,05131	0,998292	54	30
3034,924	3040,327	0,1084	0,1819	1,8186	0,00022	3023,247	1,28417	8,03811	0,000434	8,08244	1,05138	1,05136	0,999	55	31

Таблица А9 - Результаты теплового расчета двигателя прототипа без наддува при  $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$

Средняя на участке температура, К	k1-2	K1-2	DX1-2	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	$m_{1-2}$	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ	Температура предпологаемая, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$y(f1)$	Доля выделившегося на участке тепла
663,757			5,26E-08	0,93945	1	1	0	0	-40	660,512	660,512	0,1928	0,295	2,2539	2,6E-08
670,301	1,37455	6,33968	1,06E-06	0,97375	1	1	5,26E-08	1	-39	667,002	667,002	0,1878	0,2814	2,1958	5,3E-07
676,961	1,37343	6,355811	5,5E-06	1,00956	1	1	1,11E-06	2	-38	673,599	673,6	0,1829	0,268	2,1389	2,8E-06
683,766	1,3723	6,372009	1,68E-05	1,04697	1	1	6,61E-06	3	-37	680,323	680,326	0,1782	0,2548	2,0831	8,4E-06
690,759	1,37117	6,388336	3,91E-05	1,08608	1	1,000001	2,34E-05	4	-36	687,209	687,215	0,1735	0,242	2,0284	2E-05
697,999	1,37004	6,404884	7,7E-05	1,12703	1	1,000002	6,26E-05	5	-35	694,309	694,318	0,1689	0,2294	1,9749	3,8E-05
705,561	1,36888	6,421776	0,000135	1,17001	1,00001	1,000005	0,00014	6	-34	701,688	701,703	0,1644	0,2171	1,9226	6,8E-05
713,54	1,3677	6,439168	0,00022	1,21522	1,00001	1,000011	0,000275	7	-33	709,433	709,454	0,1601	0,2051	1,8715	0,00011
722,05	1,36649	6,457245	0,000336	1,26294	1,00003	1,00002	0,000495	8	-32	717,647	717,676	0,1558	0,1933	1,8217	0,00017
731,221	1,36522	6,476222	0,00049	1,31348	1,00004	1,000034	0,000831	9	-31	726,452	726,49	0,1517	0,1819	1,7732	0,00024
741,208	1,36388	6,496335	0,000687	1,36721	1,00007	1,000055	0,00132	10	-30	735,991	736,041	0,1476	0,1708	1,7259	0,00034
752,18	1,36246	6,517842	0,000935	1,42458	1,0001	1,000085	0,002007	11	-29	746,425	746,489	0,1437	0,16	1,68	0,00047
764,328	1,36094	6,541014	0,00124	1,48609	1,00015	1,000127	0,002942	12	-28	757,935	758,017	0,1399	0,1495	1,6354	0,00062
777,859	1,35932	6,566123	0,001607	1,55232	1,00021	1,000182	0,004182	13	-27	770,72	770,824	0,1362	0,1393	1,5921	0,0008
793	1,35756	6,593439	0,002045	1,62393	1,0003	1,000255	0,005789	14	-26	784,998	785,128	0,1326	0,1295	1,5503	0,00102
809,988	1,35567	6,623213	0,002559	1,70164	1,0004	1,000349	0,007835	15	-25	801,001	801,162	0,1291	0,12	1,5098	0,00128

Продолжение таблицы А9

829,074	1,35363	6,655665	0,003156	1,78627	1,00053	1,000466	0,010394	16	-24	818,974	819,174	0,1258	0,1108	1,4708	0,00158
850,518	1,35143	6,690975	0,003841	1,87869	1,00069	1,000613	0,01355	17	-23	839,173	839,419	0,1226	0,1019	1,4332	0,00192
874,586	1,34908	6,729264	0,004619	1,97983	1,00089	1,000792	0,017391	18	-22	861,863	862,164	0,1195	0,0934	1,3971	0,00231
901,544	1,34659	6,770588	0,005495	2,09069	1,00113	1,001008	0,02201	19	-21	887,309	887,675	0,1165	0,0853	1,3625	0,00275
931,654	1,34394	6,814925	0,006473	2,21229	1,00141	1,001267	0,027505	20	-20	915,778	916,221	0,1137	0,0775	1,3293	0,00324
965,173	1,34117	6,862173	0,007556	2,34569	1,00174	1,001573	0,033978	21	-19	947,531	948,062	0,111	0,07	1,2977	0,00378
1002,34	1,33829	6,912145	0,008743	2,49193	1,00213	1,001932	0,041534	22	-18	982,816	983,449	0,1084	0,063	1,2676	0,00437
1043,38	1,33531	6,964575	0,010036	2,652	1,00257	1,002349	0,050277	23	-17	1021,87	1022,61	0,106	0,0562	1,239	0,00502
1088,49	1,33227	7,019125	0,011432	2,82686	1,00309	1,002829	0,060313	24	-16	1064,9	1065,77	0,1037	0,0499	1,212	0,00572
1137,83	1,3292	7,075395	0,012926	3,01734	1,00367	1,003378	0,071745	25	-15	1112,08	1113,1	0,1015	0,0439	1,1866	0,00646
1191,54	1,32611	7,132941	0,014512	3,22413	1,00433	1,004001	0,084671	26	-14	1163,58	1164,75	0,0994	0,0383	1,1627	0,00726
1249,7	1,32303	7,191286	0,016181	3,44774	1,00507	1,004703	0,099183	27	-13	1219,5	1220,83	0,0975	0,0331	1,1405	0,00809
1312,34	1,32	7,249945	0,017921	3,68843	1,0059	1,005489	0,115364	28	-12	1279,9	1281,4	0,0958	0,0282	1,1198	0,00896
1379,44	1,31704	7,308436	0,019716	3,94618	1,00682	1,006361	0,133285	29	-11	1344,78	1346,47	0,0941	0,0237	1,1008	0,00986
1450,92	1,31415	7,366296	0,02155	4,22065	1,00783	1,007324	0,153001	30	-10	1414,1	1415,98	0,0927	0,0196	1,0834	0,01078
1526,63	1,31138	7,423094	0,023401	4,51111	1,00893	1,00838	0,174551	31	-9	1487,74	1489,81	0,0913	0,0159	1,0676	0,0117
1606,34	1,30872	7,478441	0,025246	4,81642	1,01013	1,009529	0,197953	32	-8	1565,52	1567,78	0,0901	0,0126	1,0534	0,01262
1689,76	1,30619	7,531996	0,027058	5,13502	1,01142	1,010774	0,223198	33	-7	1647,17	1649,63	0,089	0,0096	1,0409	0,01353
1776,51	1,30379	7,58347	0,028808	5,46488	1,0128	1,012112	0,250256	34	-6	1732,36	1735,01	0,0881	0,0071	1,0301	0,0144
1866,14	1,30154	7,632623	0,030466	5,8035	1,01428	1,013541	0,279064	35	-5	1820,67	1823,51	0,0873	0,0049	1,0209	0,01523
1958,13	1,29943	7,67927	0,032001	6,14793	1,01584	1,015058	0,309531	36	-4	1911,62	1914,65	0,0867	0,0031	1,0134	0,016
2051,86	1,29747	7,723271	0,033379	6,49483	1,01747	1,016656	0,341531	37	-3	2004,63	2007,84	0,0862	0,0018	1,0075	0,01669
2146,68	1,29566	7,764531	0,034569	6,84049	1,01918	1,018328	0,37491	38	-2	2099,09	2102,46	0,0858	0,0008	1,0033	0,01728
2241,87	1,29399	7,802995	0,035541	7,1809	1,02095	1,020066	0,409479	39	-1	2194,28	2197,81	0,0856	0,0002	1,0008	0,01777
2336,67	1,29246	7,838642	0,036266	7,51185	1,02277	1,02186	0,44502	40	0	2289,47	2293,15	0,0855	0	1	0,01813
2430,29	1,29106	7,871482	0,03672	7,82906	1,02462	1,023697	0,481286	41	1	2383,88	2387,69	0,0856	0,0002	1,0008	0,01836
2521,91	1,28979	7,901548	0,036885	8,12827	1,0265	1,025564	0,518006	42	2	2476,7	2480,64	0,0858	0,0008	1,0033	0,01844
2610,74	1,28865	7,928898	0,036746	8,40536	1,02839	1,027447	0,554891	43	3	2567,12	2571,17	0,0862	0,0018	1,0075	0,01837
2696	1,28762	7,953605	0,036296	8,65651	1,03027	1,029331	0,591636	44	4	2654,36	2658,51	0,0867	0,0031	1,0134	0,01815
2776,95	1,28671	7,975757	0,035538	8,87831	1,03213	1,031199	0,627933	45	5	2737,64	2741,88	0,0873	0,0049	1,0209	0,01777
2852,92	1,2859	7,995455	0,034478	9,06785	1,03395	1,033037	0,66347	46	6	2816,26	2820,58	0,0881	0,0071	1,0301	0,01724
2923,31	1,28519	8,012811	0,033135	9,22282	1,03571	1,034828	0,697949	47	7	2889,58	2893,97	0,089	0,0096	1,0409	0,01657
2987,62	1,28458	8,027941	0,031534	9,34163	1,03741	1,036558	0,731084	48	8	2957,05	2961,48	0,0901	0,0126	1,0534	0,01577

