

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

(подпись)

Д.А. Павлов

(И.О. Фамилия)

« ____ » _____ 2017г

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Егоров Кирилл Сергеевич

1. Тема Модернизация системы охлаждения двигателя ВА3-11193

2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 28.06.17

3. Исходные данные к бакалаврской работе Двигатель на базе ВА3-11193 ,объемом 1,378л.
Степень сжатия 10,8.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке
вопросов, разделов) Тепловой расчет, динамический расчет, кинематический расчет,
расчет деталей, обзор вопроса по инновационной системе охлаждения

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала Продольный
разрез-1лист форматаА1,поперечный разрез, индикаторные диаграммы, ВСХ, тепловой
баланс-1лист форматаА1,кнематические и динамические графики-2листа
форматаА1,распределитель в разрезе-1лист форматаА1,

6. Консультанты по разделам Нормоконтроль: А.Г. Егоров, по БЖ М.И Фесина,по
английскому О.Н. Брега.

7. Дата выдачи задания « ____ » _____ 20____ г

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

А.М.Дзюбан

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

К.С. Егоров

(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 Егорова Кирилла Сергеевича

по теме Модернизация системы охлаждения ВАЗ-11193

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Тепловой расчет, тепловой баланс двигателя	15.04.17	2.05.2017		
Расчет кинематики и динамики	26.04.17	15.05.2017		
Расчет на прочность	2.05.17	20.05.2017		
Расчет систем	6.05.17	23.05.2017		
Чертежи	15.05.17	27.05.17		
Защита ВКР				

Руководитель бакалаврской работы

А.М. Дзюбан

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

К.С. Егоров

(подпись)

(И.О. Фамилия)

ABSTRACT

The theme of my bachelor work is the modernization of engine cooling system of VAZ-11193

The purpose of this work is the most active heating of the motor with the use of a modernized thermostat, increasing the engine power and reducing the toxicity of gases, reducing fuel consumption, increasing the service life and reliability.

The bachelor work consists of an explanatory note and a graphic part.

The explanatory note contains: calculation of the temperature for the selected conditions and calculation of the total heat and all components, kinematic and dynamic calculations, calculation of the piston, a special part contains the schedules of the innovative thermostat and the distributor. The graphical part of the project shows the longitudinal and transverse section of the engine, and in addition the graphs of kinematic and dynamic calculations, based on the input parameters for thermal calculation and heat removal from the engine. Great interest is given to the selection of the calculation of cooling, the determination of the volume of the circulating liquid in the system, the calculation of the liquid pump.

The results can be used in the design of the engine cooling system in cars.

АННОТАЦИЯ

Темой моей бакалаврской работы является модернизация системы охлаждения двигателя ВАЗ -11193

Целью этой работы является наиболее активный нагрев мотора с использованием модернизированного термостата, увеличение мощности двигателя и понижение токсичности газов, понижение расхода топлива, увеличение срока службы и надежности.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки и графиков.

Пояснительная записка содержит: расчет температуры для выбранных условий и расчет общей теплоты и всех составляющих, кинематические и динамические расчеты, расчет поршня, специальная часть содержит графики инновационного термостата и распределителя. В графической части проекта показан продольный и поперечный разрез двигателя, а кроме того графики кинематических и динамических расчетов. Обоснованию входных параметров для теплового расчета и отведенной теплоты от двигателя. Большой интерес уделяется выбору расчета охлаждения, определение объема циркулирующей жидкости в системе, расчет жидкого насоса.

Результаты могут быть использованы при проектировании системы охлаждения двигателей в автомобилях.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1 Тепловой расчет двигателя ВАЗ-11193.....	9
1.1 Топливо.....	9
1.2 Параметры рабочего тела.....	10
1.3 Остаточные газы.....	12
1.4 Расчет процесса впуска.....	13
1.5 Расчет процесса сжатия рабочего тела и начала воспламенения смеси.....	16
1.6 Термодинамический расчёт процесса сгорания.....	18
1.7 Процессы расширения и выпуска.....	21
1.8 Параметры рабочего цикла.....	22
1.9 Показатели двигателя.....	23
1.10 Параметры цилиндра двигателя.....	24
1.11 Построение индикаторной диаграммы.....	25
1.12 Тепловой баланс двигателя.....	28
1.13 ВСХ.....	29
2 Кинематика.....	30
2.1 Выбор λ и длины шатуна.....	30
2.2 Перемещение поршня.....	30
2.3 Скорость поршня.....	30
2.4 Ускорение поршня.....	31
3 Динамика кривошипно – шатунного механизма.....	31
3.1 Приведение масс частей кривошипно-шатунного механизма.....	31
3.2 Силы инерции.....	32
3.3 Удельные суммарные силы.....	33
4 Расчет основных деталей двигателей.....	34

4.1.1 Расчет поршня.....	34
5 Системы двигателей.....	37
5.1 Расчет элементов системы питания.....	37
5.1.1 Расход	37
5.1.2 Расход воздуха циклический.....	37
5.1.3 Расход топлива циклический.....	38
5.2 Расчет элементов системы охлаждения.....	38
5.2.1 Водяной насос	38
5.2.2 Расчет поверхности охлаждения водяного радиатора.....	40
5.2.3 Вентилятор.....	41
6 Обзор состояния вопроса. Система охлаждения двигателя с электрорегулируемым термостатом.....	43
6.1 Обзор.....	43
6.2 Разновидности систем охлаждения автомобилей.....	47
6.2.1 Mazda 323 (Мазда 323)	47
6.2.2 LexusRX300 (Лексус 300) Система охлаждения двигателя.....	47
6.2.3 Система охлаждения BMW 5	48
6.3 Устройство системы охлаждения двигателя с электронным регулированием. Инновационный термостат.	49
Заключение.....	54
Список используемой температуры	55
Приложение А-Таблица А1-расчетные значения перемещения, скорости и ускорения поршня.....	59
Приложение Б -Таблица Б1-Силы, действующие на шатунную шейку коленчатого вала.	61
Приложение В - Федеральные законы	63
7 Безопасность жизнедеятельности	66

ВВЕДЕНИЕ

Для новых двигателей внутреннего сгорания характерны многие компоненты, которые еще недавно были достоянием исключительно гоночных двигателей.

Прогресс в моторостроении характеризуется повышением долговечности работы надежности и экономичности . Основная проблема в странах это запыленность поэтому требуется уменьшать токсичность, ведь от решения этой проблемы зависит жизнь людей.

Человечество не стоит на месте и использует для передвижения разный автомобильный транспорт (автобусы, грузовые автомобили, легковые автомобили)и во всех них есть система охлаждения.

Цель моего проекта заключается в увеличении мощности двигателя и его быстрому прогреву, с помощью термостата с электрорегулированием.

Актуальность рассматриваемого вопроса, касающегося моей темы, состоит в том, что за счёт системы охлаждения с электронным регулированием двигатель работает, дольше и выделяет меньше токсичных веществ в атмосферу. Также система охлаждения способствует быстрому прогреву двигателя и наименьшему износу.

У новой системы есть ряд преимуществ:

- уменьшение расхода топлива при нагрузке двигателя;
- уменьшение содержания окиси углерода и несгоревших углеводородов в отработавших газах.

1 Тепловой расчет двигателя ВАЗ-11193.

Производим расчет четырехтактного двигателя, для легкового автомобиля ВАЗ 11193 с рабочим объемом 1,378 л. Двигатель четырехцилиндровый, $i = 4$ с рядным расположением. «Система охлаждения жидкостная закрытого типа»[1].

Производят тепловой расчет при четырех режимах

С учетом приведенных рекомендаций и задания ($n=5250\text{мин}^{-1}$) тепловой расчет последовательно проводится для $n=800, 3200, 5250, 5600\text{мин}^{-1}$

1.1 Топливо.

«По выбранной степени сжатия $\varepsilon=10,8$ на основании статистических данных по двигателям заданного типа выбирается марка топлива по ГОСТ 2084-67 и 305-73, можно использовать бензин марки АИ 95» [1,с.77];

«Низшая теплота сгорания топлив

$$C = 0,855; H = 0,145 \text{ и } m_{\text{H}_2\text{O}} = 115 \text{ кг/моль} \quad (1.1)$$

$$H_u = [34,013C + 125,6H - 10,9(O - S) - 2,512(9H + W)] \cdot 10^6 = 33,91 \cdot 0,855 + 125,6 \cdot 0,145 - 2,51 \cdot 9 \cdot 0,145 = 43,93 \text{ МДж / кг} = 43930 \text{ МДж / кг} \quad (1.2)$$

где C, H, O и S – массовые доли в топливе ; $2,512 \cdot 10^6$ дж/кг – приближенное значение скрытой теплоты парообразования»[1];

« $9H$ – количество водяного пара, образующего при сгорании H кг водорода, находящегося в 1 кг топлива»[1];

« W – количество влаги, содержащейся в 1 кг топлива, кг»[1].

1.2 Параметры рабочего тела.

«Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг жидкого топлива»:

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,208} \left(\frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} \right) = 0,516 \text{ кмоль} \cdot \text{возд} / \text{кг} \cdot \text{топл}, \quad (1.3)$$

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O \right) = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \cdot 0,855 + 8 \cdot 0,145 \right) = 14,957 \text{ кмоль} \cdot \text{возд} / \text{кг} \cdot \text{топл}. \quad (1.4)$$

где 0,208 – объемное содержание кислорода в 1 кмоль воздуха,
0,23 – массовое содержание кислорода в 1 кг воздуха»[1].

Количество горючей смеси;

$$M_1 = \alpha \cdot L_0 + 1/t \frac{\text{кмоль} \cdot \text{горючей} \cdot \text{смеси}}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}, \quad (1.5)$$

при $n = 800 \text{ мин}^{-1}$;

$$M_1 = 0,860 \cdot 0,516 + 1/115 = 0,4525 \frac{\text{кмоль} \cdot \text{горючей} \cdot \text{смеси}}{\text{кг} \cdot \text{топлива}} \quad (1.6)$$

при $n = 3200, 5250, 5600 \text{ мин}^{-1}$:

$$M_1 = 0,960 \cdot 0,516 + 1/115 = 0,5041 \frac{\text{кмоль} \cdot \text{горючей} \cdot \text{смеси}}{\text{кг} \cdot \text{топлива}} \quad (1.7)$$

«Количество компонентов, неполного сгорания жидкого топлива (кмоль/кг топлива)»[1] :

$$\text{фрагмент} \quad \text{CTRL+N} \quad \text{углекислого газа} \quad M_{CO_2} = \frac{C}{12} - 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0; \quad (1.8)$$

$$\text{окси углерода } M_{CO} = 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0; \quad (1.9)$$

$$\text{водяного пара } M_{H_2O} = \frac{H}{2} - 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0; \quad (1.10)$$

$$\text{водорода } M_{H_2} = 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0; \quad (1.11)$$

$$\text{азота } M_N = 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0, \quad (1.12)$$

«где К – постоянная величина, зависящая от отношения количества водорода к окиси углерода, содержащихся в продуктах сгорания (для бензина К = 0,45 – 0,50)» [1,с.77].

при $n=800\text{мин}^{-1}$

$$M_{CO_2} = \frac{0,855}{12} - 2 \cdot \frac{1-0,86}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,516 = 0,0512 \text{кмоль} \cdot CO_2 / \text{кг} \cdot \text{топл}; \quad (1.13)$$

$$M_{CO} = 2 \cdot \frac{1-0,86}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,516 = 0,0200 \text{кмоль} \cdot CO / \text{кг} \cdot \text{топл}; \quad (1.14)$$

$$M_{H_2O} = \frac{0,145}{2} - 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{1-0,86}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,516 = 0,0625 \text{кмоль} \cdot H_2O / \text{кг} \cdot \text{топл}; \quad (1.15)$$

$$M_{H_2} = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{1-0,86}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,516 = 0,0100 \text{кмоль} \cdot H_2 / \text{кг} \cdot \text{топл}; \quad (1.16)$$

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot 0,86 \cdot 0,516 = 0,3515 \text{кмоль} \cdot N_2 / \text{кг} \cdot \text{топл}. \quad (1.17)$$

При $n = 3200, 5250, 5600\text{мин}^{-1}$;

$$M_{CO_2} = \frac{0,855}{12} - 2 \cdot \frac{1-0,96}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,516 = 0,0655 \text{кмоль} \cdot CO_2 / \text{кг} \cdot \text{топл}; \quad (1.18)$$

$$M_{CO} = 2 \cdot \frac{1-0,96}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,516 = 0,0057 \text{кмоль} \cdot CO / \text{кг} \cdot \text{топл}; \quad (1.19)$$

$$M_{H_2O} = \frac{0,145}{2} - 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{1-0,96}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,516 = 0,0696 \text{ кмоль} \cdot H_2O / \text{кг} \cdot \text{топл}; \quad (1.20)$$

$$M_{H_2} = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{1-0,96}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,516 = 0,0029 \text{ кмоль} \cdot H_2 / \text{кг} \cdot \text{топл}; \quad (1.21)$$

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot 0,96 \cdot 0,516 = 0,3923 \text{ кмоль} \cdot N_2 / \text{кг} \cdot \text{топл}. \quad (1.22)$$

«Общее количество продуктов сгорания жидкого топлива (кмоль пр. сг./кг топл.)»[1]

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2} = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0. \quad (1.23)$$

Проверка:

$$M_2 = 0,855 / 12 + 0,145 / 2 + 0,792 \cdot 0,86 \cdot 0,516 = 0,4952 \text{ кмоль} \cdot \text{пр.} \cdot \text{сг} / \text{кг} \cdot \text{топл}$$

Проверка:

$$M_2 = 0,855 / 12 + 0,145 / 2 + 0,792 \cdot 0,96 \cdot 0,516 = 0,5360 \text{ кмоль} \cdot \text{пр.} \cdot \text{сг} / \text{кг} \cdot \text{топл}$$

1.3 Остаточные газы.

