

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

(институт, факультет)

Энергетические машины и системы управления

(кафедра)

13.03.03 (141100.62) «Энергетическое машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Адаптация двигателя ВАЗ для гибридной силовой установки.

Студент(ка)

С.С. Самсонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.А. Павлов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультант

М.И. Фесина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Нормоконтроль

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите
Зав. кафедрой ЭМиСУ»

к.т.н., доцент Д.А. Павлов

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Энергетические машины и системы управления
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой ЭМиСУ

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

« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Самсонов Святослав Сергеевич

1. Тема Адаптация двигателя ВАЗ для гибридной силовой установки
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 16-22.06.16
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Двигатель ВАЗ – 21126, Vh = 1,596л,
 $n_{\text{мкр}} = 3500 \text{ об/мин}^{-1}$, $\varepsilon = 11$, $\lambda = 0,283$, $N_e = 72\text{кВт}$, $M_e = 145 \text{ Нм}$
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)
Состояние вопроса, тепловой расчет, кинематический и динамический расчет, расчет систем самзки и охлаждения, схема гибридной силовой установки
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала
Продольный и поперечный чертеж двигателя -2(A1), лист диаграмм теплового расчета – 1(A1), лист диаграмм кинематического и динамического расчета – 1(A1)
6. Консультанты по разделам д.т.н., профессор, Егоров А.Г., к.т.н., профессор, доцент кафедры Фесина М.И.
7. Дата выдачи задания «18 » Апреля 2016г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

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

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ
(институт)
Энергетические машины и системы управления
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой ЭМиСУ

_____ Д.А. Павлов
(подпись) (И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения на выполнение бакалаврской работы

Студента Самсонова Святослава Сергеевича

по теме Адаптация двигателя ВАЗ для гибридной силовой установки

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Состояние вопроса	20 апреля 2016г	10 мая 2016г	100%	
Тепловой расчет	13 мая 2016г	20 мая 2016г	100%	
Расчет кинематический и динамический расчет	21 мая 2016г	23 мая 2016г	100%	
Расчет систем	24 мая 2016г	28 мая 2016г	100%	
Спец часть	1 июня 2016г	4 июня 2016г	100%	
Чертеж двигателя	5 июня 2016г	10 июня 2016г	100%	

Руководитель выпускной
квалификационной работы

(подпись)

Д. А. Павлов
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

С.С. Самсонов
(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Данная работа содержит в себе анализ и техническое обоснование использования гибридной силовой установки для улучшения экологических и экономических показателей двигателя. Проведены расчеты: тепловой расчет, кинематический и динамический расчет КШМ, расчеты деталей и систем двигателя. Так же представлены расчеты двигателя с использованием работы системы отключения цилиндров, на основании которой будет осуществляться работа гибридной силовой установки.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	7
1.1 Последовательная схема	9
1.2 Параллельная схема.....	10
1.3 Последовательно-параллельная схема.....	12
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	14
2.1 Тепловой расчет двигателя ВАЗ 21126.....	14
2.1.1 Термодинамический расчет	20
2.1.2 Расчет процесса расширения	22
2.1.3 Параметры выпуска	22
2.1.4 Индикаторные параметры цикла	23
2.1.5 Эффективные показатели, размерность двигателя	24
2.1.6 Построение индикаторной диаграммы	29
2.1.7 Тепловой баланс двигателя внутреннего сгорания	32
2.1.8 Построение внешней скоростной характеристики.....	34
2.2 Кинематические параметры кривошипно-шатунного механизма....	36
2.3 Динамика кривошипно-шатунного механизма	40
2.4 Расчет поршня.....	45
2.5 Расчет системы охлаждения.....	47
2.6 Расчёт системы смазки.....	48
3 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	50
3.1 Общие сведения.....	50
3.2 Предлагаемая схема работы.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ А	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	62

ВВЕДЕНИЕ

Первостепенной задачей современного автомобилестроения - снижение расхода топлива, количества вредных, отработавших газов, поступающих в атмосферу и других материальных ресурсов, поэтому спрос на транспортные средства с большой топливной эффективностью и более чистых выбросов выхлопных газов растет, одним из основных путей решения этой проблемы – создание гибридной силовой установки (ГСУ). Автопроизводители работают, чтобы расширить число моделей транспортных средств, оснащенных гибридными системами, как одним из способов выполнения этого требования.

Основная задача ГСУ – снизить расход топлива, а также снижение вредных выбросов в атмосферу, что удовлетворяет задачи автомобилестроения. Почти 78% выбросов углекислого газа за полный жизненный цикл автомобиля приходится на его эксплуатацию. Всего лишь 4% выбросов приходится на производство и переработку аккумулятора, электромотора и генератора гибрида это компенсирует снижение выбросов на 30% во время езды. В последнее время, в связи с высокими экологическими требованиями, рыночный спрос на подобные автомобили возрос. Владельцы автомобилей с ГСУ во многих странах на протяжении многих лет имеют льготы при уплате дорожного налога, так же освобождены от налога на муниципальных парковках. [9,14,17,18]

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Несколько лет прошло с тех пор как электрические транспортные средства впервые были серьезно введены на рынок в 2009. Электромобили имеют отличные экологические показатели и энергоэффективность, и обращают на себя внимание, с целью создания следующего поколения экологически чистых транспортных средств. Рисунок 1 показывает количество гибридных транспортных средств на дорогах в Японии. На рисунке показано, что количество гибридных автомобилей растет с каждым годом, и что число гибридных пассажирских транспортных средств в настоящее время превышает 2 миллиона автомобилей. Он также показывает, что это число увеличилось на 1 млн автомобилей только за период 2009-2011 года. [9,10,13]

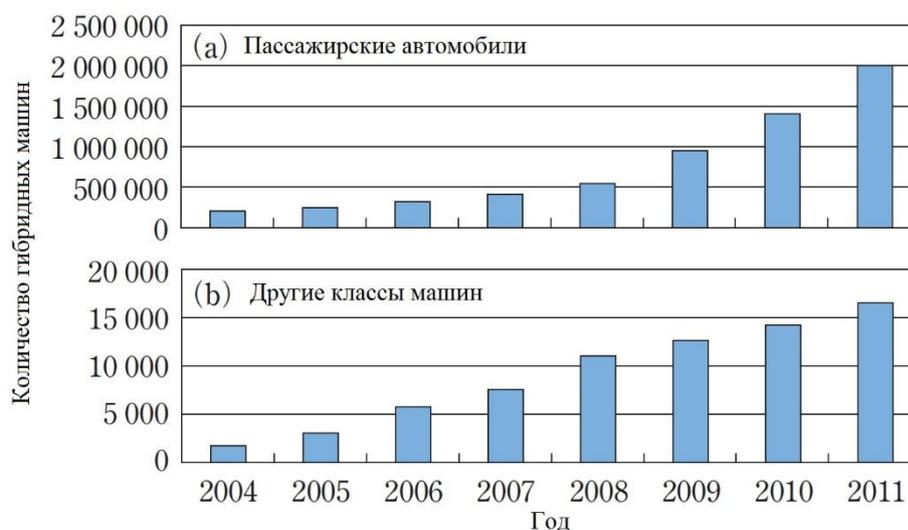


Рисунок 1 – Количество гибридных машин на дорогах Японии[9]

Гибридной силовой установки - представляет из себя классический двигатель внутреннего сгорания и одновременно электродвигатель, объединенные в одно целое. Гибридные электромобили характеризуются наличием двух различных типологий системы хранения энергии: как правило, батареи и бензина или дизельного топлива. ГСУ не имеют ограничение

диапазона по отношению к обычным транспортным средствам и используют существующее распределение инфраструктуры. Основными преимуществами ГСУ являются: гибкость в выборе двигателя рабочая точка, которая позволяет двигателю работать в высокой области эффективности и возможность сокращения ДВС и таким образом получая более высокую среднюю эффективность. Более того, двигатель может быть выключен, когда транспортное средство простаивает (например, на светофоре). Из-за различных характеристик различных источников энергии, экономии топлива и воздействия на окружающую среду гибридных транспортных средств, в основном, зависит от правильного управления питанием. Объединение двигателя внутреннего сгорания с электродвигателем приводит к большому количеству достоинств. При работе электромотора двигатель использует меньше горючих веществ, это не только улучшает экологические показатели, но и экономические. [5,19,20,21]

Перед ГСУ появились следующие задачи:

- 1 За счет набора мгновенной скорости обеспечить подачу энергии и высоких эксплуатационных характеристик.
- 2 Преобразовать энергию торможения в электрическую для заряда аккумулятора, а остальная энергия останется тепловой.
- 3 Обеспечение автомобиля современной системой управления расходом энергии.