Продолжение таблицы А9

3045,46	1,28405	8,040971	0,029705	9,42336	1,03902	1,038212	0,762617	49	9	3018,2	3022,68	0,0913	0,0159	1,0676	0,01485
3096,53	1,28361	8,052029	0,027689	9,46789	1,04054	1,039779	0,792323	50	10	3072,71	3077,22	0,0927	0,0196	1,0834	0,01384
3140,69	1,28324	8,061248	0,025529	9,47576	1,04196	1,041247	0,820012	51	11	3120,35	3124,88	0,0941	0,0237	1,1008	0,01276
3177,89	1,28293	8,068762	0,023271	9,44826	1,04326	1,042609	0,84554	52	12	3161,02	3165,57	0,0958	0,0282	1,1198	0,01164
3208,23	1,2827	8,074706	0,020964	9,38723	1,04445	1,043857	0,868811	53	13	3194,76	3199,31	0,0975	0,0331	1,1405	0,01048
3231,89	1,28252	8,079213	0,018656	9,29509	1,04552	1,044989	0,889775	54	14	3221,69	3226,24	0,0994	0,0383	1,1627	0,00933
3249,18	1,28239	8,082416	0,016392	9,17466	1,04648	1,046002	0,90843	55	15	3242,09	3246,63	0,1015	0,0439	1,1866	0,0082
3260,49	1,28231	8,084443	0,014215	9,02907	1,04732	1,046899	0,924823	56	16	3256,28	3260,8	0,1037	0,0499	1,212	0,00711
3266,27	1,28227	8,085419	0,01216	8,86164	1,04805	1,047682	0,939038	57	17	3264,7	3269,2	0,106	0,0562	1,239	0,00608
3267,02	1,28227	8,085464	0,010256	8,67578	1,04867	1,048356	0,951198	58	18	3267,83	3272,31	0,1084	0,063	1,2676	0,00513
3263,29	1,2823	8,08469	0,008524	8,47485	1,04919	1,04893	0,961454	59	19	3266,2	3270,65	0,111	0,07	1,2977	0,00426
3255,62	1,28236	8,083205	0,006977	8,26211	1,04963	1,04941	0,969977	60	20	3260,37	3264,77	0,1137	0,0775	1,3293	0,00349
3244,57	1,28244	8,081107	0,005622	8,04063	1,04999	1,049807	0,976954	61	21	3250,87	3255,24	0,1165	0,0853	1,3625	0,00281
3230,66	1,28255	8,078485	0,004456	7,8132	1,05027	1,050129	0,982576	62	22	3238,27	3242,59	0,1195	0,0934	1,3971	0,00223
3214,39	1,28267	8,075422	0,003473	7,58234	1,0505	1,050387	0,987032	63	23	3223,06	3227,34	0,1226	0,1019	1,4332	0,00174
3196,21	1,28281	8,071991	0,00266	7,35025	1,05068	1,05059	0,990506	64	24	3205,73	3209,96	0,1258	0,1108	1,4708	0,00133
3176,53	1,28296	8,068254	0,002001	7,11879	1,05081	1,050747	0,993166	65	25	3186,7	3190,89	0,1291	0,12	1,5098	0,001
3155,7	1,28311	8,064268	0,001477	6,88955	1,05092	1,050866	0,995167	66	26	3166,36	3170,5	0,1326	0,1295	1,5503	0,00074
3134,02	1,28328	8,060081	0,001069	6,66379	1,05099	1,050955	0,996644	67	27	3145,04	3149,13	0,1362	0,1393	1,5921	0,00053
3111,74	1,28346	8,055731	0,000759	6,44252	1,05105	1,05102	0,997714	68	28	3123	3127,04	0,1399	0,1495	1,6354	0,00038
3089,07	1,28364	8,051252	0,000528	6,22651	1,05109	1,051067	0,998473	69	29	3100,48	3104,47	0,1437	0,16	1,68	0,00026
3034,52	1,28382	8,046672	0,000359	6,01633	1,05111	1,0511	0,999	70	30	3077,67	3081,61	0,1476	0,1708	1,7259	0,00018

Таблица А10 - Результаты теплового расчета двигателя прототипа без наддува при  $n = 5600 \text{ мин}^{-1}$ 

Температура предпологаемая/, К	Температура действительная	Удельный объем	s	$\gamma(f1)$	Доля выделенного на участке тепла	Средняя температура, К	k1-2	K1-2	$\Delta X1-2$	Давление	Коэффициент молекулярного изменения смеси	$m_{1-2}$	Характеристика тепловыделения	Угол ПКВ от начала горения	Текущий угол ПКВ
630,54	630,54	0,226	0,36705	2,5599	1,44E-07	591,18			2,88E-07	0,764991	1	1	0	0	-45
551,82	636,70	0,2204	0,3522	2,4968	2,16E-06	554,75	1,389	6,14	4,32E-06	0,791988	1	1	2,88E-07	1	-44
557,67	643,16	0,2149	0,33757	2,4347	9,35E-06	560,69	1,397	6,03	1,87E-05	0,820442	1	1	4,6E-06	2	-43
563,70	649,80	0,2095	0,32318	2,3735	2,52E-05	566,84	1,396	6,05	5,03E-05	0,850271	1,000001	1,000001	2,33E-05	3	-42
569,97	656,67	0,2042	0,30903	2,3134	5,31E-05	573,26	1,394	6,07	0,000106	0,881615	1,000004	1,000002	7,37E-05	4	-41
576,55	663,86	0,199	0,29511	2,2542	9,65E-05	580,05	1,393	6,09	0,000193	0,914644	1,000009	1,000006	0,00018	5	-40