«Давление и температура окружающей среды » [1,с.79].

$$\begin{aligned} p_k &= p_0 = 0,1 \text{ МПа} \\ T_x &= T_0 = 293 \text{ К} \end{aligned} \quad (1.24)$$

Температура остаточных газов.. Учитывая что при $n=800 \text{ мин}^{-1}$ $\alpha = 0,86$, а на остальных режимах $\alpha = 0,96$, принимается

Таблица 1-Результат остаточных газов

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
$T_r(\text{K})$	900	100	1050	1060

«Давление газов p_r за счет расширения фаз газораспределения»[1].

$$p_{rN} = 1,18 p_0 = 1,18 \times 0,1 = 0,118 \text{ МПа}. \quad (1.25)$$

Давление p_r на различных скоростных режимах двигателя.

$$p_k = p_0 \cdot (1,035 + A_p \cdot 10^{-8} \cdot n^2), \quad (1.26)$$

$$\text{где } A_p = (p_{rN} - 1,035) \cdot 10^8 / (p_0 n_N^2); \quad (1.27)$$

« p_{rN} – давление остаточных газов на эффективном режиме, МПа»[1];

« n_N – частота вращения коленчатого вала на эффективном режиме, мин⁻¹»[1].;

$$A_p = (0,118 - 0,1 \cdot 1,035) \cdot 10^8 / (5250^2 \cdot 0,1) = 0,5261; \quad (1.28)$$

$$p_k = p_0 \cdot (1,035 + 0,5261 \cdot 10^{-8} \cdot n^2) = 0,1035 + 0,5261 \cdot 10^{-9} n^2 \quad (1.29)$$

Таблица 2-Общее давление газов

n (мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
p_r МПа	0.1038	0.1082	0.1180	0.120

1.4 Процесс впуска.

«С целью получения хорошего наполнения двигателя на номинальном скоростном режиме принимается $\Delta T_N = 80\text{C}$ »[1,с.79].

«В зависимости от скоростного режима двигателя, изменяется величина ΔT и определяется по формуле»[1].;

$$\Delta T = A_T \cdot (110 - 0,0125 \cdot n), \quad (1.30)$$

«где $A_T = \Delta T_N / (110 - 0,0125 \cdot n_N)$, ΔT и n_N – соответственно температура подогрева и частота вращения коленчатого вала при номинальном режиме» [1,с.79].

$$A_T = 8 / (110 - 0,0125 \cdot 5250) = 0,180; \quad (1.31, 1.32)$$

$$\Delta T = 0,180 \cdot (110 - 0,0125 \cdot n)$$

Таблица 3-Значения изменения температуры

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
ΔT0С	20,5	12,7	8,5	7,7

«Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 = p_0 \cdot 10^6 / (R_g \cdot T_0) = 0,1 \cdot 10^6 / (287 \cdot 293) = 1,189 \text{ кг/м}^3, \quad (1.33)$$

где R_g – удельная газовая постоянная воздуха»[1];

$$R_g = \frac{R}{\mu_g} = 8315 / 28,96 = 287 \text{ дж/кг} \cdot \text{град}, \quad (1.34)$$

где « $R = 8315$ дж/(кмоль·град) – универсальная газовая постоянная»[1]

Определение давления в конце впуска (МПа):

$$p_a = p_k - \Delta p_a \text{ или } p_a = p_0 - \Delta p_a. \quad (1.35)$$

«Потери давления Δp_a определяется из уравнения Бернулли»[2,с.13].

$$A_n = \omega_{en} / n_N = 95 / 5250 = 0,0181; \quad (1.36, 37)$$

$$\Delta p_a = (\beta^2 + \xi_{en}) \cdot \left(A_n^2 \cdot \frac{n^2}{2} \right) \cdot \rho_k \cdot 10^{-6},$$

«где β – коэффициент затухания скоростей движения заряда»[1];

« $\xi_{вп.}$ – коэффициент сопротивления впускной системы, (узкое сечение)»[1].

В нынешних автомобильных двигателях на номинальном режиме ($\beta^2 + \xi_{вп.}$) = 2,8.

Таблица 4- Изменение потерь давления

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
$\Delta p_a (\text{МПа})$	0,000349	0,005584	0,01503	0,017102

$$p_a = p_0 - \Delta p_a \quad (1.38)$$

Таблица 5- Изменение давления

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
$p_a (\text{МПа})$	0,099965	0,099445	0,098495	0,098285

«Коэффициент остаточных газов γ_r показывает качество очищения цилиндра от продуктов сгорания. Коэффициент остаточных газов для четырехтактных двигателей»[1]:

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{\varphi_{оч.} \cdot P_r}{\varepsilon \cdot \varphi_{доз.} \cdot P_a - \varphi_{оч.} \cdot P_r} \quad (1.39)$$

где ε - степень сжатия.

Коэффициент очистки определяется:

Таблица 6 - Результаты коэффициента очистки

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
γ_r	0,0391	0,033	0,0324	0,0324

Температура в конце впуска T_a

Уровень T_a в градусах Кельвина определяется по формуле:

$$T_a = (T_0 + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r) / (1 + \gamma_r), \quad (1.40)$$

Таблица 7 – Значения (T_a) Температура в Кельвинах

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
$T_a(\text{K})$	335	328	325	324

Коэффициент наполнения

«Коэффициент наполнения, представляющий собой отношение действительного количества заряда, поступившего в цилиндр, к количеству, которое могло бы поместиться в рабочем объеме цилиндра при условии, что температура и давление в нем равны температуре и давлению среды, из которой поступает свежий заряд»[2,с.18]. Величина коэффициента наполнения определяются по формуле:

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{1}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{1}{p_0} \cdot (\varphi_{\text{воз.}} \cdot \varepsilon \cdot p_a - \varphi_{\text{оч.}} \cdot p_r). \quad (1.41)$$

Таблица 8 – Значение коэффициента

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
η_v	0,8637	0,9711	0,9980	0,9985

1.5 Процесс сжатия

«Давление и температура рабочей смеси в конце сжатия p_c , МПа и T_c , К»:

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon^{n_1}; \quad T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1}, \quad (1.42)$$

где n_1 – средний показатель политропы сжатия»[1]

Таблица 9 – Значения параметров процесса сжатия

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
k ₁	1,373	1,375	1,376	1,376
T _a (K)	335	328	325	324
n ₁	1,368	1,370	1,371	1,371
p _c (МПа)	2,5915	2,5903	2,5716	2,5662
T _c (K)	804	791	786	783

«Средняя молярная теплоемкость в конце сжатия :

а) свежей смеси (воздуха)

$$(mc_V^n)_{t_c}^{t_c} = 20,6 + 2,638 \cdot 10^{-3} t_c, \quad (1.43)$$

где $t_c = T_c - 273^{\circ}\text{C}$. (1.44)

Таблица 10- Конец сжатия, значение молярной теплоемкости

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
t _c ⁰ C	531	518	513	510
$(mc_V^n)_{t_0}^{t_c}$ кДж/(кмоль*град)	22,001	21,956	21,953	21,945

б) остаточных газов

« $(mc_V^n)_{t_0}^{t_c}$ определяется методом экстраполяции»[1] :

Таблица 11 – Значения метода экстраполяции

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
$(mc_V^n)_{t_0}^{t_c}$	$(mc_V^n)_{t_0}^{531} = 23,865$	$(mc_V^n)_{t_0}^{518} = 24,118$	$(mc_V^n)_{t_0}^{513} = 24,097$	$(mc_V^n)_{t_0}^{510} 24,084$

в) «рабочей смеси

$(mc_v)_{t_0}^{t_c}$ - средняя молярная теплоемкость рабочей смеси в конце процесса сжатия, Дж/(кмоль град) определяемая по формуле»[1]:

$$(mc_v)_{t_0}^{t_c} = \frac{1}{1 + \gamma_r} \cdot [(mc_v)_{t_0}^{t_c} + \gamma_r \cdot (mc_{v,r})_{t_0}^{t_c}] \quad (1.45)$$

Таблица 12- Значения в рабочей смеси, метод экстраполяции

n(мин-1)	800	3200	5250	5600
$(mc_v^n)_{t_0}^{t_c}$	22,0711	22,035	22,020	22,012

1.6 Процесс сгорания

$$\mu_{см} = (\mu_0 + \gamma_r) / (1 + \gamma_r) \quad (1.46)$$

«действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси и горючей смеси $(\mu_0) = \bar{M}_2 / M_1$ »[1].

Таблица 13-Значения коэффициентов

n(мин-1)	800	3200	5250	5600
$\mu_{см}$	1,0908	1,06128	1,0613	1,0613
(μ_0)	1,0944	1,0633	1,0633	1,0633

Количество теплоты, потерянное вследствие химической неполноты сгорания топлива:

$$\Delta H_{\alpha} = 119950 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0 \text{ Дж/кг} \quad (1.47)$$

Таблица 14-Значение количества теплоты

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
ΔH _и (Дж/кг)	8665	2476	2476	2476

Теплота сгорания рабочей смеси

$$H_{\text{раб.см}} = \frac{H_u - \Delta H_u}{M_1 \cdot (1 + \gamma_r)} \quad (1.48)$$

Таблица 15 - Значения теплоты сгорающей смеси

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
$H_{\text{раб.см}}$ кДж / кмоль · раб.см	75001	79607	79649	79652

Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания

$$\begin{aligned} (\mu c_{v,r}^*)_{t_0}^{t_z} = \frac{1}{M_2} & \left[M_{CO_2} (m c_{v,CO_2}^*)_{t_0}^{t_z} + M_{CO} \cdot (m c_{v,CO}^*)_{t_0}^{t_z} + M_{H_2O} \cdot (m c_{v,H_2O}^*)_{t_0}^{t_z} + \right. \\ & \left. + M_{H_2} \cdot (m c_{v,H_2}^*)_{t_0}^{t_z} + M_{N_2} \cdot (m c_{v,N_2}^*)_{t_0}^{t_z} \right] \quad (1.49) \end{aligned}$$

Таблица 16 – Значение средней теплоемкости

n(мин ⁻¹)	800	3200,5250,5600
$\mu c_{v,r}^* \tau_z$ кДж/(кмоль·град)	24,298+0,00203ξ _z	24,656+0,00207τ _z

«Величина ξ_Z - коэффициент использования теплоты на участке видимого сгорания, выражает долю низшей теплоты сгорания топлива, используемую на повышение внутренней энергии газа и на совершение работы»[2,с20.].

Таблица 17 – Коэффициент использования частоты

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
ξ_Z	0,8	0,92	0,92	0,91

Температура в конце видимого процесса сгорания.

$$\xi_Z \cdot H_{\text{рабсм}} + (mc_V)_{t_0}^Z \cdot t_C = \mu (mc_V)_{t_0}^Z \cdot t_Z \quad (1.50)$$

Максимальное давление сгорания теоретическое и действительное

$$p_z = p_c \cdot \mu_{\text{см}} \cdot T_z / T_c, \quad (1.51)$$

$$p_{zД} = 0,85 \cdot p_z; \quad (1.52)$$

Таблица 18 – Значение давлений температуры в процессе горения

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
T _z (К)	2548	2919	2892	2895
p _z (МПа)	8,9586	10,1447	10,0419	10,0627
p _{zД} (МПа)	7,6148	8,6230	8,535	8,5533

Степень повышения давления

$$\lambda = p_z / p_c \quad (1.53)$$

Таблица 19-Степень давления

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
λ	3,4569	3,9164	3,9049	3,9212

1.7 Процесс расширения и выпуска

«Средний показатель адиабаты расширения k_2 определяется по монограмме при заданном $\varepsilon = 10,8$ для соответствующих значений α и T_z , а средний показатель политропы расширения n_2 оценивается по величине среднего показателя адиабаты»[1,с.81]:

Таблица 20-Значения процессов расширения

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
α	0,86	0,96	0,96	0,96
T_z	2548	2919	2892	2893
k_2	1,258	1,2521	1,2501	1,2501
n_2	1,253	1,252	1,245	1,245

Давление и температура в конце процесса расширения

(1.54,1.55)

$$p_\varepsilon = p_z / \varepsilon^{n_2} ; T_\varepsilon = T_z / \varepsilon^{n_2-1} ;$$

Таблица 21 –Значения давления и температуры

$n(\text{мин-1})$	800	3200	5250	5600
$p_\varepsilon(\text{МПа})$	0,4457	0,5157	0,5105	0,5105
$T_\varepsilon(\text{К})$	1396	1643	1634	1635

Проверка ранее принятой температуры остаточных газов

$$T_r = T_\varepsilon / \sqrt[3]{p_\varepsilon / p_r}$$

(1.56)

На всех скоростных режимах температура остаточных газов принята в начале расчета достаточно удачно, так как ошибка не превышает 4,8%

1.8 Параметры рабочего цикла.

$$p_i' = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (1.57)$$

Таблица 22 –Результаты рабочего цикла

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
P _i '(МПа)	1,2150	1,4344	1,4329	1,4375

«Среднее индикаторное давление

$$p_i = \varphi_k \cdot p_i' \quad (1.58)$$

где коэффициент полноты диаграммы принят $\varphi_k = 0,96$ [1].