Гибридные силовые установки по степени электрификации делятся на:

- 1 Микрогибрид. На данный момент сложно назвать гибридной разновидностью, так как он не оказывает взаимодействия на привод, хотя данный вид использует рекуперативное торможение и автоматическую систему старт-стоп, что значительно экономит топливо и улучшает экологические показатели. [5,24,27]

- 2 Мягкий гибрид. Или по другому его называют пассивный гибрид, данный вид не работает на чистом электричестве, он предназначен для поддержки двигателя внутреннего сгорания. Пассивный гибрид используется

не только для улучшения экологических и экономических составляющих, но и для усиления двигателя при необходимости дополнительной мощности. Мягкий гибрид работает с помощью генератора, который улавливая тепловую энергию преобразует её в электрическую, которая скапливается в специальных батареях. [5,28]

3 Полный гибрид. Этот вид в некоторых случаях использует энергию электродвигателя без участия двигателя внутреннего сгорания, например, во время начала движения используется только электромотор. Так же на небольших оборотах двигателя используется электродвигатель, но как только происходит значительное повышение оборотов оба двигателя начинают свою работу. Полный гибрид имеет высокие экологические, а также и экономические показатели, такой вид работает тише и долговечнее по сравнению с таким же двигателем без гибридной установки. [5,26]

Схемы взаимодействия электромотора и ДВС инженеры разных компаний по-разному подходят к вопросу гибридного двигателестроения. Современные машины оснащаются гибридными двигателями, построенными по одной из трех схем взаимодействия топливной и электрической составляющей, которые будут рассмотрены ниже. [1,7,8]

1.1 Последовательная схема

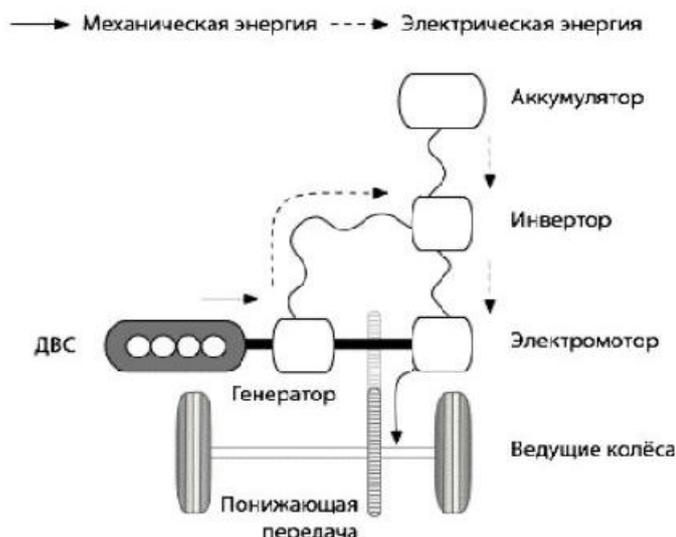


Рисунок 2 – Последовательная схема подключения[1]

Это наиболее простой вариант гибридного двигателя. Принцип его работы заключается в следующем: крутящий момент от ДВС в данном случае передается исключительно генератору, который вырабатывает электричество и заряжает аккумуляторы. Автомобиль при этом движется только на электротяге. Также для зарядки аккумуляторной батареи применяется система рекуперации кинетической энергии. Своим названием данная схема обязана последовательным преобразованиям энергии: энергия сгорания топлива двигателем внутреннего сгорания превращается в механическую, затем в электрическую при помощи генератора и снова в механическую.

Плюсы такой конструкции заключаются в следующем: ДВС всегда работает на неизменных оборотах, с максимальным КПД; нет необходимости оснащать автомобиль мощным и не экономичным двигателем; автомобиль способен передвигаться и с выключенным двигателем внутреннего сгорания за счет энергии, запасенной аккумуляторной батареей.

Однако есть у последовательной схемы и свои минусы: потери энергии в процессе преобразований; большой размер, вес и высокая стоимость аккумуляторных батарей.

Наибольшая эффективность такой схемы достигается при движении с частыми остановками. Также гибридные двигатели с последовательной схемой применяются в карьерных самосвалах, которым для работы важен большой крутящий момент и не требуется высокая скорость. [1,24,26]

1.2 Параллельная схема

Принцип работы «параллельного» гибридного двигателя полностью отличается от вышеописанного. Автомобили с гибридным двигателем, построенным по параллельной схеме, ездят с использованием и ДВС, и электромотора.

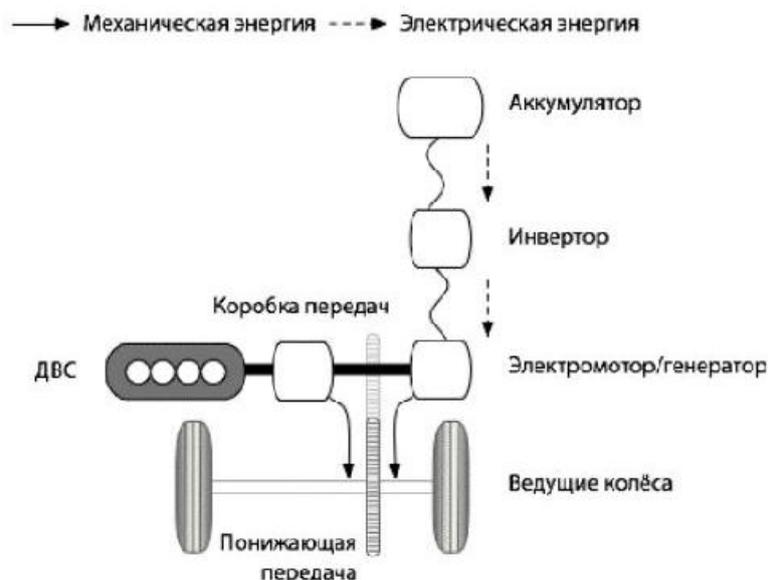


Рисунок 3 – Параллельная схема подключения [1]

Электродвигатель в таком случае должен быть обратимым, т.е. способным работать в качестве генератора. Согласованная работа обоих моторов достигается посредством компьютерного управления. [1,9,10]

В зависимости от режима езды блок управления распределяет крутящий момент, поступающий от обоих элементов гибрида. Основную работу выполняет двигатель внутреннего сгорания, электромотор же подключается когда нужна дополнительная мощность, при торможении и замедлении он работает как генератор. Плюсы подобной компоновки в том, что нет необходимости устанавливать аккумуляторную батарею большой емкости, потери энергии намного меньше, чем при последовательной схеме, поскольку ДВС напрямую связан с ведущими колесами, а кроме того, сама по себе конструкция довольно проста, а значит, дешева.

Основные минусы схемы – меньшая топливная экономичность по сравнению с другими вариантами и низкая эффективность в городских условиях. Машины с гибридным двигателем, построенным по параллельной схеме, наиболее эффективны при движении по трассе. [1,11,13]

1.3 Последовательно-параллельная схема

Последовательно-параллельная схема представляет собой совмещение первых двух. В параллельную схему добавлен дополнительный генератор и делитель мощности. Благодаря этому автомобиль при трогании и на малых скоростях движется только на электрической тяге, ДВС только обеспечивает работу генератора (как при последовательной схеме). На высоких скоростях крутящий момент на ведущие колеса передается и от двигателя внутреннего сгорания. При повышенных нагрузках (например, при подъеме в гору), когда генератор не в силах обеспечить требуемый ток, электромотор получает дополнительное питание от аккумулятора (параллельная схема). [1,12]

Поскольку в системе имеется отдельный генератор, заряжающий аккумуляторную батарею, электромотор используется только для привода ведущих колес и во время рекуперативного торможения. Через планетарный механизм (он же делитель мощности), часть крутящего момента от ДВС