Продолжение таблицы А10

583,54	671,45	0,1939	0,28146	2,1962	0,000159	587,29	1,391	6,11	0,000318	0,949563	1,000019	1,000014	0,000373	6	-39
591,03	679,55	0,1889	0,26805	2,1392	0,000244	595,10	1,390	6,13	0,000487	0,986617	1,000035	1,000027	0,000691	7	-38
599,16	688,28	0,1839	0,25492	2,0834	0,000354	603,60	1,388	6,16	0,000708	1,026089	1,000006	1,000048	0,001178	8	-37
608,05	697,76	0,1791	0,24205	2,0287	0,000494	612,95	1,386	6,18	0,000987	1,068308	1,000097	1,000078	0,001886	9	-36
617,85	708,16	0,1744	0,22946	1,9752	0,000665	623,29	1,384	6,21	0,001331	1,113647	1,000147	1,000122	0,002873	10	-35
628,72	719,62	0,1698	0,21715	1,9229	0,000872	634,78	1,382	6,24	0,001745	1,162527	1,000215	1,000181	0,004204	11	-34
640,83	732,31	0,1652	0,20512	1,8718	0,001118	647,60	1,380	6,27	0,002235	1,21542	1,000304	1,00026	0,005948	12	-33
654,36	746,42	0,1608	0,1934	1,8219	0,001404	661,93	1,377	6,30	0,002808	1,272845	1,000419	1,000362	0,008184	13	-32
669,49	762,11	0,1566	0,18197	1,7734	0,001734	677,95	1,375	6,34	0,003468	1,33537	1,000563	1,000491	0,010992	14	-31
686,41	779,58	0,1524	0,17085	1,7261	0,00211	695,85	1,372	6,38	0,004219	1,403611	1,00074	1,000651	0,01446	15	-30
705,30	799,00	0,1483	0,16004	1,6802	0,002532	715,82	1,369	6,42	0,005065	1,478224	1,000956	1,000848	0,018679	16	-29
726,34	820,57	0,1444	0,14954	1,6355	0,003004	738,03	1,366	6,46	0,006008	1,559903	1,001215	1,001086	0,023744	17	-28
749,72	844,45	0,1406	0,13936	1,5923	0,003525	762,65	1,363	6,51	0,007049	1,649371	1,001523	1,001369	0,029751	18	-27
775,59	870,82	0,1369	0,12951	1,5504	0,004095	789,85	1,359	6,56	0,00819	1,747372	1,001884	1,001703	0,036801	19	-26
804,12	899,82	0,1333	0,11999	1,51	0,004714	819,78	1,356	6,62	0,009427	1,854657	1,002303	1,002093	0,044991	20	-25
835,44	931,58	0,1299	0,11081	1,4709	0,00538	852,55	1,352	6,68	0,010759	1,971973	1,002785	1,002544	0,054418	21	-24
869,66	966,23	0,1265	0,10197	1,4334	0,00609	888,27	1,349	6,74	0,012181	2,100042	1,003336	1,003061	0,065177	22	-23
906,89	1003,86	0,1233	0,09346	1,3972	0,006842	927,03	1,345	6,80	0,013684	2,239544	1,003959	1,003648	0,077358	23	-22
947,18	1044,52	0,1203	0,08531	1,3626	0,00763	968,87	1,341	6,86	0,015261	2,391095	1,00466	1,00431	0,091042	24	-21
990,57	1088,26	0,1174	0,07751	1,3294	0,008449	1013,81	1,338	6,92	0,016899	2,55522	1,005441	1,00505	0,106303	25	-20
1037,06	1135,06	0,1146	0,07007	1,2978	0,009293	1061,84	1,334	6,98	0,018585	2,732328	1,006306	1,005873	0,123202	26	-19
1086,61	1184,89	0,1119	0,06298	1,2677	0,010152	1112,88	1,331	7,05	0,020303	2,922679	1,007257	1,006781	0,141787	27	-18
1139,15	1237,68	0,1094	0,05626	1,2391	0,011017	1166,85	1,327	7,11	0,022035	3,126358	1,008296	1,007776	0,16209	28	-17
1194,55	1293,29	0,107	0,0499	1,2121	0,01188	1223,60	1,324	7,17	0,023759	3,343238	1,009424	1,00886	0,184125	29	-16
1252,65	1351,57	0,1048	0,04392	1,1866	0,012727	1282,95	1,321	7,23	0,025454	3,57295	1,01064	1,010032	0,207884	30	-15
1313,24	1412,30	0,1027	0,0383	1,1628	0,013547	1344,65	1,318	7,28	0,027094	3,814855	1,011943	1,011291	0,233338	31	-14
1376,05	1475,22	0,1007	0,03306	1,1405	0,014327	1408,42	1,315	7,34	0,028655	4,068019	1,013329	1,012636	0,260432	32	-13
1440,79	1540,03	0,0989	0,0282	1,1198	0,015055	1473,94	1,313	7,39	0,03011	4,331189	1,014796	1,014063	0,289087	33	-12
1507,09	1606,38	0,0972	0,02372	1,1008	0,015716	1540,83	1,310	7,44	0,031432	4,602785	1,016337	1,015567	0,319197	34	-11
1574,58	1673,89	0,0956	0,01962	1,0834	0,016297	1608,69	1,308	7,49	0,032595	4,880895	1,017946	1,017141	0,350628	35	-10
1642,80	1742,12	0,0942	0,0159	1,0676	0,016787	1677,06	1,306	7,54	0,033575	5,163283	1,019614	1,01878	0,383223	36	-9
1711,31	1810,62	0,093	0,01257	1,0534	0,017174	1745,46	1,304	7,58	0,034348	5,447413	1,021332	1,020473	0,416798	37	-8
1779,61	1878,90	0,0919	0,00963	1,0409	0,017447	1813,41	1,302	7,62	0,034894	5,730482	1,02309	1,022211	0,451145	38	-7