Таблица 23-Результаты вычислений коэффициентов

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
p _i (МПа)	1,1664	1,377	1,3755	1,38

Индикаторный к. п. д. и индикаторный удельный расход топлива

$$\eta_i = p_i \cdot l_0 \cdot \alpha / (H_u \cdot \rho_0 \cdot \eta_v) \quad g_i = 3600 / (\eta_i \cdot H_u) \quad (1.59)$$

Таблица 24- Индикаторные показатели

n(мин ⁻¹)	800	3200	5250	5600
η_i	0,3325	0,3898	0,3660	0,3623
g_i (г/(кВт· ч))	246	210	224	227

1.9 Показатели двигателя

Среднее давление механических потерь :

$$p_m = 0,034 + 0,0113 U_{п.ср}; \quad (1.60)$$

Предварительно приняв ход поршня S равным $75,6$ мм , получим $U_{п.ср} = Sn/3 \cdot 10^4 = 75,6 \cdot n / 3 \cdot 10^4 = 0,00252n$ м/с, тогда $p_m = 0,034 + 0,0113 \cdot 0,00252n$ МПа , а на различных скоростных режимах

Таблица 25 –Показатели двигателя механические потери и средняя скорость

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
$U_{п.ср}(\text{м/с})$	2,016	8,064	13,23	14,112
p_m (МПа)	0,0568	0,1251	0,1835	0,1935

Среднее эффективное давление и механический к. п. д.

$$p_e = p_i - p_m \text{ и } \eta_m = p_e / p_i; \quad (1.61, 1.62)$$

Таблица 26- Значения показателей двигателя механического давления и к.п.д.

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
p_i (МПа)	1,1664	1,377	1,3775	1,38
p_e (МПа)	1,1096	1,2519	1,194	1,1865
η_m	0,9513	0,9091	0,8668	0,8598

Эффективный к. п. д. и эффективный удельный расход топлива

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m \text{ и } g_e = 3600 / (\eta_e \cdot H_u) \quad (1.63, 1.64)$$

Таблица 27- Значения показателей двигателя расход горючего и к.п.д.

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
η_i	0,3325	0,3898	0,3660	0,3623
η_e	0,3163	0,3544	0,3172	0,3115
$g_e (\text{г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}))$	259	231	258	263

1.10 Основные параметры цилиндра и двигателя.

Рабочий объем одного цилиндра

$$V_{\pi} = 30 \cdot \tau \cdot N_e / (p_e \cdot n) = 30 \cdot 4 \cdot 65,5 / (1,194 \cdot 5250) = 1,368 \text{ л};$$

(1.65)

Рабочий объем цилиндров, л: 1,390

диаметр цилиндра, мм: 76,5

ход поршня, мм: 75,6

Основные параметры и показатели двигателя определяются по окончательно принятым значениям D и S»[1] :

$$F_{\pi} = \pi D^2 / 4 = 3,14 \cdot 76,5^2 / 4 = 4594 \text{ мм}^2 = 45,94 \text{ см}^2$$

(1.66)

$$N_e = p_e \cdot V_{\pi} \cdot n / (30 \cdot \tau);$$

(1.67)

$$G_t = g_e \cdot N_e \cdot 10^{-3};$$

(1.68)

$$M_e = (3 \cdot 10^4 / \pi) \cdot (N_e / n);$$

(1.69)

Таблица 28-Основные параметры

$n(\text{мин}^{-1})$	800	3200	5250	5600
$p_e(\text{МПа})$	1,1096	1,2519	1,194	1,1865

Продолжение таблицы 28

N_e (кВт)	10,28	46,40	72,61	76,96
M_e (Н·м)	122,8	138,5	132,1	131,3
G_t (кг/ч)	2,662	10,71	18,73	20,24

Литровая мощность двигателя

$$N_x = N_e / N_x = 72,61 / 1,39 = 52,24 \text{ кВт/л} \quad (1.70)$$

1.11 Построение индикаторной диаграммы

«Индикаторную диаграмму строят для номинального режима работы двигателя»[1], т.е при $N_e = 72,61$ и $n = 5250 \text{ мин}^{-1}$

«Масштабы диаграммы: масштаб хода поршня $M_s = 1 \text{ мм}$ масштаб давлений $M_p = 0,05 \text{ МПа в мм}$ »[1,с.91].

Приведенные величины, соответствующие рабочему объему цилиндра и объема камеры сгорания[1,с.91].

$$AB = S / M_s = 75,6 / 1,0 = 75,6 \text{ мм}; \quad OA = AB / (\epsilon - 1) = 75,6 / (10,8 - 1) = 7,7 \text{ мм}.$$

Максимальная высота диаграммы(точка z)

$$P_z / M_p = 10,0419 / 0,05 = 200,8 \text{ мм}. \quad (1.71)$$

$$N_x = N_e / N_x = 72,61 / 1,39 = 52,24 \text{ кВт/л} \quad (1.72)$$

Ординаты характерных точек:

$$P_a / M_p = 0,09849 / 0,05 = 1,9 \text{ мм}; \quad (1.73)$$

$$P_c / M_p = 2,5716 / 0,05 = 51,432 \text{ мм}; \quad (1.74)$$

$$P_r / M_p = 0,01180 / 0,05 = 2,36 \text{ мм}; \quad (1.75)$$

$$P_b / M_p = 0,5105 / 0,05 = 10,21 \text{ мм}; \quad (1.76)$$

$$P_o / M_p = 0,1 / 0,05 = 2 \text{ мм}. \quad (1.77)$$

Построение политроп сжатия и расширения аналитическим методом

а) политропа сжатия.

$$P_x = P_a (V_a / V_x)^n \quad (1.78)$$

$$P_x = (0,09849 / 0,05) \cdot (OB / OX)^{1,371} = 1,9 \cdot (83,3 / OX)^{1,371} \text{ мм}$$

где $OB = OA + AB = 75,6 + 7,7 = 83,3 \text{ мм}$;

б) политропа расширения

$$P_x = P_b \cdot (V_b / V_x)^n \quad (1.79)$$

$$P_x = (P_b \cdot M_p) (OB / OX)^n = 10,21 (83,3 / OX)^{1,245} \text{ мм}.$$

Результаты расчета точек политроп приведены в таблице №29.

В соответствии с принятыми фазами газораспределения и углом опережения зажигания определяют положение точек r' , a' , a'' , c' , f' и b' по формуле для перемещения поршня [1, с.91] график представлен на плакате:

Таблица 29- Значения для построения индикаторной диаграммы

№ точек	OX, мм	OB/OX	Политропа сжатия			Политропа расширения		
			$\left(\frac{OB}{OX}\right)^{1,371}$	$\frac{P_x}{M_p}$, мм	p_x , МПа	$\left(\frac{OB}{OX}\right)^{1,245}$	$\frac{P_x}{M_p}$, мм	p_x , МПа
1	83,3	1,000171	1,000235	1,970263	0,098513	1,000214	10,21000	0,510609
2	75	1,110857	1,155041	2,2752	0,11376	1,139842	11,63778	0,581889
3	65	1,281758	1,405407	2,768371	0,138419	1,36213	13,90735	0,695367
4	55	1,514805	1,767133	3,480898	0,174045	1,677043	17,12261	0,85613
5	45	1,851429	2,326762	4,583257	0,229163	2,153011	21,98224	1,099112

6	35	2,380408	3,283894	6,468614	0,323431	2,943954	30,05777	1,502889
7	30	2,777143	4,056703	7,990893	0,399545	3,566808	36,41711	1,820856
8	25	3,332571	5,208716	10,26013	0,513006	4,475695	45,69684	2,284842
9	20	4,165714	7,072847	13,93209	0,696605	5,908992	60,33081	3,01654
10	15	5,554286	10,49265	20,66843	1,033421	8,453998	86,31532	4,315766
11	10	8,331429	18,2939	36,03533	1,801767	14,00541	142,9952	7,14976
12	7,7	10,82004	26,17747	51,56437	2,578219	19,39165	200,8000	10,0419

(1.80)

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

где λ - отношение радиуса кривошипа к длине шатуна.

«Выбор величины λ производится при проведении динамического расчета, а при построении индикаторной диаграммы предварительно принимается $\lambda = 0,285$ » [1, с.91].

Положение точки с'' определяется из выражения

$$\begin{aligned} p_{c'} &= 1,15 \cdot 2,5716 = 2,95734 \text{ МПа;} \\ p_{c'} / M_p &= 2,95734 / 0,05 = 59,15 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (1.81)$$

Действительное давление сгорания

$$\begin{aligned} p_{z_d} &= 0,85 p_z = 0,85 \cdot 10,0419 = 8,5356 \text{ МПа;} \\ p_{z_d} / M_p &= 8,5356 / 0,05 = 170,7 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (1.82)$$

Наращение давления от точки с'' до z_d составляет $8,5356 - 2,9573 = 5,5783$ МПа или $5,5783 / 12 = 0,47$ МПа/град п. к. в., где 120 - положение точки z_d по горизонтали.

1.12 Тепловой баланс

«Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом и теплота эквивалентная эффективной работе за 1 с»[1]:

$$Q_o = H_u \cdot G_t / 3,6 = 43930 G_t / 3,6 = 12203 G_t; \quad (1.83)$$

«Теплота равносильная эффективной работе за 1 с»[1]:

$$Q_e = 1000 N_e; \quad (1.84)$$

Теплота предоставляемая охлаждающей среде:

$$Q_c = c \cdot i \cdot D^{1+2 \cdot m} \cdot n^m \cdot (H_u - \Delta H_u) / (\alpha \cdot H_u) \quad (1.85)$$

«где c – коэффициент пропорциональности.

Теплота, унесенная с отработанными газами:

$$Q_r = G_m / 3,6 \cdot \{ M_2 [(mc_{v,r})_{t_r}^r + 8,315] \cdot t_r - M_1 [(mc_v)_{t_0}^{20} + 8,315] \cdot t_0 \} \quad (1.86)$$

где $(mc_{v,r})_{t_r}^r$ / (кмоль·град)-теплоемкость остаточных газов(определялась по таблице[1] методом интерполяции при разных α и температуре.

« $(mc_v)_{t_0}^{20} = 20,775$ кДж/ (кмоль·град)- теплоемкость свежего заряда определена по таблице 5 для воздуха методом интерполяции при $t_0 = T_0 - 273 = 293 - 273 = 200$ С»[1].

Теплота, утерянная из-за химической неполноты сгорания топлива:

$$Q_{н.с.} = \Delta H_u \cdot G_t / 3,6 \quad (1.87)$$

Неучтенные потери теплоты

$$Q_{ост.} = Q_o - (Q_c + Q_e + Q_r + Q_{н.с.}) \quad (1.88)$$

Результаты расчетов теплоты сведены в таблице 30.

Таблица 30-Посчитанные значения теплового баланса

Составляющие теплового баланса	Частота вращения двигателя, мин 1							
	800		3200		5250		5600	
	Дж/с	q,%	Дж/с	q,%	Дж/с	q,%	Дж/с	q,%
Теплота, равносильная эффективной работе	10281	30,7	46401	35,6	72611	33	76961	31,2
Теплота, предоставляемая охлаждающей среде	8515	25,4	37799	28,8	52147	24	54382	22,1
Теплота, унесенная с отработавшими газами	6755	20,3	35683	27,4	66374	28	72347	29,4
Теплота, утерянная из-за химической неполноты сгорания топлива	6408	19,1	7367	5,7	12889	5,4	13921	5,5
Неучтенные потери теплоты	1521	4,6	3450	2,5	24547	10,6	29383	11,8
Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом	33486	100	130695	100	228563	100	246990	100

1.13 Построение внешней скоростной характеристики

«На основании теплового расчета , (ВАЗ-11193) получены величины характеристик, для построения внешней скоростной характеристики»[1,с.110].

Коэффициент приспособляемости по скоростной характеристики

$$K = M_{\epsilon_{max}} / M_{\epsilon N} = 138,5 / 132,1 = 1,1$$

(1.89)

2. Кинематика

«В моторах внутреннего сгорания возвратно-поступательное перемещение поршня превращается во вращательное движение коленчатого вала посредством кривошипно-шатунного механизма»[1]

2.1 Выбор λ и длины шатуна

«Для снижения высоты двигателя без существенного увеличения инерционных и нормальных сил отношение радиуса кривошипа к длине шатуна был принят в тепловом расчёте»[1,с.115]. $\lambda = 0,285$, радиус кривошипа равен $R=37,8$ мм. При этих условиях длина кривошипа равна:

$$L_{ш} = \frac{R}{\lambda} = \frac{37.8}{0,285} = 132.632 \text{ мм.} \quad (2.1)$$

2.2 Перемещение поршня

Перемещение поршня в зависимости от угла поворота коленчатого вала

$$S_{п} = R \cdot \left[(1 - \cos\varphi) + \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\varphi) \right]. \quad (2.2)$$

Расчёт $S_{п}$ производится аналитически через каждые 10° угла поворота коленчатого вала. Эти значения заносим в таблицу 1.1(Приложение А). График перемещения поршня представлен на плакате кинематики КШМ.

2.3 Скорость поршня

Угловая скорость вращения коленчатого вала:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 5250}{30} = 549.5 \text{ рад/сек.} \quad (2.3)$$

Скорость поршня в зависимости от угла поворота коленчатого вала:

$$v_{\text{п}} = \omega \cdot R \cdot \left(\sin\varphi + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\varphi \right). \quad (2.4)$$

Расчёт $v_{\text{п}}$ производится тоже аналитически через каждые 10° угла поворота коленчатого вала. Эти значения заносим в таблицу 1.1. График скорости поршня представлен на плакате кинематики КШМ.

2.4 Ускорение поршня

Ускорение поршня в зависимости от угла поворота коленчатого вала:

$$w_{\text{п}} = \omega^2 \cdot R \cdot \cos\varphi + \omega^2 \cdot R \cdot \lambda \cdot \cos 2\varphi = w_{\text{п1}} + w_{\text{п2}}. \quad (2.5)$$

Расчёт $w_{\text{п}}$, $w_{\text{п1}}$ и $w_{\text{п2}}$ производится также аналитически через каждые 10° угла поворота коленчатого вала. Эти значения заносим в таблицу 1.1. График ускорения поршня представлен на плакате кинематики КШМ.