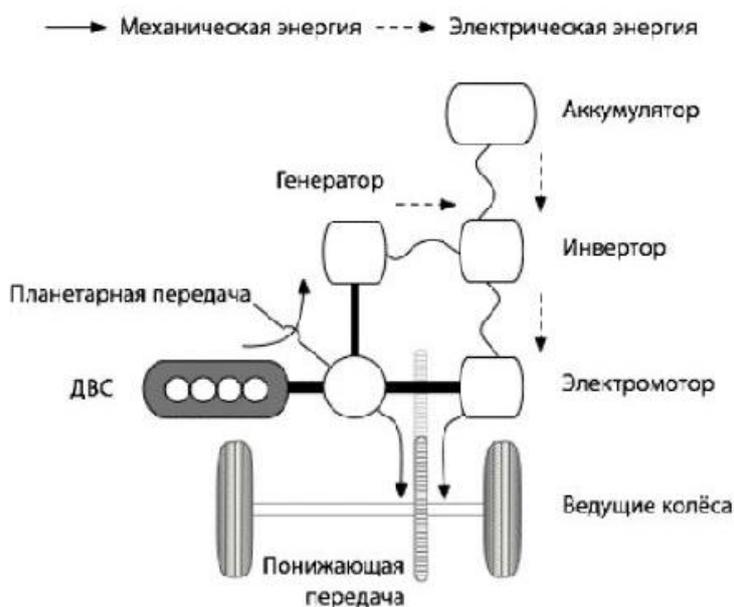


Рисунок 4 – Последовательно-параллельная схема подключения[1]

частично передается на колеса и частично отбирается для работы генератора, который питает либо электромотор, либо аккумуляторную батарею.

Электронный блок управления все время регулирует подачу мощности из обоих источников.

Плюсы последовательно-параллельного гибридного двигателя данной схемы, в максимальной топливной экономичности и высокой экологичности. Минусы системы – сложность конструкции и высокая стоимость, поскольку требуется дополнительный генератор, достаточно емкая аккумуляторная батарея и сложный электронный блок управления. [1,3,8]

Так же существуют гибриды типа плагин-гибрид, такая конструкция подразумевает под собой зарядку батарей от источника тока, то есть от простой розетки. Используя заряжаемый от розетки гибрид, нельзя не заметить, что он тоже справляется с задачами, связанными с экологией и экономией, но в таком решении необходимость большего количества аккумуляторов растёт, ввиду того, чтобы скопить надо как можно больше энергии во время зарядки.[15,17,22]

Таблица 1 – КПД схем соединения

Название схем соединения	КПД
Последовательная	0,6...0,8
Параллельная	0,8...0,9
Последовательно-параллельная	0,96...0,98

2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Тепловой расчет двигателя ВАЗ 21126

Исходные данные:

Обороты расчётных режимов $n_{\min} = 900$, $n = 2000$, $n_M = 3500$, $n_N = 5600$
(об/мин);

Количество цилиндров $i = 4$;

Рабочий объем двигателя $V_L = 1,596$ (л);

Рабочий объем одного цилиндра $V_h = 0,399$ (л);

Тактность двигателя $\tau = 4$;

Диаметр цилиндра $D = 82$ (мм);

Ход поршня $S = 75,6$ (мм);

Радиус кривошипа $R = 37,8$ (мм);

Длина шатуна $L = 133,3$ (мм);

Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1$;

Степень сжатия $\epsilon = 11$;

Температура окружающей среды $= 293 \text{ K} = 20^\circ\text{C}$.

Расчет по методу Мазинга-Гранивецкого [2,4].

Параметры рабочего тела

Двигателям с искровым зажиганием назначают средний элементарный состав бензина в массовых долях и молекулярная масса составляют:

$C = 0,855$; $H = 0,145$ и $\mu_m = 115$ кг/моль.

Низшая теплота сгорания (H_u) жидкого топлива определяется по формуле Менделеева

$$H_u = [4,013C + 125,6H - 10,9O - S] - 2,512 [H + W] \cdot 10^6$$

$$H_u = 43897 \text{ КДж/кг}$$

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг

ТОПЛИВА:

$$L_0 = \frac{1}{0,208} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,208} \left(\frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} \right) = 0,5168 \frac{\text{кмоль} \cdot \text{воздуха}}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}$$

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O \right) = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8 \cdot 0,145 \right) = 14,9565 \frac{\text{кг} \cdot \text{воздуха}}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}$$

Количество горючей смеси (M_1) для двигателей с искровым зажиганием определяется величиной:

$$M_1 = \left(\alpha \cdot L_0 + \frac{1}{\mu_m} \right) = 0,95 \cdot 0,5168 + \frac{1}{115} = 0,52 \frac{\text{кмоль} \cdot \text{гор. смеси}}{\text{кг} \cdot \text{топлива}},$$

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания для принятых скоростных режимов:

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} - 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 = \frac{0,855}{12} - 2 \cdot \frac{1-0,95}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,5168 = 0,0641 \frac{\text{кмоль} \cdot CO_2}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}$$

$$M_{CO} = 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 = 2 \cdot \frac{1-0,95}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,5168 = 0,0071 \frac{\text{кмоль} \cdot CO}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} - 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 = \frac{0,145}{2} - 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{1-0,95}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,5168 = 0,0689 \frac{\text{кмоль} \cdot H_2O}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}$$

$$M_{H_2} = 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0,208 \cdot L_0 = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{1-0,95}{1+0,5} \cdot 0,208 \cdot 0,5168 = 0,0035 \frac{\text{кмоль} \cdot H_2}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}$$

$$M_{N_2} = 0,792 \cdot \alpha \cdot L_0 = 0,792 \cdot 0,95 \cdot 0,5168 = 0,3888 \frac{\text{кмоль} \cdot N_2}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}$$

Общее количество продуктов неполного сгорания:

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{CO_2} + M_{CO} + M_{H_2O} + M_{H_2} + M_{N_2} = \\ &= 0,0641 + 0,0071 + 0,0689 + 0,0035 + 0,3888 = 0,5325 \frac{\text{кмоль}}{\text{кг} \cdot \text{топлива}} \end{aligned}$$

Изменение числа молей при сгорании характеризуется коэффициентом молекулярного изменения горючей смеси μ_0 , который представляет собой отношение количества молей продуктов сгорания M_2 к количеству молей горючей смеси M_1

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,549}{0,52} = 1,024$$

Параметры окружающей среды и остаточные газы

Давление и температура окружающей среды принимаются стандартные условия окружающей среды: барометрическое давление $P_0 = 129,3$ кПа, температура воздуха $T_0 = 293$ К.

$$P_k \approx P_0 = 0,1 \text{ МПа}$$

$$T_k = T_0 = 293 \text{ К}$$

Давление остаточных газов

Давление P_r на различных скоростных режимах двигателя определяется по приближенной формуле:

$$P_r = P_0 \cdot (1,035 + A_p \cdot 10^{-8} \cdot n^2),$$

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

P_{rN} – давление остаточных газов на номинальном режиме, МПа;

n_N – частота вращения коленчатого вала на номинальном режиме, мин^{-1} .

Давление остаточных газов при номинальных оборотах:

$$P_r = 0,115 \text{ МПа}$$

Температура остаточных газов

$$T_r = 1000 \text{ К}$$

$$p_{zN} = 1,10 p_0 = 1,10 \cdot 0,1 = 0,110 \text{ МПа}$$

Тогда величины давлений на остальных режимах работы

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

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

$$\text{При } n_N = 5200 \quad A_p = (0,115 - 0,1 \cdot 1,035) \cdot 10^8 / 5600^2 \cdot 0,1 = 0,2403$$

n, мин-1	900	2000	3500	5600
p_r , МПа	0,103	0,104	0,106	0,109

Параметры впуска

Температура подогрева свежего заряда

Изменение температуры ΔT в зависимости от скоростного режима

двигателя при ориентировочно может быть определено

$$\Delta T_N = A_T \cdot (10 - 0,0125 \cdot n),$$

$$\text{Где } A_T = (\Delta T_N) / (110 - 0,0125 n_N) = 0,17$$

n, мин-1	900	2000	3500	5600
ΔT , °C	17	14	11	8

Давление в конце впуска

$$P_a = P_k - \Delta P_a \text{ или } P_a = P_0 - \Delta P_a$$

Потери давления ΔP_a за счет сопротивления впускной системы и затухания скорости движения заряда в цилиндре при некотором допущении можно определить из уравнения Бернулли:

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

По опытным данным в современных автомобильных двигателях на номинальном режиме $(\beta^2 + \xi_{вп.}) = 2,5 \div 4,0$; примем $(\beta^2 + \xi_{en}) = 2,5$.

$$A_n = (\pi \cdot R^2 \cdot D^2 \cdot \sqrt{1 + \lambda^2}) / 120 \cdot f_{en},$$

где: $f_{вп.}$ – площадь наименьшего сечения впускной системы, м²; R и D – соответственно радиус кривошипа и диаметр поршня, м; $\lambda = R / L_{ш}$ – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна; n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

Площадь $f_{вп.}$ можно определить из уравнения неразрывности потока:

$$f_{en} = \frac{C_n^{\max} \cdot F_n}{W_{en}}$$

где F_n – площадь поршня двигателя, который является прототипом заданного; C_n^{\max} – максимальная скорость поршня (м/с).

$$C_n^{\max} = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot R \cdot \sqrt{1 + \lambda^2}$$

$W_{вп.} = 50 - 130$ м/с – средняя скорость движения заряда в наименьшем сечении впускной системы по опытным данным в современных автомобильных

двигателях.