Продолжение таблицы А10

1847,20	1946,48	0,0909	0,00708	1,0301	0,017598	1880,38	1,301	7,65	0,035196	6,009474	1,024876	1,023983	0,486039	39	-6
1913,55	2012,82	0,0901	0,00492	1,0209	0,017622	1945,85	1,299	7,69	0,035243	6,28122	1,026678	1,025777	0,521235	40	-5
1978,15	2077,45	0,0895	0,00315	1,0134	0,017513	2009,33	1,298	7,72	0,035027	6,542475	1,028482	1,02758	0,556479	41	-4
2040,51	2139,84	0,0889	0,00177	1,0075	0,017273	2070,32	1,296	7,75	0,034545	6,790004	1,030274	1,029378	0,591505	42	-3
2100,12	2199,55	0,0886	0,00079	1,0033	0,016901	2128,34	1,295	7,77	0,033802	7,020673	1,032042	1,031158	0,626051	43	-2
2156,56	2256,11	0,0884	0,0002	1,0008	0,016404	2182,99	1,294	7,79	0,032808	7,231541	1,033772	1,032907	0,659853	44	-1
2209,41	2309,15	0,0883	0	1	0,015789	2233,87	1,293	7,81	0,031579	7,419952	1,035452	1,034612	0,692661	45	0
2258,33	2358,30	0,0884	0,0002	1,0008	0,015068	2280,67	1,293	7,83	0,030135	7,583616	1,037068	1,03626	0,72424	46	1
2303,01	2403,28	0,0886	0,00079	1,0033	0,014252	2323,12	1,292	7,85	0,028504	7,72068	1,03861	1,037839	0,754375	47	2
2343,24	2443,88	0,0889	0,00177	1,0075	0,013359	2361,04	1,291	7,86	0,026717	7,829784	1,040069	1,03934	0,782879	48	3
2378,85	2479,92	0,0895	0,00315	1,0134	0,012404	2394,30	1,291	7,87	0,024808	7,910095	1,041437	1,040753	0,809597	49	4
2409,76	2511,32	0,0901	0,00492	1,0209	0,011407	2422,85	1,291	7,88	0,022814	7,961321	1,042706	1,042072	0,834405	50	5
2435,95	2538,08	0,0909	0,00708	1,0301	0,010386	2446,72	1,290	7,89	0,020771	7,983703	1,043874	1,04329	0,857218	51	6
2457,49	2560,23	0,0919	0,00963	1,0409	0,009359	2465,99	1,290	7,90	0,018718	7,977991	1,044937	1,044406	0,87799	52	7
2474,49	2577,89	0,093	0,01257	1,0534	0,008345	2480,81	1,290	7,90	0,016691	7,945393	1,045895	1,045416	0,896708	53	8
2487,13	2591,24	0,0942	0,0159	1,0676	0,007361	2491,38	1,290	7,91	0,014721	7,887517	1,046749	1,046322	0,913399	54	9
2495,63	2600,48	0,0956	0,01962	1,0834	0,006419	2497,95	1,290	7,91	0,012839	7,806299	1,047503	1,047126	0,92812	55	10
2500,27	2605,90	0,0972	0,02372	1,1008	0,005534	2500,81	1,289	7,91	0,011068	7,703922	1,04816	1,047831	0,940959	56	11
2501,35	2607,76	0,0989	0,0282	1,1198	0,004714	2500,27	1,289	7,91	0,009428	7,582737	1,048726	1,048443	0,952026	57	12
2499,18	2606,40	0,1007	0,03306	1,1405	0,003966	2496,64	1,290	7,91	0,007933	7,445184	1,049209	1,048968	0,961454	58	13
2494,10	2602,12	0,1027	0,0383	1,1628	0,003295	2490,28	1,290	7,91	0,006591	7,293718	1,049615	1,049412	0,969387	59	14
2486,45	2595,26	0,1048	0,04392	1,1866	0,002702	2481,50	1,290	7,90	0,005405	7,130746	1,049952	1,049784	0,975978	60	15
2476,552	2586,15	0,107	0,0499	1,2121	0,002186	2470,637	1,290	7,90	0,004373	6,958571	1,050229	1,050091	0,981382	61	16
2464,72	2575,08	0,1094	0,05626	1,2391	0,001745	2457,99	1,290	7,90	0,003489	6,779352	1,050453	1,050341	0,985755	62	17
2451,26	2562,35	0,1119	0,06298	1,2677	0,001373	2443,85	1,290	7,89	0,002745	6,595072	1,050631	1,050542	0,989245	63	18
2436,44	2548,24	0,1146	0,07007	1,2978	0,001064	2428,47	1,290	7,89	0,002128	6,407522	1,050772	1,050702	0,99199	64	19
2420,50	2532,97	0,1174	0,07751	1,3294	0,000813	2412,09	1,291	7,88	0,001625	6,218285	1,050881	1,050826	0,994118	65	20
2403,68	2516,77	0,1203	0,08531	1,3626	0,000611	2394,92	1,291	7,88	0,001222	6,028745	1,050964	1,050922	0,995743	66	21
2386,15	2499,84	0,1233	0,09346	1,3972	0,000452	2377,13	1,291	7,87	0,000905	5,840083	1,051027	1,050995	0,996966	67	22
2368,10	2482,33	0,1265	0,10197	1,4334	0,000329	2358,89	1,291	7,87	0,000659	5,6533	1,051073	1,05105	0,99787	68	23
2349,67	2464,39	0,1299	0,11081	1,4709	0,000236	2340,32	1,292	7,86	0,000472	5,469221	1,051107	1,05109	0,998529	69	24
2330,97	2446,13	0,1333	0,11999	1,51	0,000166	2321,53	1,292	7,85	0,000332	5,28852	1,051131	1,051119	0,999	70	25

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Таблица Б1 – Параметры динамического расчета

Крутящий момент 1-го цилиндра, Н*м	Крутящий момент 2-го цилиндра, Н*м	Крутящий момент 4-го цилиндра, Н*м	Крутящий момент 3-го цилиндра, Н*м	Индикаторное давление, МПа	Сила давления газов, Н	Pj2, Н	Сила инерции, Н	Суммарная сила, Н	Сумма-рные силы в КШМ, Н	Угол бета в, рад	Опрокидывающая сила, Н	Сила действующая вдоль оси шатуна, Н	Сила изгибающая шейку кривошипа, Н	Тангенциальная сила на оси кривошипа, Н
0	2E-14	-151,28	-1412,5	0,256868	-5162,72	-1514,68	-6677,4	1180,57	-5496,83	0	0	-5496,8	-5496,83	0
-42,7	-17,59	-134,57	-1494,1	0,246868	-5084,28	-1423,33	-6507,62	1134,61	-5373,01	0,051	-274,1	-5380	-5243,786	-1202,94
-76,34	-35,59	-131,5	-1206,6	0,236868	-4851,37	-1160,31	-6011,68	1088,65	-4923,03	0,1005	-496,5	-4948	-4456,321	-2150,34
-92,56	-53,9	-128,26	-909,9	0,234868	-4471,04	-757,341	-5228,38	1079,46	-4148,93	0,1472	-615,3	-4194,3	-3285,437	-2607,31
-88,39	-71,68	-124,86	-686,12	0,231868	-3954,87	-263,022	-4217,89	1065,67	-3152,22	0,1897	-605,3	-3209,8	-2025,646	-2489,92
-65,03	-88,71	-121,3	-533,27	0,228868	-3318,53	263,022	-3055,51	1051,88	-2003,63	0,2267	-462,1	-2056,2	-933,8913	-1831,92
-27,83	-91,88	-117,58	-430,45	0,225868	-2581,36	757,341	-1824,02	1038,09	-785,926	0,2569	-206,5	-812,59	-214,1589	-783,864
15,432	-95,79	-113,7	-360,41	0,222868	-1765,75	1160,31	-605,44	1024,3	418,864	0,2793	120,13	435,751	30,370424	434,692
56,776	-100,8	-109,66	-311,66	0,220868	-896,496	1423,33	526,838	1015,11	1541,95	0,2931	465,37	1610,64	-190,5386	1599,33
89,808	-107,3	-105,47	-276,97	0,220868	-3,2E-13	1514,68	1514,68	1015,11	2529,79	0,2978	776,38	2646,25	-776,3777	2529,79
87,135	-116,2	-101,13	-251,76	0,068025	896,4962	1423,33	2319,83	312,641	2632,47	0,2931	794,49	2749,75	-1239,542	2454,52
96,762	-128,9	-96,646	-233,12	0,068025	1765,753	1160,31	2926,07	312,641	3238,71	0,2793	928,89	3369,28	-1980,578	2725,69
95,23	-147,7	-92,02	-219,16	0,068025	2581,358	757,341	3338,7	312,641	3651,34	0,2569	959,22	3775,23	-2656,377	2682,54
85,405	-176,5	-87,256	-208,63	0,068025	3318,53	263,022	3581,55	312,641	3894,19	0,2267	898,19	3996,43	-3191,194	2405,78
70,547	-221,9	-82,361	-200,69	0,069025	3954,87	-263,022	3691,85	317,237	4009,08	0,1897	769,87	4082,34	-3566,002	1987,23
53,232	-308,1	-77,339	-185,52	0,070025	4471,043	-757,341	3713,7	321,833	4035,54	0,1472	598,46	4079,67	-3794,108	1499,48
35,263	-513	-73,875	-169,91	0,071025	4851,366	-1160,31	3691,05	326,429	4017,48	0,1005	405,18	4037,86	-3913,777	993,317
17,509	-936,9	-70,306	-167,59	0,073025	5084,283	-1423,33	3660,95	335,621	3996,57	0,051	203,88	4001,77	-3971,254	493,219
2E-14	-1413	-66,635	-151,28	0,075025	5162,716	-1514,68	3648,03	344,813	3992,85	4E-17	1E-13	3992,85	-3992,848	4,9E-13
-17,59	-1494	-42,704	-134,57	0,077025	5084,283	-1423,33	3660,95	354,005	4014,95	-0,051	-204,8	4020,17	-3989,522	-495,488
-35,59	-1207	-76,337	-131,5	0,079025	4851,366	-1160,31	3691,05	363,197	4054,25	-0,101	-408,9	4074,82	-3949,596	-1002,41
-53,9	-909,9	-92,56	-128,26	0,081025	4471,043	-757,341	3713,7	372,389	4086,09	-0,147	-606	4130,78	-3841,64	-1518,27
-71,68	-686,1	-88,392	-124,86	0,083025	3954,87	-263,022	3691,85	381,581	4073,43	-0,19	-782,2	4147,86	-3623,235	-2019,13
-88,71	-533,3	-65,033	-121,3	0,100793	3318,53	263,022	3581,55	463,245	4044,8	-0,227	-932,9	4150,99	-3314,61	-2498,82
-91,88	-430,4	-27,827	-117,58	0,118792	3249,002	314,92	3563,92	545,967	4109,89	-0,23	-962,4	4221,07	-3334,384	-2588,31
-95,79	-360,4	15,4315	-113,7	0,143591	3178,485	366,435	3544,92	659,945	4204,87	-0,233	-999,2	4321,96	-3376,16	-2698,31
-100,8	-311,7	56,7764	-109,66	0,177927	3107	417,503	3524,5	817,753	4342,26	-0,237	-1047	4466,6	-3449,063	-2838,04
-107,3	-277	89,8076	-105,47	0,226071	3034,568	468,062	3502,63	1039,02	4541,65	-0,24	-1110	4675,26	-3567,284	-3022,01
-116,2	-251,8	87,1354	-101,13	0,294851	2961,212	518,051	3479,26	1355,13	4834,4	-0,243	-1197	4980,37	-3753,364	-3273,58