3 Динамика кривошипно – шатунного механизма

«Индикаторную диаграмму, полученную в тепловом расчете, разворачивают по углу поворота кривошипа по способу Брикса»[1,с.158].

$$R\lambda / (2M_s) = 37.8 \cdot 0,285 / (2 \cdot 1) = 5,39 \text{ мм}, \quad (3.1)$$

3.1 Приведение масс частей кривошипно-шатунного механизма

«С учетом диаметра цилиндра, отношения S/D, рядного расположения цилиндров и достаточно высокого значения p_z устанавливаются»[1,с.160]:
масса поршневой группы (для поршня из алюминиевого сплава $m_{\text{п}}=110$

кг/м², а $F_n=45,94 \text{ см}^2$).

$$m_n = m'_n \cdot F_n = 110 \cdot 0,004594 = 0,5053 \text{ кг} \quad (3.2)$$

«масса шатуна (для стального кованного шатуна $m_{ш}=150 \text{ кг/м}^2$)»[1]

$$m_{ш} = m'_{ш} \cdot F_n = 150 \cdot 0,004594 = 0,6891 \text{ кг} \quad (3.3)$$

«масса неуравновешенных частей одного колена вала без противовесов (стальной кованый вал со сплошными шейками $m'_к = 170 \text{ кг/м}^2$)»[1] (3.4)

$$m_k = m'_k \cdot F_n = 170 \cdot 0,004594 = 0,781 \text{ кг}$$

«Масса шатуна, сосредоточенная на оси поршневого пальца»[1].

$$m_{ш-п} = 0,275 \cdot m_{ш} = 0,275 \cdot 0,6891 = 0,1895 \text{ кг} \quad (3.5)$$

«Масса шатуна, сосредоточенная на оси кривошипа»[1].

$$m_{ш-к} = 0,725 \cdot m_{ш} = 0,725 \cdot 0,6891 = 0,49959 \text{ кг} \quad (3.6)$$

«Массы, совершающие возвратно-поступательное движение»[1].

$$m_j = m_n + m_{ш-п} = 0,5053 + 0,1895 = 0,6948 \text{ кг} \quad (3.7)$$

«Массы, совершающие вращательное движение»[1].

$$m_R = m_k + m_{ш-к} = 0,781 + 0,49959 = 1,280 \text{ кг} \quad (3.8)$$

3.2 Силы инерции

Определяем значения удельной силы инерции возвратно-

(3.9)

поступательно движущихся масс[1]:

$$P_j = \frac{-w_n \cdot m_j}{F_n}.$$

«Центробежная сила инерции вращающихся масс шатуна одного цилиндра (при этом радиус кривошипа равен $R=37,8$ мм, а угловая скорость вращения коленчатого вала равна $\omega = 549,5$ рад/сек.)»[1]:

$$K_R = -m_R \cdot R \omega^2 = -1,280 \cdot 0,0378 \cdot 549,5^2 = -14,6163 \text{ кН}; \quad (3.10)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс шатуна одного цилиндра[1]

$$K_{R_{ш}} = -m_{ш \cdot к} \cdot R \omega^2 = -0,49959 \cdot 0,0378 \cdot 549,5^2 = -5,7022 \text{ кН}; \quad (3.11)$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс кривошипа[1]

$$K_{R_{к}} = -m_{к} \cdot R \omega^2 = 0,781 \cdot 0,0378 \cdot 549,5^2 = -8,91 \text{ кН}. \quad (3.12)$$

3.3 Удельные суммарные силы

«Суммарные силы (кН), действующие в кривошипно-шатунном механизме. Из теплового расчета было подсчитано, что $P_r = 0,1180$ МПа, для номинальной мощности при частоте оборотов $n=5250$ мин⁻¹)

$$P = P_r + P_j \quad (3.13)$$

Полученные значения записаны в таблицу (В1)

«Удельная нормальная сила (МПа)

$$p_n = p \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (3.14)$$

Значения $\operatorname{tg} \beta$ определяют для $\lambda = 0,285$ по таблице »[1]

Удельная нормальная сила действующая вдоль шатуна[1]:

$$p_s = p(1 / \cos \beta). \quad (3.15)$$

Удельная сила , действующая по радиусу кривошипа[1]

$$p_x = p \cos(\varphi + \beta) / \cos \beta. \quad (3.16)$$

Удельная и полная тангенциальные силы(МПа и кН)[1]:

$$p_T = p \sin(\varphi + \beta) / \cos \beta \text{ и } T = p_T F_n = p_T \cdot 0,004594 \cdot 10^3. \quad (3.17)$$

Результаты динамического расчета графически представлены на плакате[1].

Среднее значение тангенциальной силы за цикл :

по данным теплового расчета по площади , заключенной между кривой p_T и осью абсцисс

$$T_{cp} = \frac{2 \cdot 10^6}{\pi \tau} p_i F_n \quad (3.18)$$

$$p_{Tcp} = \frac{\Sigma F_1 - \Sigma F_2}{OB} M_p \quad (3.19)$$

$$T_{cp} = p_{Tcc} \cdot F_n \quad (3.20)$$

Результаты динамического расчета графически представлены на плакате.

4. Расчет основных деталей двигателей.

4.1 Расчет поршня

«На основании сведений расчетов (теплового , скоростной характеристики и динамического) получили»[1,с.209]самую высокую

силу $N_{\max} = 0,0042 \text{ МН}$ при $\varphi = 370^\circ$, массу поршневой группы $m_p = 0,5053 \text{ кг}$, максимальную частоту вращения $n_{\max} = 5600 \text{ об/мин}$ и $\lambda = 0,285$.

«В соответствии с существующими аналогичными двигателями и с учетом соотношений, принимаем: толщину днища поршня $\delta = 7,5 \text{ мм}$ », [1, с.209]. Все параметры выбираем из данных связанных с динамически и тепловым расчетам и по похожим двигателям.

Напряжение изгиба в днище поршня

$$\delta_{\text{из}} = p_{z_d} (r_i / \delta)^2 = 25,791 \text{ МПа} \quad (4.1)$$

$$\text{где } r_i = D / 2 - (s + t + \Delta t) = 0,012 \text{ м} \quad (4.2)$$

«Днище поршня должно быть усилено ребрами жесткости

Напряжение сжатия в сечении x-x» [1]

$$\delta_{\text{сж}} = P_{z_d} / F_{x-x} = 19,844 \text{ МПа} \quad (4.3)$$

$$\text{где} \quad (4.4)$$

$$P_{z_d} = p_{z_d} \cdot F_n = 0,046 \text{ МН}; \quad (4.5)$$

$$F_{x-x} = (\pi / 4)(d_k^2 - d_i^2) - n_m' F' = 2,325 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (4.6)$$

$$d_k = D - 2(t + \Delta t) = 0,068 \text{ м} \quad (4.7)$$

$$F' = (d_k - d_i) d_m / 2 = 7,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

«Напряжение разрыва в сечении x-x: максимальная угловая скорость холостого хода» [1]

$$\omega_{x-x \max} = \pi n_{x-x \max} / 30 = 586,11 \text{ рад/с} \quad (4.8)$$

«Максимальная разрывающая сила» [1]

$$P_j = m_{x-x} R \omega_{x-x \max}^2 (1 + \lambda) = 4,461 \cdot 10^3 \text{ Н} \quad (4.9)$$

«Напряжение разрыва»[1]

$$\delta_p = P_j / F_{x-x} = 1,919 \text{ МПа} \quad (4.10)$$

«Напряжение в верхней кольцевой перемычке»[1]:
среза

$$\tau = 0,0314 p_{z_j} (D / h_n)^2 = 6,891 \text{ МПа} \quad (4.11)$$

изгиба

$$\delta_{из} = 0,0045 p_{z_j} (D / h_n) = 21,587 \text{ МПа} \quad (4.12)$$

сложное

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_{из}^2 + 4\tau^2} = 25,612 \text{ МПа} \quad (4.13)$$

«Удельное давление поршня на стенку цилиндра»[1]:

$$\begin{aligned} q_1 &= N_{\max} / (h_{ю} D) = 1,659 \text{ МПа} ; \\ q_2 &= N_{\max} / (HD) = 1,098 \text{ МПа} . \end{aligned} \quad (4.14)$$

«Диаметры головки и юбки поршня»[1]:

$$\begin{aligned} D_r &= D - \Delta_r = 0,07604 ; \\ D_{ю} &= D - \Delta_{ю} = 0,07639 . \end{aligned} \quad (4.15)$$

$$\text{где } \Delta_r = 0,006 D = 4,59 \cdot 10^{-4} \text{ м}; \Delta_{ю} = 0,0015 D = 1,147 \cdot 10^{-4} \text{ м}. \quad (4.16)$$

Диаметральные зазоры в горячем состоянии

где $T_{ц}=385\text{К}$, $T_o=273\text{К}$, $T_r=673\text{К}$, $T_{ю}=513\text{К}$, приняты с учетом жидкостного охлаждения двигателя.

$$\begin{aligned} \Delta' r &= D[1 + \alpha_y (T_y - T_o)] - D_r[1 + \alpha_n (T_r - T_o)] = 5,362 \cdot 10^{-4} \text{ м}; \\ \Delta' ю &= D[1 + \alpha_y (T_y - T_o)] - D_{ю}[1 + \alpha_n (T_{ю} - T_o)] = 1,92 \cdot 10^{-4} \text{ м}. \end{aligned} \quad (4.17)$$

5. Системы двигателей

5.1 Расчет элементов системы питания

5.1.1 Расход воздуха

$$\alpha = \frac{G_{\varepsilon}}{G_m \cdot l_0}; G_{\varepsilon} = G_m \cdot l_0 \cdot \alpha. \quad (5.1)$$

при $n=800 \text{ мин}^{-1}$

$$G_{\varepsilon} = 2,662 \cdot 14,452 \cdot 0,86 = 33,085 \text{ кг} / \text{ч} = 0,00919 \text{ кг} / \text{с};$$

при $n=3200 \text{ мин}^{-1}$

$$G_{\varepsilon} = 10,71 \cdot 14,452 \cdot 0,96 = 148,589 \text{ кг} / \text{ч} = 0,0412 \text{ кг} / \text{с};$$

при $n=5250 \text{ мин}^{-1}$

$$G_{\varepsilon} = 18,73 \cdot 14,452 \cdot 0,96 = 259,858 \text{ кг} / \text{ч} = 0,0721 \text{ кг} / \text{с};$$

при $n=5600 \text{ мин}^{-1}$

$$G_{\varepsilon} = 20,24 \cdot 14,452 \cdot 0,96 = 280,808 \text{ кг} / \text{ч} = 0,078 \text{ кг} / \text{с}.$$

5.1.2 Расход воздуха циклический

$$G_{\text{ци}} = \frac{G_{\varepsilon}}{Z \cdot 2 \cdot n}; \quad (5.2)$$

$$\text{при } n=800 \text{ мин}^{-1} \quad G_{\text{ци}} = \frac{0,00919}{13,33} = 0,000173 \text{ кг} / \text{цикл} = 173 \frac{\text{мг}}{\text{цикл}};$$

$$\text{при } n=3200 \text{ мин}^{-1} \quad G_{\text{ци}} = \frac{0,0412}{2 \cdot 2 \cdot 53,33} = 0,000192 \text{ кг} / \text{цикл} = 192 \frac{\text{мг}}{\text{цикл}};$$

$$\text{при } n=5250 \text{ мин}^{-1} \quad G_{\text{ци}} = \frac{0,0721}{2 \cdot 2 \cdot 87,5} = 0,000206 \text{ кг} / \text{цикл} = 206 \frac{\text{мг}}{\text{цикл}};$$

$$\text{при } n=5600 \text{ мин}^{-1} \quad G_{\text{ци}} = \frac{0,078}{2 \cdot 2 \cdot 93,33} = 0,000208 \text{ кг} / \text{цикл} = 208 \frac{\text{мг}}{\text{цикл}}.$$

5.1.3 Расход топлива циклический

$$G_{\text{ци}} = \frac{G_{\text{т}}}{Z \cdot 2 \cdot n} \quad (5.3)$$

при $n=800 \text{ мин}^{-1}$

$$^1 G_{\text{ци}} = \frac{2,662}{2 \cdot 2 \cdot 13,33 \cdot 3600} = 0,00001383 \text{ кг/цикл} = 13,83 \frac{\text{МГ}}{\text{ЦИКЛ}};$$

при $n=3200 \text{ мин}^{-1}$

$$^1 G_{\text{ци}} = \frac{10,71}{2 \cdot 2 \cdot 53,33 \cdot 3600} = 0,00001394 \text{ кг/цикл} = 13,94 \frac{\text{МГ}}{\text{ЦИКЛ}};$$

при $n=5250 \text{ мин}^{-1}$

$$G_{\text{ци}} = \frac{18,73}{2 \cdot 2 \cdot 87,5 \cdot 3600} = 0,00001486 \text{ кг/цикл} = 14,86 \frac{\text{МГ}}{\text{ЦИКЛ}};$$

при $n=5600 \text{ мин}^{-1}$

$$G_{\text{ци}} = \frac{20,24}{2 \cdot 2 \cdot 93,33 \cdot 3600} = 0,00001506 \text{ кг/цикл} = 15,06 \frac{\text{МГ}}{\text{ЦИКЛ}}.$$

5.2 Расчет элементов системы охлаждения

5.2.1 Водяной насос

В тепловом расчете было подсчитано: количество $Q_{\text{в}} = 52145 \text{ Дж/с}$, «средняя теплоемкость воды $c_{\text{ж}} = 4187 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, средняя плотность воды $\rho_{\text{жс}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, напор, создаваемый насосом, мы приняли $\rho_{\text{жс}} = 120000 \text{ Па}$, частота вращения насоса $n_{\text{в}^* \text{н}} = 4600 \text{ мин}^{-1}$ » [1, с.376].

«Циркуляционный расход воды в системе охлаждения :

$$G_{ж} = Q_{с} / (c_{ж} \cdot \rho_{ж} \cdot \Delta T_{ж}) = 52145 / (4187 \cdot 1000 \cdot 9,6) = 0,0013 \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (5.4)$$

где $\Delta T_{ж}=9,6$ К –температурный перепад воды при принудительной циркуляции»[1].