Плотность заряда на впуске

$$\rho_K = P_K \cdot 10^6 / (R_g \cdot T_K) \quad \text{или} \quad \rho_0 = P_0 \cdot 10^6 / (R_g \cdot T_0)$$

$$\rho_K = \rho_0 = \frac{0,1 \cdot 10^6}{287 \cdot 293} = 1,189 \text{ кг/м}^3$$

н, мин-1	900	2000	3500	5600
ΔP_a , Мпа	0,0005	0,0016	0,0051	0,0112

Тогда P_a , будет равно

н, мин-1	900	2000	3500	5600
P_a , Мпа	0,0995	0,0984	0,0949	0,089

Коэффициент остаточных газов

Величина коэффициента остаточных газов (γ_r) характеризует качество очистки цилиндра от продуктов сгорания. Коэффициент остаточных газов для четырехтактных двигателей: с учетом продувки и дозарядки цилиндра, $\varphi_{оч}$ можно принять за 1; $\varphi_{доз}$ можно принять: на малых оборотах (0,88-0,95), на оборотах свыше 3000 (1,12-1,15)

$$\gamma_r = \frac{T_K + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{\varphi_{оч} \cdot P_r}{\varepsilon \cdot \varphi_{доз} \cdot P_a - \varphi_{оч} \cdot \varphi \cdot P_r}$$

н, мин-1	900	2000	3500	5600
γ_r	0,033	0,034	0,035	0,039

Температура в конце впуска

Температура в конце впуска T_a с достаточной степенью точности определяется по формуле:

$$T_a = \frac{(T_K + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r)}{(+ \gamma_r)}$$

н, мин-1	900	2000	3500	5600
----------	-----	------	------	------

T_a, K	372	369	364	358
----------	-----	-----	-----	-----

Коэффициент наполнения

Наиболее важной величиной, характеризующей процесс впуска, является коэффициент наполнения (η_v), представляющий собой отношение действительного количества свежего заряда, поступившего в цилиндр, к тому 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. Величину коэффициента наполнения определяют по формуле:

$$\eta_v = \frac{T_k \cdot (P_a - P_r)}{(T_k + \Delta T) \cdot P_k}$$

$n, \text{ мин-1}$	900	2000	3500	5600
η_v	0,937	0,933	0,903	0,844

Параметры сжатия рабочего тела и начала воспламенения смеси

Процессы воспламенения и сгорания рассчитываются по методу Вибе И.И. Значение показателя политропы сжатия.

Средний показатель адиабаты сжатия при $\epsilon = 11$ и рассчитанных T_a по режимам:

$n, \text{ мин-1}$	900	2000	3500	5600
k_1	1,3692	1,3695	1,3703	1,3713

Средний показатель политропы сжатия n_1 принимается несколько меньше k_1 и имеет значения:

$n, \text{ мин-1}$	900	2000	3500	5600
n_1	1,369	1,369	1,37	1,371

Давление, температура и удельный объем в конце сжатия

$$p_c = P_a \cdot \epsilon^{n_1}; \quad T_c = T_a \cdot \epsilon^{n_1 - 1};$$

n , мин-1	900	2000	3500	5600
p_c , МПа	2,65	2,62	2,53	2,37
T_c , К	901	893	883	871

Удельный объем рабочего тела в конце процесса наполнения
(здесь $\mu_b = 28,9$ – молярная масса воздуха, $m_T = 115$ кг/моль – молярная
масса паров бензина, $l_0 = 14,957$ кг возд./кг топл.)

$$V_a = 8,314 \cdot 10^{-3} \frac{T_a}{\mu_B \cdot p_a};$$

n , мин-1	900	2000	3500	5600
V_a , м ³ /кг	1,075	1,078	1,103	1,159

Удельный объем, давление и температура рабочего тела в момент
воспламенения, если угол опережения воспламенения $\Theta = 25$ (град) и $\lambda = 0,28$

$$V_y = \frac{V_a}{\varepsilon} \cdot \left[1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \cdot \left[\left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) - \left[\cos\left(\frac{\Theta \cdot \pi}{180} \right) + \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 \left(\sin\left(\frac{\Theta \cdot \pi}{180} \right) \right)^2} \right] \right] \right].$$

$$V_y = 0,142 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

$$p_y = \left(\frac{V_a}{V_y} \right)^{n_1} \cdot p_a; p_y = 1,22 \text{ (МПа)};$$

$$T_y = \left(\frac{V_a}{V_y} \right)^{n_1 - 1} \cdot T_a; T_y = 637,47 \text{ (К)}.$$

2.1.1 Термодинамический расчет

Целью термодинамического расчета является нахождение значений
давления и температуры газов в цилиндре двигателя для любого момента
сгорания. Расчет процесса производится с учетом угла опережения
воспламенения, характера и средней скорости сгорания.

Коэффициент эффективности сгорания топлива $\zeta = 0,95$

Общая удельная теплота сгорания топлива

$$H_u = 43897 \text{ (кМоль возд/кг топл.)}$$

$$q_z = \frac{\zeta \cdot H_u}{(1 + \gamma_r)(\psi \cdot l_0 + 1)}$$

n, мин-1	900	2000	3500	5600
q _z , кДж/кг	2330	2410	2450	2467

Давление газов в процессе сгорания

$$p_2 = E_2 \cdot \Delta X_{1-2} + p_1 \cdot K_{1-2} \cdot \psi \cdot \left[\frac{\varphi_1}{\varphi_2} \right]^{\psi} \cdot K_{1-2} \cdot \psi \cdot \left[\frac{\varphi_1}{\varphi_2} \right]^{\psi}$$

$$E_2 = \left(0,002 \cdot \frac{\varepsilon}{V_a} \right) \cdot q_z;$$

n, мин-1	900	2000	3500	5600
E ₂ , МПа	53,2	52,9	52,7	46,5

Доля топлива, сгоревшего на рассматриваемом участке

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

φ'_1 и φ'_2 – углы поворота коленчатого вала соответственно в начале и в конце рассматриваемого участка;

φ_1 и φ_2 – углы поворота коленчатого вала, отсчитываемые от момента воспламенения соответственно до начала или конца рассматриваемого участка;

p_1 – давление в начальной точке рассматриваемого участка, МПа;

$$K_{1-2} = \frac{k_{1-2} + 1}{k_{1-2} - 1} - \text{фактор теплоемкостей.}$$

Отношение средних теплоемкостей рабочего тела на участке 1-2

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

среднее значение доли топлива сгоревшего на участке 1-2

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

$T_{1-2} = (T_1 + T_2)/2$ – средняя температура на участке 1-2;

$$\psi \varphi \cong 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \cdot \sigma;$$

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

$$T_2 = \frac{T_y \cdot p_2 \cdot \psi \varphi_2}{p_y \cdot \psi \varphi_y \cdot \mu_{1-2}} - \text{температура газов в процессе сгорания};$$

$\mu_{1-2} = (\mu_1 + \mu_2)/2$ – средний на рассматриваемом участке коэффициент молекулярного изменения свежей смеси;

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

$\mu_0 = \mu_{0 \max} = 1,065$ - расчетный коэффициент молекулярного изменения свежей смеси.

Результаты расчета приведены в таблице 2.