Продолжение таблицы Б1

-128,9	-233,1	96,7619	-96,646	0,395462	2886,954	567,41	3454,36	1817,54	5271,91	-0,246	-1322	5435,13	-4043,989	-3631,36
-147,7	-219,2	95,2303	-92,02	0,546657	2811,817	616,076	3427,89	2512,43	5940,33	-0,249	-1508	6128,75	-4500,064	-4160,65
-176,5	-208,6	85,4051	-87,256	0,78007	2735,823	663,993	3399,82	3585,2	6985,02	-0,251	-1794	7211,81	-5223,192	-4972,77
-221,9	-200,7	70,5468	-82,361	1,147259	2658,995	711,1	3370,1	5272,8	8642,9	-0,254	-2246	8929,89	-6376,375	-6251,78
-308,1	-185,5	53,2316	-77,339	1,843951	2581,358	757,341	3338,7	8474,8	11813,5	-0,257	-3103	12214,3	-8594,408	-8679,07
-513	-169,9	35,2627	-73,875	3,496204	2502,934	802,659	3305,59	16068,6	19374,1	-0,26	-5144	20045,3	-13891,55	-14451,3
-936,9	-167,6	17,5093	-70,306	6,873201	2423,748	846,999	3270,75	31589,2	34860	-0,262	-9350	36092	-24620,89	-26390,2
-1413	-151,3	1,7E-14	-66,635	10,56827	2343,824	890,307	3234,13	48571,8	51805,9	-0,264	-14031	53672,2	-36020,66	-39789,7
-1494	-134,6	-17,59	-42,704	11,0604	2263,186	932,531	3195,72	50833,6	54029,3	-0,267	-14770	56011,8	-36960,14	-42086,4
-1207	-131,5	-35,585	-76,337	8,677564	2181,858	973,618	3155,48	39882,1	43037,6	-0,269	-11871	44644,7	-28947,28	-33988,4
-909,9	-128,3	-53,899	-92,56	6,290207	2099,866	1013,52	3113,39	28909,8	32023,2	-0,271	-8909	33239,3	-21163,71	-25631
-686,1	-124,9	-71,679	-88,392	4,517963	2017,234	1052,19	3069,42	20764,6	23834	-0,273	-6685	24753,8	-15466,38	-19327,2
-533,3	-121,3	-88,708	-65,033	3,321782	1933,987	1089,57	3023,56	15266,9	18290,5	-0,275	-5170	19007,2	-11645,68	-15021,7
-430,4	-117,6	-91,885	-27,827	2,525319	1850,152	1125,63	2975,78	11606,4	14582,1	-0,277	-4153	15162	-9102,83	-12125,3
-360,4	-113,7	-95,79	15,432	1,988054	1765,753	1160,31	2926,07	9137,09	12063,2	-0,279	-3460	12549,5	-7377,028	-10152,3
-311,7	-109,7	-100,75	56,776	1,617874	1680,816	1193,59	2874,4	7435,75	10310,1	-0,281	-2977	10731,3	-6171,382	-8779,25
-277	-105,5	-107,28	89,808	1,357233	1595,367	1225,4	2820,77	6237,84	9058,61	-0,283	-2632	9433,28	-5302,596	-7801,87
-251,8	-101,1	-116,21	87,135	1,170222	1509,432	1255,73	2765,16	5378,34	8143,5	-0,284	-2380	8484,28	-4657,339	-7091,7
-233,1	-96,65	-128,91	96,762	1,034078	1423,037	1284,52	2707,56	4752,62	7460,18	-0,286	-2193	7775,82	-4164,315	-6566,73
-219,2	-92,02	-147,7	95,23	0,934077	1336,209	1311,75	2647,96	4293,02	6940,98	-0,287	-2051	7237,69	-3777,668	-6173,61
-208,6	-87,26	-176,53	85,405	0,860506	1248,974	1337,38	2586,36	3954,88	6541,24	-0,289	-1942	6823,57	-3467,259	-5877,01
-200,7	-82,36	-221,94	70,547	0,806868	1161,358	1361,39	2522,74	3708,37	6231,11	-0,29	-1859	6502,47	-3212,907	-5653,26
-185,5	-77,34	-308,11	53,232	0,706868	1073,389	1383,73	2457,12	3248,77	5705,89	-0,291	-1709	5956,43	-2858,326	-5225,8
-169,9	-73,88	-513,02	35,263	0,606868	985,0927	1404,39	2389,48	2789,17	5178,65	-0,292	-1557	5407,77	-2516,946	-4786,33
-167,6	-70,31	-936,85	17,509	0,596868	896,4962	1423,33	2319,83	2743,21	5063,04	-0,293	-1528	5288,6	-2384,014	-4720,78
-151,3	-66,64	-1412,5	2E-14	0,496868	807,6267	1440,55	2248,17	2283,61	4531,78	-0,294	-1372	4734,94	-2064,107	-4261,35
-134,6	-42,7	-1494,1	-17,59	0,396868	718,5112	1456	2174,52	1824,01	3998,52	-0,295	-1214	4178,78	-1758,745	-3790,64
-131,5	-76,34	-1206,6	-35,585	0,386868	629,1768	1469,69	2098,87	1778,05	3876,91	-0,295	-1180	4052,54	-1643,787	-3704,2
-128,3	-92,56	-909,9	-53,899	0,376868	539,6508	1481,58	2021,23	1732,09	3753,32	-0,296	-1145	3924,08	-1531,028	-3613,08
-124,9	-88,39	-686,12	-71,679	0,366868	449,9604	1491,67	1941,63	1686,13	3627,76	-0,297	-1109	3793,4	-1420,664	-3517,32
-121,3	-65,03	-533,27	-88,708	0,356868	360,1329	1499,94	1860,07	1640,17	3500,24	-0,297	-1071	3660,53	-1312,895	-3416,98
-117,6	-27,83	-430,45	-91,885	0,346868	270,1957	1506,38	1776,58	1594,21	3370,79	-0,297	-1033	3525,5	-1207,92	-3312,11
-113,7	15,432	-360,41	-95,79	0,336868	180,1762	1510,99	1691,17	1548,25	3239,42	-0,298	-993,5	3388,34	-1105,943	-3202,77
-109,7	56,776	-311,66	-100,75	0,326868	90,10182	1513,76	1603,86	1502,29	3106,15	-0,298	-953,1	3249,08	-1007,163	-3089,04
-105,5	89,808	-276,97	-107,28	0,316868	9,49E-13	1514,68	1514,68	1456,33	2971,01	-0,298	-911,8	3107,77	-911,7842	-2971,01
-101,1	87,135	-251,76	-116,21	0,306868	-90,1018	1513,76	1423,66	1410,37	2834,02	-0,298	-869,6	2964,44	-820,0065	-2848,77