«Расчетная производительность насоса:

$$G_{ж.р} = G_{ж} / \eta = 0,0013 / 0,82 = 0,00158 \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (5.5)$$

где $\eta = 0,82$ -коэффициент подачи насоса»[1]

«Радиус входного отверстия крыльчатки

$$r_1 = \sqrt{G_{ж.р} / (\pi c_1) + r_0^2} = \sqrt{0,00158 / (3,14 \cdot 1,8) + 0,01^2} = 0,0195 \text{ м}. \quad (5.6)$$

где $c_1=1,8$ -скорость воды на входе в насос, м/с; $r_0=0,01$ -радиус ступицы крыльчатки, м»[1].

«Окружная скорость потока воды на выходе из колеса:

$$U_2 = \sqrt{1 + \operatorname{tg} \alpha_2 \cdot \operatorname{ctg} \beta_2} \cdot \sqrt{p_{ж} / (\rho_{ж} \eta_h)} = \sqrt{1 + \operatorname{tg} 10^\circ \operatorname{ctg} 45^\circ} \cdot \sqrt{120000 / (1000 \cdot 0,65)} = 14,7 \text{ м / с}, \quad (5.7)$$

где угол $\alpha_2 = 10^\circ$ а угол $\beta_2 = 45^\circ$; $\eta_h = 0,65$ - гидравлический к.п.д. насоса»[1].

«Радиус крыльчатки колеса на выходе» [1] :

$$r_2 = 30 U_2 / (\pi n_{с.н}) = 30 \cdot 14,7 / (3,14 \cdot 4600) = 0,0304 \text{ м}. \quad (5.8)$$

«Окружная скорость входа потока»[1]:

$$U_1 = U_2 r_1 / r_2 = 14,7 \cdot 0,0195 / 0,0304 = 9,43 \text{ м / с}. \quad (5.9)$$

«Угол между скоростями c_1 и U_1 принимается $\alpha_1 = 90^\circ$, при этом $\operatorname{tg} \beta_1 = c_1 / U_1 = 1,8 / 9,43 = 0,1908$, откуда $\beta_1 = 10^\circ 93'$ »[1].

«Ширина лопатки на входе:

$$b_1 = \frac{G_{ж.п}}{(2\pi r_1 - z\delta_1 / \sin \beta_1)c_1} = \frac{0.00158}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0195 - 4 \cdot 0,003 / \sin 10^\circ 93'} \cdot 1,8 = 0.0148 \text{ м.} \quad (5.10)$$

где $z=4$ - число лопаток на крыльчатке насоса; $\delta_1 = 0,003$ толщина лопаток у входа, м»[1].

«Радиальная скорость потока на выходе из колеса»[1]:

$$c_r = \frac{p_{ж} \operatorname{tg} \alpha_2}{\rho_{ж} \eta_h U_2} = \frac{120000 \operatorname{tg} 10^\circ}{1000 \cdot 0,65 \cdot 14,7} = 2,2 \text{ м/с.} \quad (5.11)$$

«Ширина лопатки на выходе

$$b_2 = \frac{G_{ж.п}}{(2\pi r_2 - z\delta_2 / \sin \beta_2)c_r} = \frac{0,00158}{(2 \cdot 3,14 \cdot 0,0304 - 4 \cdot 0.003 / \sin 45^\circ) 2.2} = 0.0041. \quad (5.12)$$

где $\delta_2 = 0.003$ — толщина лопаток на выходе, м»[1].

«Мощность, потребляемая водяным насосом:

$$N_{э.н} = G_{ж.п} \rho_{ж} / (1000 \eta_m) = 0,00158 \cdot 120000 / (1000 \cdot 0,82) = 0,23 \text{ кВт}, \quad (5.13)$$

где $\eta_m = 0,82$ механический к.п.д. водяного насоса»[1].

5.3.2 Расчет поверхности охлаждения водяного радиатора.

Из данных, теплового баланса количество тепла, равно:

$$Q_{возд} = Q_в = 52145 \text{ Дж/с}; \quad \text{«средняя теплоемкость воздуха } c_{возд} = 1000 \text{ Дж/(кг*К); объемный расход воды, проходящей через радиатор, } G_{ж} = 0.00158 \text{ м}^3/\text{с}; \text{ средняя плотность воды } \rho_{ж} = 1000 \text{ кг/м}^3 \text{»}[1, с.380].$$

«Количество воздуха , проходящего через радиатор :

$$G'_{\text{возд}} = Q_{\text{возд}} / (c_{\text{возд}} \Delta T_{\text{возд}}) = 52145 / (1000 \cdot 25) = 2.09 \text{ кг / с} \quad (5.14)$$

где $\Delta T_{\text{возд}} = 25$ – температурный перепад воздуха в решетке радиатора , К»[1].

«Массовый расход воздуха , проходящей через радиатор»[1]:

$$G'_{\text{ж}} = G_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 0.00158 \cdot 1000 = 1,58 \text{ кг / с.} \quad (5.15)$$

«Средняя температура охлаждающего воздуха , проходящего через радиатор:

$$T_{\text{ср.возд}} = \frac{T_{\text{возд.вх}} + (T_{\text{возд.вх}} + \Delta T_{\text{возд}})}{2} = \frac{313 + (313 + 25)}{2} = 325,5 \text{ К}, \quad (5.16)$$

где $T_{\text{возд.вх}}=313$ - расчетная температура воздуха перед радиатором» К[1].

«Средняя температура воды в радиаторе

$$T_{\text{ср.вод}} = \frac{T_{\text{вод.вх}} + (T_{\text{вод.вх}} - \Delta T_{\text{вод}})}{2} = \frac{364 + (364 - 9,6)}{2} = 359,2 \text{ К}, \quad (5.17)$$

где $T_{\text{вод.вх}}=364$ -температура воды перед радиатором, К; $\Delta T_{\text{в}} = 9,6$ температурный перепад воды в радиаторе, К[1].

«Поверхность охлаждения радиатора

$$F = \frac{Q_{\text{вод}}}{K(T_{\text{ср.вод}} - T_{\text{ср.возд}})} = \frac{52145}{160(359,2 - 325,5)} = 9,67 \text{ м}^2, \quad (5.18)$$

где $K=160$ - коэффициент теплопередачи для радиаторов легковых автомобилей, Вт/(м²*К)[1].

5.2.3 Вентилятор

«По данным расчета водяного радиатора массовый расход воздуха, подаваемый вентилятором а его средняя температура:

$T_{cp.возд} = 325,5 K$. $G'_{возд} = 2,09 \text{ кг} / \text{с}$, Напор, создаваемый вентилятором
принимается[1]. $\Delta p_{тр} = 850 \text{ Па}$.

«Плотность воздуха при средней его температуре в радиаторе»[1]

$$\rho_{возд.} = \rho_0 \cdot 10^6 / (R_{г} T_{cp.возд}) = 0,1 \cdot 10^6 / 287 \cdot 325,5 = 1,07 \text{ кг} / \text{м}^3. \quad (5.19)$$

«Производительность вентилятора» [1]

$$G_{возд} = G'_{возд} / \rho_{возд} = 2,09 / 1,07 = 1,95 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (5.20)$$

«Фронтальная поверхность радиатора

$$F_{фр.рад} = G_{возд} / \omega_{возд} = 1,95 / 15 = 0,13 \text{ м}^2, \quad (5.21)$$

где $\omega_{возд} = 15$ - скорость воздуха перед фронтом радиатора без учета скорости движения автомобиля, м/с»[1]

«Диаметр вентилятора

$$D_{вент} = 2 \sqrt{F_{фр.рад} / \pi} = 2 \sqrt{0,13 / 3,14} = 0,407 \text{ м}. \quad (5.22)$$

Окружная скорость вентилятора

$$u = \varphi_{л} \sqrt{\Delta p_{тр} / \rho_{возд}} = 3,41 \sqrt{850 / 1,07} = 96,1 \text{ м} / \text{с}, \quad (5.23)$$

где $\varphi_{л} = 3,41$ - безразмерный коэффициент для плоских лопастей[ё] .

«Частота вращения вентилятора

$$n_{вент} = 60 u / (\pi D_{вент}) = 60 \cdot 96,1 / (3,14 \cdot 0,407) = 4582 \text{ мин}^{-1}. \quad (5.24)$$

«Таким образом , выполнено условие $n_{вент} = n_{в.н} = 4600 \text{ мин}^{-1}$ (вентилятор и водяной насос имеют общий привод»[1,с.383].

«Мощность затрачиваемая на привод осевого вентилятора ,

$$N_{\text{вент}} = G_{\text{возд}} \Delta p_{\text{тр}} / (1000 \eta_{\epsilon}) = 1,95 \cdot 850 / (1000 \cdot 0,4) = 4,144 \text{ кВт} \quad (5.25)$$

где $\eta_{\epsilon}=0,4$ - к.п.д. клепанного вентилятора»[1].

6.Обзор состояния вопроса. Система охлаждения двигателя с электрорегулируемым термостатом.

6.1 Обзор

Система охлаждения ДВС- предназначена для принудительного отвода теплоты от деталей двигателя, омываемых горячими газами , для обеспечения их оптимального и стабильного теплового состояния которая должна обеспечивать поддержание теплового состояния двигателя в требуемых пределах ,при различных нагрузочных режимах и условиях работы. Система охлаждения на современных автомобилях, кроме основной функции, выполняет много других функций, в том числе:

- в системе смазки охлаждает масло;
- в системе рециркуляции отработавших газов охлаждает отработавшие газы;
- охлаждение воздуха в турбонаддуве(дизели);
- в автоматической коробке передач охлаждает рабочую жидкость.

Существуют разные виды систем охлаждения : воздушная (открытого типа) ;жидкостная (закрытого типа) и комбинированная. В системе жидкостного охлаждения поток жидкости отводит тепло от нагретых частей двигателя. В воздушной системе охлаждения применяется поток воздуха. Совмещение жидкостной и воздушной системы охлаждения образуют

комбинированную систему. Наиболее подробно рассмотрим жидкостную систему охлаждения .

Вначале автомобилизации осуществляли охлаждение при помощи термосифонного метода. Более легкая теплая вода подымалась по водосборной трубе в верхушку радиатора, потом опускалась книзу и опять поступала в двигатель. Вода совершала свой круг, пока двигатель работал. Охлаждение воды обеспечивалось с помощью вентилятора, было невозможно регулирование температуры. Вскоре движение воды по кругу было ускорено с помощью водяного насоса. Плохо это тем, что в непрогретом двигателе ухудшается смесеобразование, а масло остается вязким. Отсюда следует потери мощности и перерасход топлива.

Слабые места такой системы:

- долгий прогрев двигателя;
- низкая температура двигателя при зимнем использовании.

В скором времени в систему охлаждения было введено управляющее устройство температуры охлаждающей жидкости – термостат. Термостат представляет собой прибор поддержания постоянной температуры . Теперь регулирование расхода охлаждающей жидкости осуществлялось через радиатор. Целью нового устройства было предотвращение его переохлаждения и быстрый прогрев двигателя.

Вскоре появились новые инновации в системе охлаждения вместо одного круга циркуляции стало два - большой и малый. Малый круг, включает только рубашку охлаждения, в которую передается тепло от более нагретых деталей мотора, жидкость начинает циркулировать после запуска. Это все позволяет охлаждающей жидкости быстро набрать ту температуру, которую требует мотор и столь же быстро двигатель должен прогреться, в холодном состоянии все сводится к минимуму проблем работы.

В движение, через радиатор(по большому кругу), жидкость отправляется, тогда, когда возникает угроза перегрева. Потом остается

только регулировать циркуляцию жидкости через радиатор когда жидкость снова пойдет на маленький круг, если температура чересчур снизится.

Достигается, выгодное поддержание температурного режима работы двигателя благодаря термостату. Он выбирает путь, по которому водяной насос в зависимости от температуры будет толкать охлаждающую жидкость, и термостат будет обеспечивать автоматизм, потому что в нем используется наполнитель церезин, который изменяется при нагреве и охлаждении.

Наполнители могут бывают твердыми и жидкими, раньше применялись термостаты с жидким наполнителем, но они оказались плохими. В итоге это привело к термостатам с твердым наполнителем. Наполнитель при нагреве расширяется и плавится, взаимодействуя со штоком клапана термостата. Когда клапан открывается, жидкость поступает в большой круг циркуляции. Когда температура ниже указанной, уже жидкий наполнитель становится твердым и его объем уменьшается. Клапан закрывается под действием возвратной пружины и жидкость не проходит через радиатор. Продолжается это до тех пор, пока жидкость, не нагреется до нужной температуры, циркулируя по малому кругу, омывая рабочий элемент термостата.

Большим недостатком одноклапанных термостатов является неточность в перенаправлении потока жидкости с малого круга на большой и наоборот, потому что радиатор создает гидравлическое сопротивление. Эта проблема сподвигла инженеров на создание двухклапанных. В них основной клапан открывает проход охлаждающей жидкости в большой круг циркуляции, малый круг закрывается другим дополнительным клапаном.

Двухклапанный термостат хорош своими инновациями, но существовал еще один минус. Температурный режим, который обеспечивал термостат, при любых атмосферных условиях, это было отлично, и любой

нагрузки двигателя, а это было плохо, так как что являлось приемлемым при одной нагрузке переставало быть таким же при ее изменении.

Самая главная функция термостата Лада Калина или другого авто сосредоточена в предотвращение перегрева силового агрегата и в его поддержании температуры транспортного средства. Специальный клапан регулирует температуру. Этот клапан автоматически открывается, когда машина перегревается, и закрывается, если двигатель начинает остывать.

Закрывание клапана требуется, чтобы снизить продолжительность прогрева машины в неблагоприятные погодные условия. После полного закрытия, клапан начинает понемногу открываться, когда температура жидкости достигнет исправной, открытие клапана происходит полностью

Термостат работает с помощью законов физики, он механический. клапан открывается, потому что есть твердый термочувствительный материал, который нагревается при высоких температурах и открывает заслонку.