2.1.2 Расчет процесса расширения

n, мин-1	900	2000	3500	5600
V_z	0,173	0,176	0,179	0,182

$$\delta = V_a/V_z;$$

n, мин-1	900	2000	3500	5600
δ	5,626	5,633	5,642	6,279

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

n, мин-1	900	2000	3500	5600
n ₂	1,186	1,18	1,18	1,18

Параметры в конце процесса расширения как политропного процесса

$$p_b = \frac{p_Z}{\delta^{n_2}} ;$$

n, мин-1	900	2000	3500	5600
p _b , МПа	0,6017	0,6341	0,6785	0,5418

$$T_b = \frac{T_Z}{\delta^{n_2-1}} ;$$

n, мин-1	900	2000	3500	5600
T _b , К	1894,1	1985,8	2084,9	2048,9

где p_Z и T_Z – параметры в конце.

Текущие значения удельного объема, давления и температуры газов от конца процесса сгорания до 540 град. п.к.в. находятся из соотношений:

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

φ_{рт} – текущее значение угла поворота коленчатого вала

$$p_{pm} = \left(\frac{V_a}{V_T} \right)^{n_2} \cdot p_b ; \quad T_{pm} = \left(\frac{V_a}{V_T} \right)^{n_2-1} \cdot T_b .$$

2.1.3 Параметры выпуска

За период выпуска из цилиндра двигателя удаляются отработавшие газы. Для оценки правильности выбора значения температуры отработавших газов

произведем проверку:

$$T_r = T_e / \sqrt[3]{P_e / P_r}$$

n, мин-1	900	2000	3500	5600
T _r , К	1054,4	1104,8	1132,7	1197,7

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

n, мин-1	900	2000	3500	5600
Δ, %	2,42	1,24	1,23	3,53

2.1.4 Индикаторные параметры цикла

При изменении работы двигателя со 100% до 30%, благодаря отключению цилиндров мы получим в индикаторной работе повышение с 12 % до 33 %, а механический КПД падает с 88 % до 67 %. Величина мощности, равная 30 % от максимальной, может быть достигнута при работе только двух цилиндров четырехцилиндрового двигателя. [29]

Среднее индикаторное давление

Для двигателя с искровым зажиганием, работающего по циклу с подводом теплоты при $V = \text{const}$, теоретическое среднее индикаторное давление

$$P_{ip} = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]$$

Примем $\varphi_{II} = 0,95$

$$P_i = \varphi_{II} \cdot P_{ip}$$

P _i , МПа \ n, мин ⁻¹	900	2000	3500	5600
Без откл. цил.	1,2457	1,3986	1,4876	1,19
С откл. цил.	1,3957	1,5664	1,6661	1,332

Индикаторная мощность

Индикаторная мощность двигателя N_i - работа, совершаемая газами

внутри цилиндров в единицу времени.

$$N_i = P_i \cdot V_h \cdot i \cdot n / 60 \cdot \tau$$

$N_i, \text{ кВт} \setminus n, \text{ мин}^{-1}$	900	2000	3500	5600
Без откл. цилиндр.	14,9	37,2	59,2	78,6
С откл. цилиндр.	8,3	20,8	38,7	49,6

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

Для автомобильных и тракторных двигателей, работающих на жидком топливе, $\alpha = 1$ (Без отключения цилиндров), $\alpha = 1,05$ (С отключением цилиндров)[29]:

$$\eta_i = P_i \cdot l_0 \cdot \alpha / G_u \cdot \rho_k \cdot \eta_v$$

$\eta_i, \setminus n, \text{ мин}^{-1}$	900	2000	3500	5600
Без откл. цилиндр.	0,346	0,402	0,434	0,378
С откл. цилиндр.	0,387	0,45	0,486	0,423

Удельный индикаторный расход жидкого топлива, г/(кВт·ч), составит

$$g_i = 3600 / \eta_i \cdot H_u$$

$g_i, \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}) \setminus n, \text{ мин}^{-1}$	900	2000	3500	5600
Без откл. цилиндр.	236.848	208,62	192.84	216.87
С откл. цилиндр.	208,4	183.4	170,1	190,7

2.1.5 Эффективные показатели, размерность двигателя

Средняя скорость поршня

$$C_n = S n / 30 = \frac{0,0765 \cdot 3500}{30} = 8,82$$

Среднее давление механических потерь

$$P_M = 0,034 + 0,0113 C_n = 0,034 + 0,0113 \cdot 8,82 = 0,133 \text{ МПа}$$

$$P_e = P_i - P_M$$

$P_e, \text{ МПа} \setminus n, \text{ мин}^{-1}$	900	2000	3500	5600
--	-----	------	------	------

Без откл. цил.	1,1127	1,2656	1,3546	1,057
С откл. цил.	1,2627	1,4334	1,5331	1,199

Эффективная мощность

$$N_e = N_i \cdot \eta_m = P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n / (60 \cdot \tau)$$

N_e , кВт \ n , мин ⁻¹	900	2000	3500	5600
Без откл. цил.	13,3	33,6	53	68,7
С откл. цил.	7,5	19	35,6	44,6

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

Для двигателей, работающих на жидком топливе

$$\eta_e = \frac{P_e}{\rho_k \cdot \eta_v} \cdot \frac{\alpha \cdot l_0}{H_u}$$

η_e , кВт \ n , мин ⁻¹	900	2000	3500	5600
Без откл. цил.	0,330	0,37	0,403	0,319
С откл. цил.	0,369	0,41	0,451	0,357

Эффективный удельный расход в г/(кВт·ч) жидкого топлива

$$g_e = 3600 / (H_u \cdot \eta_e)$$

g_e , г/(кВт·ч) \ n , мин ⁻¹	900	2000	3500	5600
Без откл. цил.	248	221	203	257
С откл. цил.	222	200	181	229

Крутящий момент:

$$M_e = \frac{3 \cdot 10^4}{\pi} \cdot \frac{N_e}{n}$$

M_e , Нм \ n , мин ⁻¹	900	2000	3500	5600
Без откл. цил.	41,1	110,4	125,3	117,1
С откл. цил.	22,4	80,7	87,1	76,0

Часовой расход топлива:

$$G_t = g_e \cdot N_e$$

$G_t, \text{ кг/ч} \setminus n, \text{ мин}^{-1}$	900	2000	3500	5600
Без откл. цил.	3,29	7,42	12,79	17,65
С откл. цил.	1,66	3,8	6,44	10,21

Исходные данные и промежуточные результаты расчета

ε	α	n_1	$L_o, \frac{\text{кмоль} \cdot \text{воздуха}}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}$	$I_o, \frac{\text{кДж} \cdot \text{воздуха}}{\text{кг} \cdot \text{топлива}}$	γ_r	φ_z°	θ°	λ	μ_B	m	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	$p_o, \text{МПа}$	$p_r, \text{МПа}$	n_2
μ_{max}	ξ	$q_z, \text{кДж/кг}$	$E_2, \text{МПа}$	H_u	$p_a, \text{МПа}$	$V_a, \text{м}^3/\text{кг}$	$p_y, \text{МПа}$	$V_y, \text{м}^3/\text{кг}$	T_a, K	T_y, K	T_o, K	T_r, K	δ	T_b, K
11	1	1,371	0,5168	14,9565	0,03900	60	25	0,28	28,95	3	8	0,1	0,115	1,18
1,024	0,95	2467	46,500	43897	0,089	1,159	1,220	0,1420	358,00	637,47	293	1000	6,28	2048,90