Продолжение таблицы Б1

-96,65	96,762	-233,12	-128,91	0,296868	-180,176	1510,99	1330,82	1364,41	2695,22	-0,298	-826,6	2819,13	-732,0304	-2722,43
-92,02	95,23	-219,16	-147,7	0,286868	-270,196	1506,38	1236,19	1318,45	2554,64	-0,297	-782,8	2671,89	-648,0542	-2592,1
-87,26	85,405	-208,63	-176,53	0,276868	-360,133	1499,94	1139,81	1272,49	2412,3	-0,297	-738,3	2522,76	-568,2741	-2457,92
-82,36	70,547	-200,69	-221,94	0,266868	-449,96	1491,67	1041,71	1226,53	2268,24	-0,297	-693,2	2371,8	-492,8833	-2320,02
-77,34	53,232	-185,52	-308,11	0,256868	-539,651	1481,58	941,931	1180,57	2122,5	-0,296	-647,5	2219,06	-422,0718	-2178,55
-73,88	35,263	-169,91	-513,02	0,256868	-629,177	1469,69	840,512	1180,57	2021,08	-0,295	-615,2	2112,64	-364,3101	-2080,99
-70,31	17,509	-167,59	-936,85	0,256868	-718,511	1456	737,494	1180,57	1918,06	-0,295	-582,4	2004,53	-309,7713	-1980,45
-66,64	2E-14	-151,28	-1412,5	0,256868	-807,627	1440,55	632,921	1180,57	1813,49	-0,294	-549,1	1894,79	-258,6119	-1877,05
-36,49	-17,59	-134,57	-1494,1	0,10101	-896,496	1423,33	526,838	464,242	991,08	-0,293	-299,1	1035,23	-122,4677	-1027,96
-33,38	-35,59	-131,5	-1206,6	0,105701	-985,093	1404,39	419,295	485,8	905,095	-0,292	-272,2	945,139	-94,49704	-940,404
-30,24	-53,9	-128,26	-909,9	0,110591	-1073,39	1383,73	310,341	508,277	818,618	-0,291	-245,2	854,563	-69,6808	-851,718
-27,05	-71,68	-124,86	-686,12	0,115692	-1161,36	1361,39	200,028	531,722	731,75	-0,29	-218,3	763,617	-48,09147	-762,101
-23,85	-88,71	-121,3	-533,27	0,121015	-1248,97	1337,38	88,41	556,186	644,596	-0,289	-191,4	672,418	-29,79163	-671,757

Таблица Б 2 - Нагрузки на коренные и шатунные шейки

1-я ко- ренная шейка	Первый кривошип				Вторая коренная шейка				Второй кривошип			Третья коренная шейка			Третий кривошип			Т1, Н	Ркшпр3	Рк.ш2,4 Н
	Рк.ш1, Н	φ <sub>кв</sub> , град	Рк1, Н	Т1, Н	Крк1, Н	Тк2, Н	Кк2, Н	Рк.ш2, Н	φ <sub>кв</sub> , град	Т2, Н	Крк2, Н	Тк3, Н	Кк3, Н	Рк.ш3, Н	φ <sub>кв</sub> , град	Т3, Н	Крк3, Н			
9238,16	0	18476,32	0	-18476,32	2,4E-13	751,99	751,991	180	4,9E-13	-16972,34	-2130,67	-16007,97	16149,14	540	-4261,35	-15043,6	0	4949,144093	1503,982147	
9131,47	10	18262,94	-1202,94	-18223,28	353,727	627,13	720,012	190	-495,49	-16969,01	-2143,07	-15853,63	15997,82	550	-3790,64	-14738,24	-601,4703	4797,817656	1348,587094	
8783,96	20	17567,91	-2150,34	-17435,81	573,966	253,36	627,399	200	-1002,4	-16929,09	-2353,3	-15776,18	15950,74	560	-3704,2	-14623,28	-1075,17	4750,736761	1123,205885	
8236,29	30	16472,58	-2607,31	-16264,93	544,522	-278,1	611,428	210	-1518,3	-16821,13	-2565,67	-15665,83	15874,53	570	-3613,08	-14510,52	-1303,656	4674,532293	1616,940901	
7605,16	40	15210,32	-2489,92	-15005,14	235,396	-798,79	832,757	220	-2019,1	-16602,73	-2768,23	-15501,44	15746,67	580	-3517,32	-14400,16	-1244,959	4546,674678	2574,71644	
7016,73	50	14033,47	-1831,92	-13913,38	-333,447	-1190,4	1236,18	230	-2498,8	-16294,1	-2957,9	-15293,24	15576,67	590	-3416,98	-14292,39	-915,9619	4376,665375	3451,364353	
6608,46	60	13216,92	-783,864	-13193,65	-902,222	-1560,1	1802,21	240	-2588,3	-16313,88	-2950,21	-15250,64	15533,38	600	-3312,11	-14187,41	-391,9322	4333,379678	4054,028194	
6478,21	70	12956,42	434,6915	-12949,12	-1566,5	-1703,3	2314,09	250	-2698,3	-16355,65	-2950,54	-15220,54	15503,89	610	-3202,77	-14085,43	217,34576	4303,89	4345,722049	
6633,39	80	13266,78	1599,334	-13170,03	-2218,69	-1629,3	2752,65	260	-2838	-16428,56	-2963,54	-15207,61	15493,67	620	-3089,04	-13986,66	799,66708	4293,670469	4321,162131	
6993,28	90	13986,56	2529,793	-13755,87	-2775,9	-1395,5	3106,91	270	-3022	-16546,78	-2996,51	-15219,03	15511,22	630	-2971,01	-13891,28	1264,8963	4311,215732	4113,59765	
7214,67	100	14429,33	2454,517	-14219,03	-2864,05	-1256,9	3127,71	280	-3273,6	-16732,86	-3061,17	-15266,18	15570,07	640	-2848,77	-13799,5	1227,2585	4370,065893	4127,420723	
7603,17	110	15206,35	2725,688	-14960,07	-3178,53	-1031,7	3341,77	290	-3631,4	-17023,48	-3176,9	-15367,5	15692,44	650	-2722,43	-13711,52	1362,8441	4492,443201	4176,656011	