Очень много разных проблем существует в ладе «Калине» и одна из распространенных проблем это система охлаждения, а из нее вытекает множество других проблем:

1. падение температуры ДВС в начале движения автомобиля и после абсолютного его прогрева;
2. усиленное потребление горючего;
3. постоянное перегревание ДВС в том числе и в прохладные периоды года;
4. долговато прогревается мотор;
5. протекает ОЖ в участках соединений хомутами патрубков различных элементов и конструкций автомобиля;
6. спонтанное отключение ДВС при езде автомобиля;

Поэтому от этих симптомов пора избавляться, потому что в зимнее время года никому не охото копаться остановившись внезапно на дороге, да и в летнее тоже.

6.2 Разновидности систем охлаждения автомобилей.

6.2.1. Mazda 323 (Мазда 323).

Контур охлаждающей жидкости управляется с помощью термостата. Пока мотор прохладный охлаждающая смесь циркулирует только лишь по блоку цилиндра и теплообменнике. При увеличении температуры охлаждающей жидкости термостат начинает открываться и ОЖ теперь идет и через радиатор сверху к низу и охлаждается под действием вентилятора. Охлаждающая жидкость движется под действием водяной помпы (насоса).

«Электрический вентилятор гарантирует вспомогательное охлаждение. Если температура охлаждающей жидкости увеличивается до +92 С, термовыключатель посредством резистора включает вентилятор. В случае если температура ОЖ снижается ниже +83 С, термовыключатель автоматически выключает вентилятор»[31]. Когда выключен двигатель и включено зажигание, может произойти автоматическое включение вентилятора радиатора так как двигатель теплый и это может повториться несколько раз». Расширительный бачок собирает жидкость при нагревании, а после того как охладит двигатель возвращает ее обратно. Хорошее охлаждение обеспечивает контур, потому что он постоянно заполнен. Доливаться охлаждающая жидкость должна только через расширительный бачок.

6.2.2 Lexus RX300 (Лексус 300).

Начало запуска двигателя, насос прокачивает охлаждающую жидкость (ОЖ) в головке и блоке цилиндров. Когда температура ОЖ повысится до

нужного уровня то термостат открывает большой контур охлаждения. Когда температура ОЖ набирает еще большие показатели то автоматически включается вентилятор , он создаёт вспомогательный поток воздуха через рёбра радиатора.

«После каждого пуска холодного двигателя охлаждающая жидкость вначале пульсирует по малому кругу, он ограничивается водяной рубашкой и радиатором отопителя». [25].

В этой системе стоит термостат, который работает от электричества, он не дает потоку пройти к радиатору, пока температура не нагреется до нужной. Самое главное чем меньше круг циркуляции ,тем быстрее прогреется двигатель и поэтому вынесет меньше отработанного газа. Когда ОЖ достигнет заданной температуры, термостат отвертывается и горячая охлаждающая жидкость начинает проходить через теплообменник .

Когда температура ОЖ рабочая, охлаждающая жидкость начинает двигаться из правого бачка радиатора к водяному насосу. Потом охлаждающая жидкость просачивается в блок цилиндров и его головку двигателя: когда клапан термостата открыт через него течет основная часть жидкости в левый бачок радиатора. Образуется кругооборот в радиаторе, жидкость стекающая внизу, сформировывает место сверху для жидкости которая нагрета. Термостат закрывается только тогда , когда температура охлаждающей жидкости меньше заданной и нагревается пока вновь не станет номинальной.

6.2.3. (BMW 5 (E39))

Двигатель БМВ очень мощный и поэтому оснащен термостатическим регулированием с циркуляционной системой охлаждения. В малом круге жидкость будет циркулировать только в головке и блоке цилиндров, а если при включенном отоплении то и в теплообменнике. Естественно при

увеличении температуры клапанная тарелка термостата открывается и жидкость начинает циркулировать по большому контуру, проходя через радиатор жидкость остужается при работающем вентиляторе. Клиновый ремень двигателя приводит насос охлаждающей жидкости в действие. Насос охлаждающей жидкости приводится в движение клиновым ремнем двигателя.

На валу насоса закреплен вентилятор. Самое интересное что в вентиляторе обнаруживается вязкостная муфта. Когда воздух набирает температуру 90°C , то в вязкостной муфте присоединяется биметаллическая пластина и включает вентилятор. Он вращается с числом оборотов двигателя и обеспечивает большой теплообмен пока температура охлаждающего воздуха не станет ниже $+60^{\circ}\text{C}$. Вскоре число оборотов вентилятора падает и вязкостная муфта отключается.

В следствие неполного подключения вентилятора увеличивается полезная мощность двигателя и снижается потребление горючего.

6.3 Устройство системы охлаждения двигателя с электронным регулированием. Инновационный термостат.

У двигателя разные нагрузочные режимы и не один термостат, не горазд оптимизировать температуру ОЖ для этих режимов. В нашем термостате будет не только твердый наполнитель, но и нагревательный резистор с настроенной температурой на подачу тока, а охлаждающая жидкость будет омывать этот наполнитель. Если даже отключить этот резистор, термостат будет действовать, как механический, но температура его срабатывания будет составлять 105°C . Штифт будет перемещаться не только под действием наполнителя но и под действием нагревания, все это определяется блоком управления двигателем, так как заложено в программе жидкости.

Электрический подогрев будет являться залогом инновационного термостата. Он может регулировать температуру жидкости которая находится в самой системе в трех разных положениях. А значит мы сами можем задать ту температуру, которая регламентируется самой выгодной и при любых погодных условиях скомпановать ее.

Качеством и свойствами такой системы является:

- какая бы разная нагрузка не присутствовала в двигателе , эта система всегда будет поддерживать нормальную температуру охлаждающей жидкости ;
- обладание автоматическим регулированием температуры ОЖ;
- на холостом ходе и при не полной нагрузке уменьшается расход топлива;
- в отработавших газах уменьшаются недогоревшие углеводороды и становится меньше окисей углерода
- термостат с твердым наполнителем
- нагревательное сопротивление
- механическая спираль для защелкивания каналов охлаждающей жидкости
- два разных клапана в виде тарелочек, большая и маленькая

В твердый наполнитель термостата подключено разогревательное сопротивление. Наполнитель расширяется при нагреве, в результате чего штифт выставляется в установленную длину “х” в связи с тем ,как нагрелся твердый наполнитель. Этот штифт и регулирует уровень открытия проходов к охлаждающей жидкости. Управление этого нагревательного резистора производится от блока управления мотором по сигналу PWM (PWM – широтно-импульсная модуляция,)

Все зависит от того какой импульс силы , как раз от этого меняется степень разогревания наполнителя.

Термостат расположен в инновационном распределителе охлаждающей жидкости.

Расположение инновационного распределителя будет у головки цилиндров, он будет подсоединяться с помощью штуцеров.

В распределителе есть верхний и нижний уровни. верхний уровень малый круг. Особенность составляет что ,насос системы охлаждения находится снизу но все равно будет взаимодействовать с верхнем уровнем. Нижний уровень –большой круг. У распределителя есть вертикальная канавка связывающая ,два уровня. Термостат будет сам определять на какой круг поступать жидкости . А теперь по подробнее расскажу о поступлении жидкости.

. В начале запуска двигателя, насос системы охлаждения принудительно заставляет охлаждающую жидкость передвигаться по контуру малого круга. Эта жидкость двигается от блока цилиндров двигателя к инновационному распределителю в верхний уровень.

Позиция термостата выбрана так , что ОЖ идет лишь к насосу. Двигатель прогревается очень быстро ,так как охлаждающая жидкость идет только по малому кругу .Теплообменник включены в малый круг. У этого теплообменника есть клапан который может закрыть движение ОЖ с помощью управления системой, и воздух перестанет нагреваться ,в салоне.

Когда очень сильно начинаем нагружать двигатель, ему не хватает малого круга охлаждения, а ему необходимо усиленное охлаждение ОЖ и вот здесь на термостат поступает ток и клапанная тарелка понемногу начинает открываться ,чтобы жидкость могла идти из радиатора. В это же время посредством того же самого импульса меньшая тарелка в виде клапана начинает затмевать путь к насосу по малому кругу. Зато теперь насос начинает подавать охлаждающую жидкость , которая выходит из самого двигателя ,то есть из головки , и он это все начинает делать через верхний уровень Насос подает охлаждающую жидкость, выходящую из головки блока, через верхний уровень прямо к радиатору. И обратно поступает из радиатора в нижний уровень распределителя и идет к насосу. В

некоторый момент вероятен также составной кругооборот охлаждающей жидкости. Охлаждающая жидкость будет идти и в большой ,и в малый круг.

Для того чтобы снизить расход топлива и уменьшить токсичность выхлопных газов, нужно увеличить температуру охлаждающей жидкости до 110°C. Жидкость проходящая через радиатор уменьшается до 85 °С, и поэтому риск детонации двигателя уменьшается. В других позициях термостата (закрытое и полуоткрытое) температура жидкости будет сохраняться на позиции 110 °С. Когда не очень большие нагрузки на двигатель , для удовлетворения потребностей мотора жидкость должна уравнивать закипанию жидкости примерно 100-105°C.Но это ведет к нехорошему , а именно уменьшению насыщения воздухом цилиндров, когда воздуха мало, то сжигается топлива меньше и это приводит к большим лишениям мощности при полной нагрузке ДВС. Для полной нагрузки, температура ОЖ не может быть выше чем 85-90°C.

Задается вопрос ведь жидкость (вода)закипает при 100°C,поэтому для усовершенствования двигателя охлаждающая жидкость всегда находится под давлением и поэтому теперь она кипит не при 100°C,а при 115..125°

При частичной нагрузке, увеличенная температура ОЖ гарантирует выгодную обстановку для работы мотора и гораздо лучше воздействует на расход топлива и уменьшает токсичность отработавших газов .При номинальной нагрузке , уменьшенная температура ОЖ , повышает мощность двигателя.

Цель моего проекта как раз и заключалась в том, чтобы уменьшить прогрев двигателя, тем самым уменьшить расход топлива и увеличить мощность двигателя и сделать так, чтобы температурный режим соответствовал с нагрузкой. Сравнивая две системы охлаждения ,бывшую и инновационную понимаем, что температура на выходе поменялась на 10 градусов , а на входе на пять градусов .

В моей работе были внесены минимальные полезные изменения, чтобы сделать систему охлаждения более современной:

- в размерах самые маленькие изменения;
- распределитель и термостат показывают из себя унитарное и разумное устройство, теперь термостат очень быстро находится;
- заложение программы в устройство автоуправления. В этом устройстве повышено количество датчиков и подсоединений: – датчик термостата на подачу тока (выходной сигнал); – датчик температуры на выходе из радиатора (входной сигнал)

Некоторые основные данные системы охлаждения двигателя для контроля, регулировки и обслуживания:

- когда термостат только начинает открываться , °С 83-85;
- когда термостат полностью открыт , °С 105-110;
- «давление открытия выпускного клапана пробки РБ, кПа (бар) не менее 120-130(1,2-1,3)»[32];
- «давление открытия впускного клапана пробки РБ, кПа (бар) 3-10 (0,03-0,1)» [32].

Это может являться хорошей разработкой для гоночных машин, для ралли так как у нас температура закипания жидкости теперь около 115-130°С, мы можем специально с бортового компьютера подать импульс на термостат чтобы он закрылся на время ,тем самым , с увеличением температуры охлаждающей жидкости мы будем увеличивать мощность двигателя, но тогда когда мы дойдем до отметки в 110- 115 градусов мы должны будем переключить термостат в открытое состояние чтобы жидкость снова циркулировала нормально.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был произведен расчет четырехтактного двигателя внутреннего сгорания с электронным регулированием системы охлаждения .

В основной части были выполнены тепловой, кинематический, динамический, прочностной расчеты, расчет систем. Результаты расчетов представлены на плакатах. Внедрение инновационной системы охлаждения с электронным регулированием показали ряд достоинств и недостатков.

Преимущества:

- повышенные показатели типа устройства, отличающийся от других увеличенным потенциалом.
- пунктуальность и верность работы и улучшенная функциональность
- прогрев двигателя стал более быстрым
- уменьшение расхода топлива при частичной нагрузке двигателя;
- уменьшение содержания окиси углерода и несгоревших углеводородов в отработавших газах.
- во время открываются и закрываются клапана с помощью датчиков
- повышена надежность материалов

Самое необычное то что теперь работа может производиться не только в автоматическом режиме , но и в ручном.

Недостатки:

- выход из строя резистора
- окисление проводки или каких- либо соединений
- отказ реле или датчиков.
- повышена стоимость термостата и распределителя

НЕ смотря на сложность конструкции и удорожание материалов система охлаждения с электронным регулированием обеспечивает поддержание двигателя в заданных интервалах температур и способна автоматически поддерживать нагрузочные режимы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Колчин, А.И.** Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст]/ Колчин, А.И. Демидов В.П. // Учебное пособие для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Высшая школа 1980. - 400с.
2. **Ложкин, А. М.** Расчёт и анализ параметров рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания. Учебное пособие[Текст]/ Л43 Ложкин М.Н., Дзюбан А.М.: Учебное пособие / Под редакцией А.П. Шайкина-Тольятти: 2008.- 101 с.
3. **Automotive Air Conditionings** [Электронный источник] - URI <http://www.crankshaft.com/automotive-air-conditioning/> (дата доступа 06.04.2017)
4. **How car cooling system works** [Электронный источник] - URI <https://mgitecetek.wordpress.com/2011/06/28/how-car-cooling-system-works/> (дата доступа 06.04.2017)
5. **A centrifugal pump and a water pump** [Электронный источник] - URI <http://autoworld.50webs.com/carcooling.html> (дата доступа 06.04.2017)
6. **Automobile Cooling System** [Электронный источник] - URI <http://www.automotive-online.com/cooling-system/> (дата доступа 14.03.2017)
7. **Radiator Repair Guides** [Электронный источник]- URI [.http://www.radiatorrepair.com/automotive-cooling-system-works/](http://www.radiatorrepair.com/automotive-cooling-system-works/) (дата доступа 06.04.2017)
8. **Луканин, В.Н** Двигатели внутреннего сгорания В 3 кн.Кн.1.Теория Д23 рабочих процессов: [Текст]/Учеб. Луканин В.Н, Морозов К.А.; Под ред. В.Н. Луканина.- М.:Высш.шк.,1995.-368с.:ил
9. **Ганенко,А.П.**Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов(требования ЕСКД) [Текст]/Учебн.пособие для проф. образов.Ганенко А. П., Молславская Ю.П.-2е изд.,стереотип.- М.:ИРПО; Изд. Центр Академия,2000-352с.