Таблица 2 – Результаты расчета процесса сгорания

φ°	φ°	$V_{\text{ст}}$	T_1, K	T_2, K	T_{1-2}	X_{1-2}	ΔX_{1-2}	k_{1-2}	K_{1-2}	$p_1, \text{Мпа}$	$p_2, \text{Мпа}$	σ	$\psi(\varphi)$	μ	μ_{1-2}
0	-25	0,168	637,470	637,470	637,470	0,00000027	0,00000053	1,379	6,273	1,2200	1,2200	0,119	1,595	1,000	1,000
1	-24	0,163	637,470	644,527	640,998	0,00000400	0,00000800	1,379	6,282	1,2200	1,2698	0,110	1,549	1,000	1,000
2	-23	0,159	644,527	651,650	648,089	0,00001732	0,00003465	1,377	6,300	1,2698	1,3212	0,101	1,506	1,000	1,000
3	-22	0,154	651,650	658,916	655,283	0,00004664	0,00009327	1,376	6,318	1,3212	1,3744	0,093	1,463	1,000	1,000
4	-21	0,150	658,916	666,434	662,675	0,00009832	0,00019664	1,375	6,337	1,3744	1,4296	0,085	1,423	1,000	1,000
5	-20	0,146	666,434	674,346	670,390	0,00017874	0,00035748	1,373	6,356	1,4296	1,4870	0,077	1,384	1,000	1,000
6	-19	0,142	674,346	682,831	678,589	0,00029421	0,00058841	1,372	6,376	1,4870	1,5470	0,069	1,347	1,000	1,000
7	-18	0,138	682,831	692,096	687,464	0,00045096	0,00090191	1,371	6,397	1,5470	1,6100	0,062	1,312	1,000	1,000
8	-17	0,135	692,096	702,381	697,239	0,00065509	0,00131018	1,369	6,420	1,6100	1,6765	0,056	1,279	1,000	1,000
9	-16	0,131	702,381	713,951	708,166	0,00091250	0,00182500	1,367	6,446	1,6765	1,7473	0,049	1,247	1,000	1,000
10	-15	0,128	713,951	727,096	720,523	0,00122879	0,00245758	1,365	6,473	1,7473	1,8229	0,044	1,218	1,000	1,000
11	-14	0,125	727,096	742,126	734,611	0,00160915	0,00321830	1,363	6,504	1,8229	1,9042	0,038	1,190	1,000	1,000
12	-13	0,123	742,126	759,366	750,746	0,00205824	0,00411648	1,361	6,539	1,9042	1,9921	0,033	1,164	1,000	1,000
13	-12	0,120	759,366	779,146	769,256	0,00258001	0,00516003	1,359	6,577	1,9921	2,0875	0,028	1,140	1,000	1,000
14	-11	0,118	779,146	801,799	790,473	0,00317755	0,00635510	1,356	6,620	2,0875	2,1911	0,024	1,118	1,000	1,001
15	-10	0,116	801,799	827,650	814,725	0,00385283	0,00770567	1,353	6,666	2,1911	2,3041	0,019	1,097	1,001	1,001
16	-9	0,114	827,650	857,007	842,329	0,00460656	0,00921312	1,350	6,716	2,3041	2,4270	0,016	1,079	1,001	1,001

Продолжение таблицы 2

17	-8	0,112	857,007	890,153	873,580	0,00543789	0,01087579	1,347	6,771	2,4270	2,5606	0,012	1,062	1,001	1,001
18	-7	0,110	890,153	927,337	908,745	0,00634422	0,01268845	1,343	6,829	2,5606	2,7054	0,010	1,048	1,001	1,001
19	-6	0,109	927,337	968,764	948,051	0,00732096	0,01464192	1,340	6,889	2,7054	2,8617	0,007	1,035	1,002	1,002
20	-5	0,108	968,764	1014,589	991,676	0,00836130	0,01672261	1,336	6,952	2,8617	3,0295	0,005	1,024	1,002	1,002
21	-4	0,107	1014,589	1064,904	1039,746	0,00945609	0,01891218	1,332	7,017	3,0295	3,2086	0,003	1,016	1,002	1,002
22	-3	0,106	1064,904	1119,736	1092,320	0,01059366	0,02118731	1,329	7,083	3,2086	3,3982	0,002	1,009	1,003	1,003
23	-2	0,106	1119,736	1179,035	1149,385	0,01175980	0,02351959	1,325	7,149	3,3982	3,5974	0,001	1,004	1,003	1,003
24	-1	0,105	1179,035	1242,672	1210,853	0,01293779	0,02587558	1,322	7,215	3,5974	3,8048	0,000	1,001	1,004	1,004
25	0	0,105	1242,672	1310,429	1276,550	0,01410854	0,02821707	1,318	7,279	3,8048	4,0187	0,000	1,000	1,004	1,005
26	1	0,105	1310,429	1382,002	1346,215	0,01525084	0,03050169	1,315	7,342	4,0187	4,2369	0,000	1,001	1,005	1,005
27	2	0,106	1382,002	1456,991	1419,496	0,01634179	0,03268359	1,312	7,403	4,2369	4,4570	0,001	1,004	1,006	1,006
28	3	0,106	1456,991	1534,911	1495,951	0,01735730	0,03471461	1,310	7,461	4,4570	4,6763	0,002	1,009	1,006	1,007
29	4	0,107	1534,911	1615,183	1575,047	0,01827279	0,03654558	1,307	7,516	4,6763	4,8918	0,003	1,016	1,007	1,008
30	5	0,108	1615,183	1697,150	1656,166	0,01906398	0,03812797	1,305	7,568	4,8918	5,1004	0,005	1,024	1,008	1,009
31	6	0,109	1697,150	1780,082	1738,616	0,01970783	0,03941565	1,302	7,616	5,1004	5,2989	0,007	1,035	1,009	1,009
32	7	0,110	1780,082	1863,190	1821,636	0,02018346	0,04036692	1,300	7,661	5,2989	5,4844	0,010	1,048	1,010	1,010
33	8	0,112	1863,190	1945,639	1904,414	0,02047324	0,04094648	1,298	7,702	5,4844	5,6537	0,012	1,062	1,011	1,011
34	9	0,114	1945,639	2026,571	1986,105	0,02056369	0,04112737	1,297	7,739	5,6537	5,8043	0,016	1,079	1,012	1,012
35	10	0,116	2026,571	2105,126	2065,848	0,02044639	0,04089279	1,295	7,773	5,8043	5,9336	0,019	1,097	1,013	1,013
36	11	0,118	2105,126	2180,460	2142,793	0,02011873	0,04023747	1,294	7,804	5,9336	6,0398	0,024	1,118	1,014	1,014
37	12	0,120	2180,460	2251,776	2216,118	0,01958434	0,03916868	1,293	7,831	6,0398	6,1213	0,028	1,140	1,015	1,015
38	13	0,123	2251,776	2318,345	2285,060	0,01885333	0,03770666	1,292	7,855	6,1213	6,1771	0,033	1,164	1,016	1,016
39	14	0,125	2318,345	2379,526	2348,935	0,01794217	0,03588435	1,291	7,875	6,1771	6,2069	0,038	1,190	1,016	1,017

Продолжение таблицы 2

40	15	0,128	2379,526	2434,790	2407,158	0,01687321	0,03374641	1,290	7,893	6,2069	6,2108	0,044	1,218	1,017	1,018
41	16	0,131	2434,790	2483,734	2459,262	0,01567382	0,03134764	1,290	7,908	6,2108	6,1895	0,049	1,247	1,018	1,018
42	17	0,135	2483,734	2526,091	2504,912	0,01437532	0,02875065	1,289	7,920	6,1895	6,1441	0,056	1,279	1,019	1,019
43	18	0,138	2526,091	2561,738	2543,915	0,01301153	0,02602307	1,289	7,930	6,1441	6,0763	0,062	1,312	1,019	1,020
44	19	0,142	2561,738	2590,696	2576,217	0,01161721	0,02323443	1,288	7,938	6,0763	5,9881	0,069	1,347	1,020	1,020
45	20	0,146	2590,696	2613,121	2601,908	0,01022646	0,02045291	1,288	7,943	5,9881	5,8818	0,077	1,384	1,021	1,021
46	21	0,150	2613,121	2629,293	2621,207	0,00887110	0,01774220	1,288	7,947	5,8818	5,7598	0,085	1,423	1,021	1,021
47	22	0,154	2629,293	2639,602	2634,448	0,00757934	0,01515867	1,288	7,949	5,7598	5,6248	0,093	1,463	1,021	1,022
48	23	0,159	2639,602	2644,522	2642,062	0,00637458	0,01274915	1,288	7,950	5,6248	5,4792	0,101	1,506	1,022	1,022
49	24	0,163	2644,522	2644,592	2644,557	0,00527467	0,01054935	1,288	7,950	5,4792	5,3256	0,110	1,549	1,022	1,022
50	25	0,168	2644,592	2640,387	2642,489	0,00429156	0,00858313	1,288	7,948	5,3256	5,1664	0,119	1,595	1,022	1,022
51	26	0,173	2640,387	2632,497	2636,442	0,00343127	0,00686254	1,288	7,946	5,1664	5,0038	0,128	1,642	1,023	1,023
52	27	0,178	2632,497	2621,507	2627,002	0,00269434	0,00538867	1,288	7,942	5,0038	4,8396	0,138	1,691	1,023	1,023
53	28	0,183	2621,507	2607,970	2614,738	0,00207652	0,00415305	1,288	7,938	4,8396	4,6756	0,148	1,741	1,023	1,023
54	29	0,189	2607,970	2592,402	2600,186	0,00156977	0,00313953	1,288	7,934	4,6756	4,5132	0,159	1,794	1,023	1,023
55	30	0,195	2592,402	2575,264	2583,833	0,00116322	0,00232645	1,289	7,929	4,5132	4,3534	0,169	1,847	1,023	1,023
56	31	0,200	2575,264	2556,959	2566,112	0,00084437	0,00168875	1,289	7,924	4,3534	4,1973	0,180	1,902	1,023	1,023
57	32	0,206	2556,959	2537,830	2547,395	0,00060000	0,00120001	1,289	7,918	4,1973	4,0455	0,192	1,959	1,023	1,023
58	33	0,213	2537,830	2518,159	2527,995	0,00041708	0,00083416	1,289	7,913	4,0455	3,8984	0,203	2,017	1,023	1,023
59	34	0,219	2518,159	2498,175	2508,167	0,00028342	0,00056684	1,290	7,907	3,8984	3,7565	0,215	2,077	1,023	1,023
60	35	0,225	2498,175	2478,057	2488,116	0,00018813	0,00037626	1,290	7,901	3,7565	3,6198	0,228	2,138	1,023	1,023