Продолжение таблицы Б2

7932,16	120	15864,31	2682,544	-15635,87	-3421,6	-921,84	3543,6	300	-4160,7	-17479,56	-3376,38	-15553,55	15915,81	660	-2592,1	-13627,55	1341,2718	4715,806066	4550,846905
8174,33	130	16348,67	2405,777	-16170,69	-3689,27	-1016	3826,62	310	-4972,8	-18202,68	-3715,35	-15875,23	16304,19	670	-2457,92	-13547,77	1202,8885	5104,188714	5371,912991
8332,2	140	16664,41	1987,233	-16545,49	-4119,51	-1405,2	4352,57	320	-6251,8	-19355,87	-4285,9	-16414,12	16964,44	680	-2320,02	-13472,38	993,61651	5764,443279	6854,411918
8420,25	150	16840,49	1499,483	-16773,6	-5089,28	-2400,2	5626,85	330	-8679,1	-21573,9	-5428,81	-17487,73	18311	690	-2178,55	-13401,56	749,74134	7111,00085	9918,120416
8461,22	160	16922,45	993,3167	-16893,27	-7722,31	-4988,9	9193,64	340	-14451	-26871,04	-8266,14	-20107,42	21740,23	700	-2080,99	-13343,8	496,65833	10540,22961	17561,20649
8478,96	170	16957,92	493,2188	-16950,75	-13441,7	-10325	16949,4	350	-26390	-37600,39	-14185,3	-25444,82	29131,81	710	-1980,45	-13289,26	246,6094	17931,81414	33508,96361
8486,17	180	16972,34	4,89E-13	-16972,34	-19894,8	-16014	25539,2	360	-39790	-49000,15	-20833,4	-31119,13	37449,02	720	-1877,05	-13238,1	2,446E-13	26249,01926	51078,35786
8488,12	190	16976,25	-495,488	-16969,01	-20795,5	-16485	26537,1	370	-42086	-49939,63	-21043,2	-34207,98	40162,21	0	0	-18476,32	-247,7438	28962,20728	53463,35574
8479,37	200	16958,74	-1002,41	-16929,09	-16493	-12499	20693,9	380	-33988	-41926,77	-17595,6	-30075,03	34844,14	10	-1202,94	-18223,28	-501,2037	23644,13828	42191,14162
8444,76	210	16889,51	-1518,27	-16821,13	-12056,4	-8661	14844,9	390	-25631	-34143,2	-13890,7	-25789,51	29292,49	20	-2150,34	-17435,81	-759,1339	18092,48951	30935,48651
8362,53	220	16725,05	-2019,13	-16602,73	-8654,04	-5921,6	10486,1	400	-19327	-28445,87	-10967,3	-22355,4	24900,7	30	-2607,31	-16264,93	-1009,564	13700,69671	22667,17426
8242,3	230	16484,59	-2498,82	-16294,1	-6261,46	-4165,5	7520,48	410	-15022	-24625,17	-8755,83	-19815,15	21663,45	40	-2489,92	-15005,14	-1249,409	10463,44734	17177,29681
8258,96	240	16517,93	-2588,31	-16313,88	-4768,52	-2884,2	5572,93	420	-12125	-22082,32	-6978,63	-17997,85	19303,47	50	-1831,92	-13913,38	-1294,154	8103,471567	13427,5415
8288,37	250	16576,74	-2698,31	-16355,65	-3727,01	-2000,4	4229,94	430	-10152	-20356,52	-5468,1	-16775,09	17643,8	60	-783,864	-13193,65	-1349,153	6443,796916	10912,2281
8335,94	260	16671,89	-2838,04	-16428,56	-2970,61	-1361,2	3267,61	440	-8779,2	-19150,87	-4172,28	-16050	16583,44	70	434,6915	-12949,12	-1419,019	5383,435909	9191,639517
8410,24	270	16820,47	-3022,01	-16546,78	-2389,93	-867,66	2542,56	450	-7801,9	-18282,09	-3101,27	-15726,06	16028,94	80	1599,334	-13170,03	-1511,004	4828,936781	7992,528293
8525,03	280	17050,07	-3273,58	-16732,86	-1909,06	-451,99	1961,84	460	-7091,7	-17636,83	-2280,95	-15696,35	15861,22	90	2529,793	-13755,87	-1636,788	4661,215902	7149,081257
8703,24	290	17406,48	-3631,36	-17023,48	-1467,68	-60,163	1468,91	470	-6566,7	-17143,81	-2056,1	-15681,42	15815,64	100	2454,517	-14219,03	-1815,681	4615,641659	6567,829201
8983,96	300	17967,91	-4160,65	-17479,56	-1006,48	361,2	1069,33	480	-6173,6	-16757,16	-1723,96	-15858,62	15952,04	110	2725,688	-14960,07	-2080,326	4752,044028	6215,727963
9434,86	310	18869,71	-4972,77	-18202,68	-452,119	877,97	987,541	490	-5877	-16446,75	-1597,23	-16041,31	16120,63	120	2682,544	-15635,87	-2486,385	4920,632021	6133,720107
10170,2	320	20340,46	-6251,78	-19355,87	299,261	1581,7	1609,8	500	-5653,3	-16192,4	-1623,74	-16181,54	16262,81	130	2405,777	-16170,69	-3125,891	5062,80565	6478,183657
11627,1	330	23254,23	-8679,07	-21573,9	1726,63	2868	3347,67	510	-5225,8	-15837,82	-1619,29	-16191,66	16272,43	140	1987,233	-16545,49	-4339,534	5072,425135	7759,617233
15255,3	340	30510,54	-14451,3	-26871,04	4832,48	5687,3	7463,13	520	-4786,3	-15496,44	-1643,42	-16135,02	16218,5	150	1499,483	-16773,6	-7225,648	5018,497975	12340,60916
22968,6	350	45937,26	-26390,2	-37600,39	10834,7	11118	15524,5	530	-4720,8	-15363,51	-1863,73	-16128,39	16235,71	160	993,3167	-16893,27	-13195,1	5035,713041	22732,45586
31560,4	360	63120,78	-39789,7	-49000,15	17764,2	16978	24572,9	540	-4261,3	-15043,6	-1884,06	-15997,17	16107,74	170	493,2188	-16950,75	-19894,84	4907,738448	34222,89147
32654,4	370	65308,77	-42086,4	-49939,63	19147,9	17601	26008,2	550	-3790,6	-14738,24	-1895,32	-15855,29	15968,17	180	4,89E-13	-16972,34	-21043,22	4768,168603	35404,90496
26986,4	380	53972,79	-33988,4	-41926,77	15142,1	13652	20387,6	560	-3704,2	-14623,28	-2099,84	-15796,15	15935,11	190	-495,488	-16969,01	-16994,18	4735,105552	27553,61752
21346,6	390	42693,19	-25631	-34143,2	11009	9816,3	14749,9	570	-3613,1	-14510,52	-2307,74	-15719,8	15888,29	200	-1002,41	-16929,09	-12815,52	4688,294912	19962,37604