10. **Райков, И. Я.** , Рытвинский Г.Н. Конструкция автомобильных и тракторных двигателей [Текст]/Учебн. Райков И. Я. , Рытвинский Г.Н для вузов по спец. Двигатели внутреннего сгорания .-М.:Высш.шк.,1986-352с.:ил.
11. **Луканин, В.Н.** Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн.Кн.2. Динамика Д23 и конструирование: [Текст]/Учебник для вузов/В.Н. Луканин, И.В. Алексеев.;Под ред. В. Н. Луканина и М.Г. Шатрова .- 3-е изд . перераб.- М.:Высш.шк.,2007.-400с.:ил.
12. **Петриченко, Р.М.** Системы жидкостного охлаждения быстроходных двигателей внутреннего сгорания. : [Текст]/Учебн. Петриченко Р.М .Л.,Машиностроение(Ленингр. Отделение),1975.224с.
13. **Орлин, А.С.** Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» [Текст] /В.П. Алексеев, Н.А. Иващенко и др.; Под общей редакцией А.С. Орлина, М.Г. Круглова//. –3-е издание, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. - с.528.
14. **Гаврилов, А.К.** Системы жидкостного охлаждения автотракторных двигателей[Текст] / А.К. Гаврилов. – М.: Машиностроение, 1966. – 164 с.
15. **Какушкин, Ю.А., Медведев, В.В.** Системы охлаждения автомобильных двигателей: методические указания к лабораторной работе [Текст] / Сост. Ю.А. Какушкин, В.В. Медведев. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011.– 25 с.
16. **Якубович, А.И.** Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей исследования , параметры и показатели[Текст] /А.И.Якубович,Г.М.Кухаренок Минск:БНТУ.2014-300с.
17. **Service Volkswagen.** Программа самообучения 222 Система охлаждения двигателя с электронным регулированием[Текст] Научный журнал -28с.
18. **Чумаков, Л.Л.** Курс лекций по дисциплине «Экономика предприятия», 2004

19. **Луканин, В.Н.** «Промышленная транспортная экология». М.: Высшая школа, 2001.
10. Долин П.А. «Справочник по технике безопасности». М.: Энергоатомиздат, 1985.
20. **Малкин, В.С.** Надежность технических систем и техногенный риск/ В.С Малкин.-Ростовн/Д[Текст]/Феникс,2010-432, [1]с.:ил.-(Высшее образование)
21. **Дзюбан, А.М.** Курс лекций по дисциплине «Системы ДВС», 2017г
22. **Анурьев, В.И.** Справочник конструктора-машиностроителя [Текст] / В.И. Анурьев// В 3-х т. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. –с.296.
23. **Рассел, Д.** Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания.Книга/ Рассел.Д .,Учебн пособие,2013.-310с.
24. **Мельников, И.** Грузовые Автомобили. Системы охлаждения и смазки .3с
25. Автомануалы[Электронный ресурс]//URL:<http://automn.ru/>(дата доступа 30. 05. 2017)
26. **Егоров, А.Г.** Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста [Текст] / учебно-методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова – Тольятти, 2012, - 135с.
27. **Орлин, А.С.** Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для студентов втузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» [Текст] /Д.Н. Вырубов, С.И. Ефимов,.; Под общей редакцией А.С. Орлина, М.Г. Круглова. –4-е издание, перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1984. – с.384
28. **Денисов, В. П.** ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ /Научная статья[Текст]/ В. П. Денисов, А. П. Домбровский, О. О. Мироничева Вестник СибАДИ, выпуск 5, 2012-27с.

29. **Корчажкин, М.Г.** ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР // Фундаментальные исследования. ., [Текст]Пачурин Г.В., Беляев – 2015. – № 8-1. – С. 64-67; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38847> (дата обращения: 30.05.2017)
30. **Луканин, В.Н.** Двигатели внутреннего сгорания. В 3кн. Кн 1Теория Д23 рабочих процессов: Учебник для вузов[Текст]/ Луканин В.Н., Морозов К.А и др.Под ред. Луканина В.Н.-2е изд. перераб и доп.- М высш школа, 2005-479с.:ил
31. **Cooling System Service** [Электронный источник] - URI <http://www.aalcar.com/library/us50230.htm> (дата доступа 06.04.2017)
32. **Официальный форум лада калина клуб** [Электронный ресурс]-URI [http://www.lkforum.ru/showthread.php?t=41258./](http://www.lkforum.ru/showthread.php?t=41258/) (дата доступа 30.05.17)
33. **Консорциум кодекс**[Электронный ресурс] <http://docs.cntd.ru/> (дата доступа 1.06.17)
34. **КонсультантПлюс** [Электронный ресурс] <http://www.consultant.ru/>(дата доступа 25.05.17)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1- результаты расчетов кинематики

Угол поворота кривошипа	Перемещение поршня	Скорость поршня	Ускорение поршня первого порядка	Ускорение поршня второго порядка	Ускорение поршня
φ , град	S, метр	V, м/с	W1, м/с ²	W2, м/с ²	W, м/с ²
0	0	0	11414	3252,9	14667
10	0,0007	4,6192	11240	3056,7	14297
20	0,0029	9,0067	10725	2491,9	13217
30	0,0064	12,949	9884,6	1626,5	11511
40	0,0111	16,266	8743,4	564,86	9308,3
50	0,0167	18,827	7336,6	-564,9	6771,7
60	0,0229	20,552	5706,9	-1626	4080,4
70	0,0296	21,421	3903,7	-2492	1411,8
80	0,0365	21,468	1982	-3057	-1075
90	0,0432	20,771	7E-13	-3253	-3253
100	0,0496	19,443	-1982	-3057	-5039
110	0,0555	17,616	-3903,7	-2492	-6396
120	0,0607	15,425	-5706,9	-1626	-7333
130	0,0653	12,997	-7336,6	-564,9	-7901
140	0,069	10,436	-8743,4	564,86	-8179
150	0,0719	7,8222	-9884,6	1626,5	-8258
160	0,074	5,2016	-10725	2491,9	-8234
170	0,0752	2,5945	-11240	3056,7	-8184
180	0,0756	2E-15	-11414	3252,9	-8161
190	0,0752	-2,5945	-11240	3056,7	-8184
200	0,074	-5,2016	-10725	2491,9	-8234
210	0,0719	-7,8222	-9884,6	1626,5	-8258
220	0,069	-10,436	-8743,4	564,86	-8179
230	0,0653	-12,997	-7336,6	-564,9	-7901
240	0,0607	-15,425	-5706,9	-1626	-7333
250	0,0555	-17,616	-3903,7	-2492	-6396
260	0,0496	-19,443	-1982	-3057	-5039
270	0,0432	-20,771	-2E-12	-3253	-3253
280	0,0365	-21,468	1982	-3057	-1075
290	0,0296	-21,421	3903,7	-2492	1411,8
300	0,0229	-20,552	5706,9	-1626	4080,4
310	0,0167	-18,827	7336,6	-564,9	6771,7
320	0,0111	-16,266	8743,4	564,86	9308,3
330	0,0064	-12,949	9884,6	1626,5	11511
340	0,0029	-9,0067	10725	2491,9	13217
350	0,0007	-4,6192	11240	3056,7	14297
360	0	-7E-15	11414	3252,9	14667

Продолжение страницы А1

370	0,0007	4,6192	11240	3056,7	14297
380	0,0029	9,0067	10725	2491,9	13217
390	0,0064	12,949	9884,6	1626,5	11511
400	0,0111	16,266	8743,4	564,86	9308,3
410	0,0167	18,827	7336,6	-564,9	6771,7
420	0,0229	20,552	5706,9	-1626	4080,4
430	0,0296	21,421	3903,7	-2492	1411,8
440	0,0365	21,468	1982	-3057	-1075
450	0,0432	20,771	3E-12	-3253	-3253
460	0,0496	19,443	-1982	-3057	-5039
470	0,0555	17,616	-3903,7	-2492	-6396
480	0,0607	15,425	-5706,9	-1626	-7333
490	0,0653	12,997	-7336,6	-564,9	-7901
500	0,069	10,436	-8743,4	564,86	-8179
510	0,0719	7,8222	-9884,6	1626,5	-8258
520	0,074	5,2016	-10725	2491,9	-8234
530	0,0752	2,5945	-11240	3056,7	-8184
540	0,0756	5E-15	-11414	3252,9	-8161
550	0,0752	-2,5945	-11240	3056,7	-8184
560	0,074	-5,2016	-10725	2491,9	-8234
570	0,0719	-7,8222	-9884,6	1626,5	-8258
580	0,069	-10,436	-8743,4	564,86	-8179
590	0,0653	-12,997	-7336,6	-564,9	-7901
600	0,0607	-15,425	-5706,9	-1626	-7333
610	0,0555	-17,616	-3903,7	-2492	-6396
620	0,0496	-19,443	-1982	-3057	-5039
630	0,0432	-20,771	-5E-12	-3253	-3253
640	0,0365	-21,468	1982	-3057	-1075
650	0,0296	-21,421	3903,7	-2492	1411,8
660	0,0229	-20,552	5706,9	-1626	4080,4
670	0,0167	-18,827	7336,6	-564,9	6771,7
680	0,0111	-16,266	8743,4	564,86	9308,3
690	0,0064	-12,949	9884,6	1626,5	11511
700	0,0029	-9,0067	10725	2491,9	13217
710	0,0007	-4,6192	11240	3056,7	14297
720	0	-1E-14	11414	3252,9	14667

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

Таблица Б1-Силы, воздействующие на шатунную шейку коленвала

Ф, град	К, Н	Т, Н	Рк, Н	Рш.ш., Н	Крк, Н	Рк, Н
0	-9,6850342	0	-15,3872999	15,3872999	-24,30141477	24,3014148
10	-9,234438	-2,1099177	-14,9367037	15,0849882	-23,8508186	23,9439617
20	-7,9064615	-3,8048755	-13,6087272	14,1306239	-22,52284207	22,8419678
30	-5,983464	-4,7309356	-11,6857297	12,6070628	-20,59984463	21,1361148
40	-3,87834	-4,7381891	-9,58060574	10,6882385	-18,49472063	19,0920174
50	-1,9925878	-3,8747122	-7,69485345	8,61534471	-16,60896834	17,0549472
60	-0,6599681	-2,3706434	-6,36223377	6,78954849	-15,27634866	15,4591972
70	-0,0421323	-0,5590634	-5,74439802	5,77153883	-14,65851291	14,6691701
80	-0,1382569	1,2242236	-5,84052261	5,96744733	-14,7546375	14,8053386
90	-0,8137893	2,7126309	-6,51605497	7,0581399	-15,43016986	15,6667964
100	-1,8575069	3,7390333	-7,5597726	8,43389185	-16,47388749	16,8928784
110	-3,0321256	4,2229605	-8,73439134	9,70170022	-17,64850623	18,1467123
120	-4,110844	4,1904454	-9,81310973	10,6703775	-18,72722462	19,1903302
130	-4,9456938	3,7577575	-10,6479595	11,2915802	-19,56207438	19,9197263
140	-5,4984191	3,0870493	-11,2006848	11,6183137	-20,1147997	20,3503081
150	-5,8126429	2,3089625	-11,5149086	11,7441231	-20,42902345	20,559093
160	-5,9657817	1,5190081	-11,6680474	11,7665082	-20,58216232	20,6381392
170	-6,0458076	0,7542054	-11,7480733	11,7722577	-20,66218819	20,6759485
180	-6,1226394	0	-11,8249051	11,8249051	-20,73901997	20,73902
190	-6,2289902	-0,7770571	-11,9312559	11,9565331	-20,84537077	20,859849
200	-6,2752196	-1,5977972	-11,9774853	12,0835885	-20,89160024	20,9526112
210	-6,1402949	-2,4391161	-11,8425607	12,0911344	-20,75667554	20,8994944
220	-5,723984	-3,2136911	-11,4262497	11,8695827	-20,34036457	20,5926745
230	-5,0427102	-3,831471	-10,7449759	11,4076588	-19,65909083	20,0289796
240	-4,1504525	-4,2308208	-9,85271816	10,7226816	-18,76683305	19,2378239
250	-3,1192915	-4,3443598	-8,82155725	9,83327691	-17,73567214	18,2599981
260	-2,017474	-4,0610361	-7,71973972	8,72275159	-16,63385461	17,1224161
270	-0,9888965	-3,2963216	-6,69116217	7,45904733	-15,60527706	15,9496209
280	-0,2342299	-2,0740354	-5,93649557	6,2883704	-14,85061046	14,9947409
290	0,04742739	-0,629325	-5,65483831	5,68974923	-14,5689532	14,5825391
300	-0,1858777	0,6676833	-5,88814337	5,92587828	-14,80225826	14,8173092
310	-0,7426047	1,4440415	-6,44487039	6,60466579	-15,35898528	15,4267198
320	-1,2854235	1,5704089	-6,9876892	7,16198187	-15,90180409	15,9791601
330	-1,4609371	1,1551167	-7,16320276	7,25574037	-16,07731765	16,1187604
340	-0,9956044	0,4791209	-6,69787008	6,71498476	-15,61198497	15,6193352
350	0,4586767	-0,1048001	-5,243589	5,24463618	-14,15770389	14,1580918
360	3,39638083	0	-2,30588487	2,30588487	-11,21999977	11,2199998
370	9,00005209	2,0563644	3,297786388	3,88639029	-5,616328502	5,98095145