2.1.6 Построение индикаторной диаграммы

Индикаторная диаграмма двигателя внутреннего сгорания строится с использованием данных расчета рабочего процесса. Данные для построения индикаторной диаграммы приведены в таблице 3 [2].

Таблица 3 – Данные построения индикаторной диаграммы

φ, град	V, л	P, Мпа									
0	0,036	0,100	351	0,039	2,427	379	0,049	5,988	407	0,108	2,537
30	0,067	0,089	352	0,039	2,561	380	0,050	5,882	408	0,111	2,461
60	0,147	0,089	353	0,038	2,705	381	0,052	5,760	409	0,113	2,389
90	0,244	0,089	354	0,038	2,862	382	0,053	5,625	410	0,116	2,320
120	0,328	0,089	355	0,037	3,030	383	0,055	5,479	411	0,119	2,254
150	0,381	0,089	356	0,037	3,209	384	0,056	5,326	412	0,122	2,190
180	0,399	0,089	357	0,037	3,398	385	0,058	5,166	413	0,125	2,129
210	0,381	0,095	358	0,036	3,597	386	0,060	5,004	414	0,128	2,071
240	0,328	0,116	359	0,036	3,805	387	0,061	4,840	415	0,131	2,015
270	0,244	0,174	360	0,036	4,019	388	0,063	4,676	416	0,134	1,961
300	0,147	0,351	361	0,036	4,237	389	0,065	4,513	417	0,137	1,909
330	0,067	1,025	362	0,036	4,457	390	0,067	4,353	418	0,140	1,860
335	0,058	1,220	363	0,037	4,676	391	0,069	4,197	419	0,143	1,812
336	0,056	1,270	364	0,037	4,892	392	0,071	4,045	420	0,147	1,767
337	0,055	1,321	365	0,037	5,100	393	0,073	3,898	421	0,150	1,723
338	0,053	1,374	366	0,038	5,299	394	0,075	3,756	422	0,153	1,681
339	0,052	1,430	367	0,038	5,484	395	0,078	3,620	423	0,156	1,640
340	0,050	1,487	368	0,039	5,654	396	0,080	3,616	424	0,159	1,601
341	0,049	1,547	369	0,039	5,804	397	0,082	3,496	425	0,162	1,564
342	0,048	1,610	370	0,040	5,934	398	0,085	3,381	426	0,166	1,528
343	0,046	1,677	371	0,041	6,040	399	0,087	3,270	427	0,169	1,494
344	0,045	1,747	372	0,041	6,121	400	0,089	3,164	428	0,172	1,460
345	0,044	1,823	373	0,042	6,177	401	0,092	3,063	429	0,175	1,428
346	0,043	1,904	374	0,043	6,207	402	0,094	2,966	430	0,179	1,398
347	0,042	1,992	375	0,044	6,211	403	0,097	2,872	431	0,182	1,368
348	0,041	2,087	376	0,045	6,190	404	0,100	2,783	432	0,185	1,339
349	0,041	2,191	377	0,046	6,144	405	0,102	2,697	433	0,189	1,312
350	0,040	2,304	378	0,048	6,076	406	0,105	2,615	434	0,192	1,285

Продолжение таблицы 3

φ, град	V, л	P, Мпа									
435	0,195	1,260	464	0,286	0,802	493	0,355	0,621	522	0,393	0,552
436	0,198	1,235	465	0,289	0,793	494	0,357	0,618	523	0,393	0,551
437	0,202	1,212	466	0,292	0,784	495	0,359	0,614	524	0,394	0,550
438	0,205	1,189	467	0,295	0,775	496	0,361	0,610	525	0,395	0,549
439	0,208	1,167	468	0,297	0,766	497	0,362	0,607	526	0,395	0,548
440	0,212	1,145	469	0,300	0,758	498	0,364	0,604	527	0,396	0,547
441	0,215	1,125	470	0,303	0,750	499	0,366	0,601	528	0,396	0,546
442	0,218	1,105	471	0,305	0,743	500	0,367	0,597	529	0,397	0,546
443	0,221	1,086	472	0,308	0,735	501	0,369	0,594	530	0,397	0,545
444	0,225	1,067	473	0,311	0,728	502	0,370	0,592	531	0,397	0,544
445	0,228	1,049	474	0,313	0,721	503	0,372	0,589	532	0,398	0,544
446	0,231	1,032	475	0,316	0,714	504	0,373	0,586	533	0,398	0,543
447	0,234	1,015	476	0,318	0,707	505	0,375	0,583	534	0,398	0,543
448	0,238	0,999	477	0,321	0,701	506	0,376	0,581	535	0,399	0,543
449	0,241	0,984	478	0,323	0,695	507	0,377	0,579	536	0,399	0,542
450	0,244	0,968	479	0,326	0,689	508	0,379	0,576	537	0,399	0,542
451	0,247	0,954	480	0,328	0,683	509	0,380	0,574	538	0,399	0,542
452	0,250	0,940	481	0,330	0,677	510	0,381	0,572	539	0,399	0,542
453	0,253	0,926	482	0,333	0,672	511	0,382	0,570	540	0,399	0,542
454	0,256	0,913	483	0,335	0,666	512	0,383	0,568	570	0,381	0,468
455	0,259	0,900	484	0,337	0,661	513	0,385	0,566	600	0,328	0,395
456	0,263	0,888	485	0,339	0,656	514	0,386	0,564	630	0,244	0,321
457	0,266	0,876	486	0,341	0,651	515	0,387	0,562	660	0,147	0,247
458	0,269	0,864	487	0,343	0,647	516	0,388	0,561	690	0,067	0,174
459	0,272	0,853	488	0,345	0,642	517	0,389	0,559	720	0,036	0,100
460	0,275	0,842	489	0,347	0,638	518	0,389	0,558			
461	0,278	0,832	490	0,349	0,633	519	0,390	0,556			
462	0,280	0,821	491	0,351	0,629	520	0,391	0,555			
463	0,283	0,811	492	0,353	0,625	521	0,392	0,553			

По данным таблицы 3 строится индикаторная диаграмма рабочего цикла бензинового ДВС (рисунок 5) и диаграмма рабочего цикла бензинового ДВС (рисунок 6).