Продолжение таблицы Б2

17195,3	400	34390,53	-19327,2	-28445,87	7904,94	7022,9	10574	580	-3517,3	-14400,16	-2517,8	-15610,64	15812,38	210	-1518,27	-16821,13	-9663,6	4612,384316	14479,4253
14422,7	410	28845,31	-15021,7	-24625,17	5802,38	5166,4	7769,12	590	-3417	-14292,39	-2718,05	-15447,56	15684,86	220	-2019,13	-16602,73	-7510,872	4484,86004	10883,11524
12596,2	420	25192,32	-12125,3	-22082,32	4406,62	3947,5	5916,14	600	-3312,1	-14187,41	-2905,46	-15240,76	15515,23	230	-2498,82	-16294,1	-6062,671	4315,231411	8561,521878
11373,8	430	22747,7	-10152,3	-20356,52	3474,78	3135,5	4680,35	610	-3202,8	-14085,43	-2895,54	-15199,66	15473	240	-2588,31	-16313,88	-5076,164	4272,998199	7041,607812
10533,7	440	21067,3	-8779,25	-19150,87	2845,1	2582,1	3842,12	620	-3089	-13986,66	-2893,67	-15171,15	15444,65	250	-2698,31	-16355,65	-4389,625	4244,650928	6017,585196
9938,61	450	19877,22	-7801,87	-18282,09	2415,43	2195,4	3264,06	630	-2971	-13891,28	-2904,52	-15159,92	15435,65	260	-2838,04	-16428,56	-3900,936	4235,650333	5301,52082
9504,6	460	19009,21	-7091,7	-17636,83	2121,46	1918,7	2860,4	640	-2848,8	-13799,5	-2935,39	-15173,14	15454,47	270	-3022,01	-16546,78	-3545,849	4254,468513	4779,184976
9179,22	470	18358,43	-6566,73	-17143,81	1922,15	1716,1	2576,78	650	-2722,4	-13711,52	-2998	-15222,19	15514,61	280	-3273,58	-16732,86	-3283,363	4314,608241	4380,889889
8929,11	480	17858,21	-6173,61	-16757,16	1790,75	1564,8	2378,11	660	-2592,1	-13627,55	-3111,73	-15325,51	15638,23	290	-3631,36	-17023,48	-3086,803	4438,230447	4063,679169
8732,62	490	17465,25	-5877,01	-16446,75	1709,54	1449,5	2241,33	670	-2457,9	-13547,77	-3309,29	-15513,66	15862,69	300	-4160,65	-17479,56	-2938,504	4662,694099	3800,723736
8575,45	500	17150,89	-5653,26	-16192,4	1666,62	1360	2151,1	680	-2320	-13472,38	-3646,4	-15837,53	16251,88	310	-4972,77	-18202,68	-2826,629	5051,878393	3575,057046
8338,85	510	16677,7	-5225,8	-15837,82	1523,63	1218,1	1950,71	690	-2178,6	-13401,56	-4215,17	-16378,72	16912,42	320	-6251,78	-19355,87	-2612,902	5712,420015	3268,244493
8109,39	520	16218,77	-4786,33	-15496,44	1352,67	1076,3	1728,63	700	-2081	-13343,8	-5380,03	-17458,85	18269	330	-8679,07	-21573,9	-2393,165	7068,995512	2994,053208
8036,22	530	16072,43	-4720,78	-15363,51	1370,17	1037,1	1718,42	710	-1980,4	-13289,26	-8215,87	-20080,15	21695,92	340	-14451,3	-26871,04	-2360,389	10495,92414	2867,865349
7817,75	540	15635,5	-4261,35	-15043,6	1192,15	902,75	1495,38	720	-1877,1	-13238,1	-14133,6	-25419,24	29084,32	350	-26390,2	-37600,39	-2130,674	17884,31735	2604,446744
7608,95	550	15217,9	-3790,64	-14738,24	1895,32	-1869	2661,87	0	0	-18476,32	-19894,8	-33738,23	39167,24	360	-39789,7	-49000,15	-1895,322	27967,24427	3738,085003
7542,57	560	15085,14	-3704,2	-14623,28	1250,63	-1800	2191,82	10	-1202,9	-18223,28	-21644,7	-34081,46	40373,73	370	-42086,4	-49939,63	-1852,098	29173,73299	3795,66319
7476,79	570	14953,58	-3613,08	-14510,52	731,369	-1462,6	1635,31	20	-2150,3	-17435,81	-18069,3	-29681,29	34748,82	380	-33988,4	-41926,77	-1806,538	23548,81945	3630,606053
7411,75	580	14823,5	-3517,32	-14400,16	455,005	-932,39	1037,48	30	-2607,3	-16264,93	-14119,2	-25204,06	28889,38	390	-25631	-34143,2	-1758,662	17689,37581	3205,535188
7347,59	590	14695,17	-3416,98	-14292,39	463,531	-356,38	584,692	40	-2489,9	-15005,14	-10908,6	-21725,51	24310,37	400	-19327,2	-28445,87	-1708,491	13110,37412	2589,924925
7284,45	600	14568,9	-3312,11	-14187,41	740,092	137,01	752,668	50	-1831,9	-13913,38	-8426,83	-19269,28	21031,32	410	-15021,7	-24625,17	-1656,054	9831,323923	1852,305728
7222,49	610	14444,97	-3202,77	-14085,43	1209,45	445,89	1289,03	60	-783,86	-13193,65	-6454,6	-17637,99	18781,92	420	-12125,3	-22082,32	-1601,385	7581,918606	1187,316938
7161,86	620	14323,71	-3089,04	-13986,66	1761,87	518,77	1836,65	70	434,692	-12949,12	-4858,82	-16652,82	17347,18	430	-10152,3	-20356,52	-1544,52	6147,177176	1124,914602
7102,72	630	14205,44	-2971,01	-13891,28	2285,17	360,62	2313,45	80	1599,33	-13170,03	-3589,96	-16160,45	16554,4	440	-8779,25	-19150,87	-1485,504	5354,395809	1754,441472
7045,24	640	14090,48	-2848,77	-13799,5	2689,28	21,814	2689,37	90	2529,79	-13755,87	-2636,04	-16018,98	16234,42	450	-7801,87	-18282,09	-1424,385	5034,420011	2530,168856
6989,59	650	13979,18	-2722,43	-13711,52	2588,47	-253,76	2600,88	100	2454,52	-14219,03	-2318,59	-15927,93	16095,8	460	-7091,7	-17636,83	-1361,214	4895,804012	2506,436044
6935,94	660	13871,88	-2592,1	-13627,55	2658,9	-666,26	2741,1	110	2725,69	-14960,07	-1920,52	-16051,94	16166,42	470	-6566,73	-17143,81	-1296,052	4966,419716	3033,973511
6884,46	670	13768,93	-2457,92	-13547,77	2570,23	-1044,1	2774,19	120	2682,54	-15635,87	-1745,53	-16196,51	16290,3	480	-6173,61	-16757,16	-1228,962	5090,302715	3399,442972

Продолжение таблицы Б2

6835,34	680	13670,68	-2320,02	-13472,38	2362,9	-1349,2	2720,94	130	2405,78	-16170,69	-1735,62	-16308,72	16400,81	490	-5877,01	-16446,75	-1160,011	5200,812976	3615,05801
6788,74	690	13577,48	-2178,55	-13401,56	2082,89	-1572	2609,5	140	1987,23	-16545,49	-1833,01	-16368,95	16471,26	500	-5653,26	-16192,4	-1089,276	5271,258106	3719,327061
6752,55	700	13505,09	-2080,99	-13343,8	1790,24	-1714,9	2479,08	150	1499,48	-16773,6	-1863,16	-16305,71	16411,81	510	-5225,8	-15837,82	-1040,494	5211,810415	3743,255619
6718,01	710	13436,02	-1980,45	-13289,26	1486,88	-1802	2336,24	160	993,317	-16893,27	-1896,51	-16194,85	16305,52	520	-4786,33	-15496,44	-990,2233	5105,520987	3738,386731
6685,26	720	13370,52	-1877,05	-13238,1	1185,14	-1856,3	2202,38	170	493,219	-16950,75	-2113,78	-16157,13	16294,81	530	-4720,78	-15363,51	-938,5268	5094,808799	3745,26091