Продолжение таблицы Б1

380	27,2039516	13,091526	21,50168589	25,1736084	12,587571	18,1613603
390	12,9364014	10,228403	7,234135658	12,5280864	-1,679979233	10,3654503
400	6,50548977	7,9477921	0,803224063	7,98827697	-8,110890828	11,3557893
410	3,63260538	7,0638296	-2,06966032	7,36078686	-10,98377522	13,059135
420	1,90397331	6,8391821	-3,79829239	7,82313473	-12,71240728	14,4353632
430	0,52132505	6,9175823	-5,18094066	8,64263221	-14,09505555	15,701068
440	-0,8027469	7,1080834	-6,50501257	9,63535357	-15,41912747	16,9786437
450	-2,171647	7,2388235	-7,87391274	10,6957499	-16,78802763	18,2821891
460	-3,5691945	7,1845425	-9,27146025	11,7293489	-18,18557514	19,553332
470	-4,897479	6,8209113	-10,5997447	12,6047379	-19,51385955	20,6716121
480	-6,0151544	6,1316305	-11,7174201	13,2247808	-20,63153503	21,5234089
490	-6,831723	5,1907699	-12,5339887	13,5663173	-21,44810359	22,0672889
500	-7,3302805	4,1155352	-13,0325462	13,6669269	-21,94666111	22,3292088
510	-7,5496239	2,9989454	-13,2518896	13,5869883	-22,16600446	22,3679554
520	-7,5434878	1,9207238	-13,2457535	13,384288	-22,15986839	22,2429527
530	-7,370485	0,9194569	-13,0727507	13,1050453	-21,98686561	22,0060823
540	-7,0690034	0	-12,7712691	12,7712691	-21,68538397	21,685384
550	-6,6793093	-0,8332338	-12,381575	12,4095801	-21,29568985	21,3119845
560	-6,258619	-1,5935704	-11,9608847	12,0665749	-20,87499964	20,9357368
570	-5,8587786	-2,327289	-11,5610443	11,7929648	-20,47515917	20,6069992
580	-5,4639049	-3,0676715	-11,1661706	11,5798953	-20,08028549	20,3132586
590	-4,936322	-3,7506368	-10,6385877	11,2803735	-19,55270262	19,9091802
600	-4,1504525	-4,2308208	-9,85271816	10,7226816	-18,76683305	19,2378239
610	-3,0915076	-4,305664	-8,79377329	9,7912814	-17,70788818	18,2238318
620	-1,9079729	-3,8406179	-7,61023861	8,52444	-16,5243535	16,9648049
630	-0,8466938	-2,8223126	-6,5489595	7,13122144	-15,46307439	15,7185279
640	-0,1496089	-1,3247417	-5,85187457	5,99994805	-14,76598946	14,8252955
650	-0,0355444	0,4716466	-5,73781009	5,75716207	-14,65192498	14,6595142
660	-0,6374569	2,2897819	-6,33972257	6,74056254	-15,25383746	15,4247418
670	-1,9500239	3,7919441	-7,65228961	8,54027965	-16,5664045	16,9948403
680	-3,8186181	4,6652265	-9,52088385	10,6024322	-18,43499874	19,0161383
690	-5,9355216	4,6930291	-11,6377873	12,5484109	-20,5519022	21,0809204
700	-7,9357007	3,8189465	-13,6379664	14,1625732	-22,55208127	22,8731441
710	-9,4410938	2,1571352	-15,1433595	15,2962273	-24,05747436	24,1539915
720	-10,190374	0	-15,8926399	15,8926399	-24,80675477	24,8067548

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Федеральные законы

«Федеральный закон от 29.06.2015 N 162-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "О стандартизации в Российской Федерации".

«1. Настоящий Федеральный закон устанавливает правовые основы стандартизации в Российской Федерации, в том числе функционирования национальной системы стандартизации, и направлен на обеспечение проведения единой государственной политики в сфере стандартизации. Настоящий Федеральный закон регулирует отношения в сфере стандартизации, включая отношения, возникающие при разработке (ведении), утверждении, изменении (актуализации), отмене, опубликовании и применении документов по стандартизации, указанных в статье 14 настоящего Федерального закона»[34].

«содействие социально-экономическому развитию Российской Федерации;

2) содействие интеграции Российской Федерации в мировую экономику и международные системы стандартизации в качестве равноправного партнера;

3) улучшение качества жизни населения страны;

4) обеспечение обороны страны и безопасности государства;

5) техническое перевооружение промышленности;

6) повышение качества продукции, выполнения работ, оказания услуг и повышение конкурентоспособности продукции российского производства»[34].

2. «Цели стандартизации достигаются путем реализации следующих задач:

1) внедрение передовых технологий, достижение и поддержание технологического лидерства Российской Федерации в высокотехнологичных (инновационных) секторах экономики;

2) повышение уровня безопасности жизни и здоровья людей, охрана окружающей среды, охрана объектов животного, растительного мира и других природных ресурсов, имущества юридических лиц и физических лиц, государственного и муниципального имущества, а также содействие развитию систем жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях;

3) оптимизация и унификация номенклатуры продукции, обеспечение ее совместимости и взаимозаменяемости, сокращение сроков ее создания, освоения в производстве, а также затрат на эксплуатацию и утилизацию;

4) применение документов по стандартизации при поставках товаров, выполнении работ, оказании услуг, в том числе при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд;

5) обеспечение единства измерений и сопоставимости их результатов;

6) предупреждение действий, вводящих потребителя продукции (далее - потребитель) в заблуждение;

7) обеспечение рационального использования ресурсов;

8) устранение технических барьеров в торговле и создание условий для применения международных стандартов и региональных стандартов, региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств»[34].

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ июня 2008 года N102-ФЗ.

Статья 1. Цели и сфера действия настоящего Федерального закона

«1. Целями настоящего Федерального закона являются:

1) установление правовых основ обеспечения единства измерений в Российской Федерации;

2) защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;

3) обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности;

4) содействие развитию экономики Российской Федерации и научно-техническому прогрессу»[34].

2. «Настоящий Федеральный закон регулирует отношения, возникающие при выполнении измерений, установлении и соблюдении требований к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, применению стандартных образцов, средств измерений, методик (методов) измерений, а также при осуществлении деятельности по обеспечению единства измерений, предусмотренной законодательством Российской Федерации об обеспечении единства измерений, в том числе при выполнении работ и оказании услуг по обеспечению единства измерений»[34].

3. «Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, к которым в целях, предусмотренных частью 1 настоящей статьи, установлены обязательные метрологические требования и которые выполняются при»[34].

(в ред. Федерального закона от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

(п. 19 введен Федеральным законом от 21.07.2014 N 254-ФЗ)

«4. К сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений относятся также измерения, предусмотренные законодательством Российской Федерации о техническом регулировании»[34].

5. «Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется также на единицы величин.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Безопасность жизнедеятельности

Регламенты о безопасности и о внешнем шуме

Регламент о “Безопасности колесных транспортных средствах”

“ПОСТАНОВЛЕНИЕ Правительства РФ от 10-09-2009 720 (ред от 06-10-2011) об утверждении технического регламента о безопасности[33]

«Настоящий технический регламент устанавливает требования к безопасности колесных транспортных средств при их выпуске в обращение на территории Российской Федерации и их эксплуатации независимо от места их изготовления в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, защиты имущества физических и юридических лиц, государственного или муниципального имущества и предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей колесных транспортных средств»[33].

«К объектам технического регулирования, на которые распространяется действие настоящего технического регламента, относятся: колесные транспортные средства категорий L, M, N и O, предназначенные для эксплуатации на автомобильных дорогах общего пользования»[33];

Регламент о внешнем шуме в эксплуатации автомобиля

«ГОСТ Р 52231-2004 Внешний шум автомобилей в эксплуатации.

Настоящий стандарт устанавливает допустимые уровни и методы измерения внешнего шума автомобилей категорий M1, M2, M3, N1, N2, N3 при оценке их технического состояния в эксплуатации».[33][Электронный ресурс]

“Показателем внешнего шума при проверке технического состояния автомобиля считают уровень шума выпускной системы двигателя.”[33]

«При проверке технического состояния автомобиля допустимый уровень шума не должен превышать более чем на 5 дБ контрольное значение уровня шума, измеренное при сертификационных испытаниях по ГОСТ Р 41.51»[33].

«ГОСТ Р 41.51-2004 (Правила ЕЭК ООН N 51)

Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств, имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом»[33]. Настоящий стандарт применяют при сертификации транспортных средств (далее - ТС), имеющих не менее четырех колес, в связи с производимым ими шумом” [33].

Ввиду того, что электровентиляторы системы (модуля)охлаждения двигателей ВАЗ производят уровни внешнего шума, регистрируемого в 7,5 м от продольной оси автомобиля, установленного на измерительном участке ГОСТ Р 41.51-2004. Не превышающие значений уровней 60 дБА, при общих уровнях внешнего шума автомобиля ВАЗ, равных 72...74 дБА, то их изменение внешнего акустического поля (его уровня внешнего шума)-можно пренебречь, т.к. различные сопоставления уровня не превышают 5 дБА.

Регламент о загрязняющих атмосферу веществах

Регламент о выбросах загрязняющих веществах с отработанными газами. “ГОСТ Р 52033-2003 Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния” [33].

“Настоящий стандарт устанавливает нормативные значения содержания в отработавших газах автомобилей оксида углерода и углеводородов, нормативное значение коэффициента избытка воздуха и

методы контроля при оценке технического состояния систем автомобиля и двигателя”[33].

“Требования настоящего стандарта должны быть обеспечены конструкцией и качеством изготовления автомобилей при производстве и соблюдением правил их технической эксплуатации, установленных изготовителем”[33].

“ГОСТ Р 41.83-2004 (Правила ЕЭК ООН N 83) Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей”[33]

“Настоящий стандарт устанавливает метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на дорогах разной категории.”[33]

“-при разработке нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ для потоков автотранспортных средств на автодорогах;»[33]

Нормы по выбросам: $\text{CH} < 0,05 \text{ г/км}$, $\text{CO} < 0,8 \text{ г/км}$ и $\text{NO}_x < 0,06 \text{ г/км}$.

Как следует из раздела конструкторская часть дипломного проекта, страница(62-72) конструируемый двигатель внутреннего сгорания прошел нормы по выбросам по ГОСТ Р 56162-2014, ГОСТ Р 56162-2014, ГОСТ Р 52033-2003. Улучшились показатели по токсическим выбросам и CO_2 таковые как:

-снижение выброса вредных веществ($\text{NO}_x, \text{CH}, \text{CO}$)

-снижение расхода топлива(CO_2).

Регламент о требованиях к системам охлаждения

Регламент о требованиях к системам охлаждения ДВС

“ГОСТ Р 53839-2010 Двигатели автомобильные. Насосы жидкостные систем охлаждения. Технические требования и методы испытаний” [33].

“Настоящий стандарт распространяется на насосы жидкостные (далее - насосы), предназначенные для организации циркуляции охлаждающей жидкости в полостях систем охлаждения двигателя и систем отопления кабин (салонов) автомобиля” [33].

“ГОСТ Р 53832-2010 Автомобильные транспортные средства. Теплообменники и термостаты. Технические требования и методы испытаний”[33].

Как следует из анализа конструкторской части (61-72)система охлаждения с электрорегулируемым термостатом по ГОСТ Р 53832-2010 показала ряд показателей:

- все детали будут изготавливаться из материалов не подвергающихся коррозии в течение 6 лет никаких покрытий не должно присутствовать
- инновационный термостат соответствует требованиям КД и имеет утвержденный образец
- на термостате нет других факторов мешающих его работоспособности и никаких надрывов на самом термостате и на распределителе не должно быть при изготовлении
- соединительные детали самого термостата и его распределителя сделаны из высококачественной нержавеющей стали поэтому они обеспечат надежную работу
- начало открытия основного клапана входя в нормативы по ГОСТ Р 53832-2010 в интервале 80-85 градусов Цельсия.

- было добавлено к воску(то есть твердому наполнителю церезину) ,маленький резистор для подачи тока на подогрев наполнителя.

-остальные параметры остались базовыми.

- термостат сохраняет работоспособность при воздействии температур от минус 60 °С до плюс 120 °С. Если машина окажется в страну с жарким климатом и сломается электронный резистор на термостате , то автомобиль не прекратит свое движение и ОЖ не закипит, так как обычный термостат будет работать так как он полностью механичен, Тоже самое произойдет , если машина путешествует по странам с холодным климатом ,с термостатом ничего не произойдет ,так как на него можно послать импульс с электронного блока управления и наполнитель в термостате подогреется и откроется другой клапан или наоборот закроется.

“Регламент о охлаждающих жидкостях .ГОСТ 28084-89 Жидкости охлаждающие низкотемпературные. Общие технические условия”[33]

«Охлаждающие жидкости по своему основному параметру, устойчивости к низким температурам, характеризуемой температурой начала кристаллизации, изготавливаются промышленностью следующих видов:

- охлаждающая жидкость ОЖ-К - концентрат с массовой долей воды не более 5 %;

- охлаждающая жидкость ОЖ-65 с температурой начала кристаллизации не выше минус 65 °С;

- охлаждающая жидкость ОЖ-40 с температурой начала кристаллизации не выше минус 40 °С» [33]

Охлаждающие жидкости должны соответствовать основным требованиям и нормам по ГОСТ 28084-89.