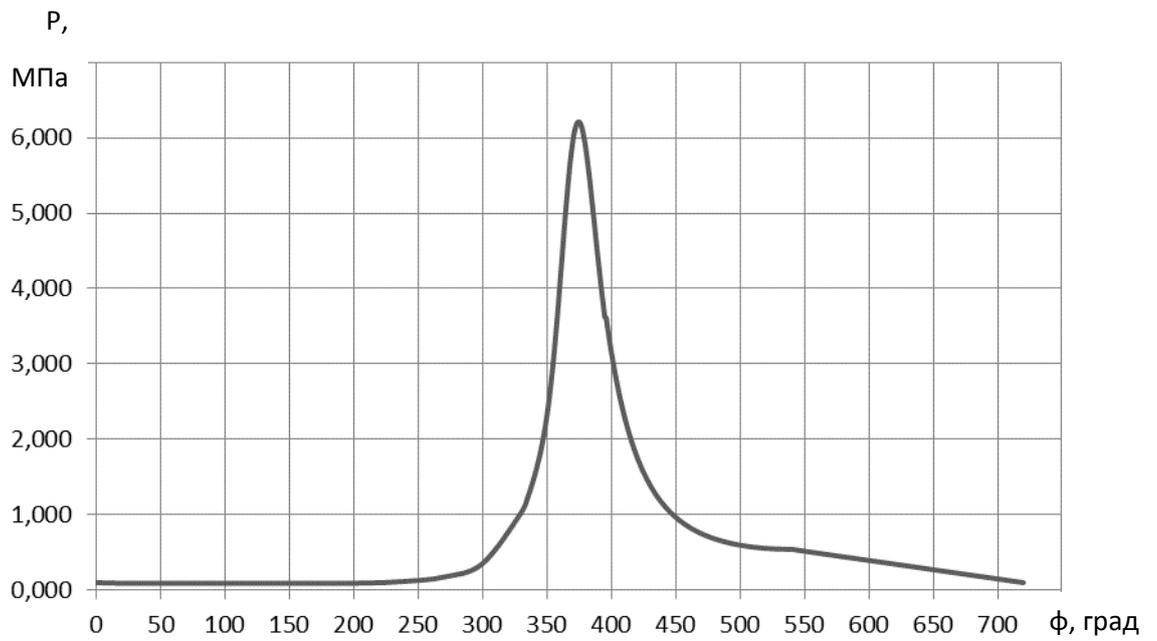


Рисунок 5 - Индикаторная диаграмма рабочего цикла бензинового ДВС

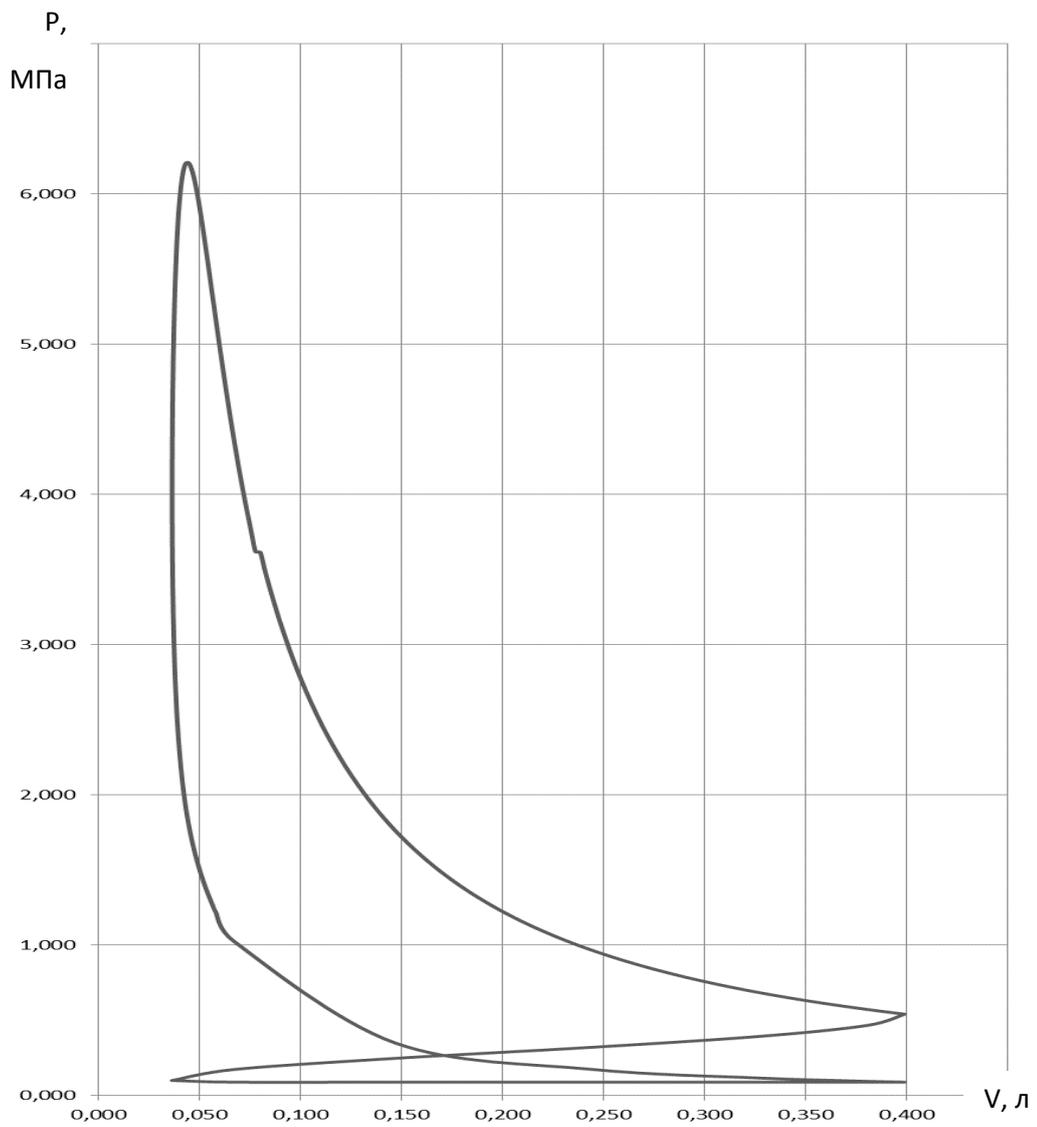


Рисунок 6 – Диаграмма рабочего цикла бензинового ДВС

2.1.7 Тепловой баланс двигателя внутреннего сгорания

Распределение теплоты на эффективную работу и по отдельным видам тепловых потерь называют внешним тепловым балансом [4].

Уравнение теплового баланса в абсолютных количествах теплоты (кДж/час) имеет вид: $Q_0 = Q_e + Q_b + Q_r + Q_{н.с.} + Q_{ост.}$

где Q_0 – общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом (кДж/час);

Q_e – теплота, эквивалентная эффективной работе за 1 час (кДж/час);

Q_b – теплота, передаваемая охлаждающей среде (кДж/час);

Q_r – теплота, унесенная с отработавшими газами (кДж/час);

$Q_{н.с.}$ – теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания топлива (кДж/час) (определяется только для карбюраторных двигателей);

$Q_{ост.}$ – неучтенные потери теплоты (кДж/час).

$$Q_0 = H_u \cdot G_t = 43897 \cdot 17,65 = 774782 \text{ Дж/час}$$

$$Q_e = 3600 \cdot N_e = 3600 \cdot 68,7 = 247320 \text{ Дж/час}$$

$$Q_r = G_m \cdot \left[c \cdot i \cdot D^{1+2 \cdot m} \cdot n^m \cdot (H_u - \Delta H_u) \right] + 8,315 \cdot t_r - M_1 \cdot \left[c_v \cdot T_k + 8,315 \cdot t_k \right] - Q_{н.с.} = \Delta H_u \cdot G_t$$

$$Q_{ост.} = Q_0 - Q_e + Q_b + Q_r + Q_{н.с.}$$

$$q_0 = q_e + q_b + q_r + q_{н.с.} + q_{ост.} = 100\%$$

Результаты расчета приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения относительных величин внешнего теплового баланса

Составляющие теплового баланса	Частота вращения коленчатого вала, об/мин							
	900		2000		3500		5600	
	Q , Дж/с	q ,%	Q , Дж/с	q ,%	Q , Дж/с	q ,%	Q , Дж/с	q ,%
Теплота, эквивалентная эффективной работе за 1 с	13165	35	30175	32	46507	33	65711	29
Теплота, передаваемая охлаждающей среде	7331	19,53	24140	25,6	40431	28,6	53408	23,5
Теплота, унесенная с отработавшими газами	9492	25,29	24989	26,5	39520	28,02	67934	30
Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания	0	0	0	0	0	0	0	0
Неучтенные потери теплоты	7542	20,1	14993	15,9	14558	10,34	39757	17,53

2.1.8 Построение внешней скоростной характеристики для номинального режима

С достаточной степенью точности внешнюю скоростную характеристику можно построить по результатам теплового расчета, проведенного для одного режима работы двигателя - режима номинальной мощности и с использованием эмпирических зависимостей [2,4].

Расчетные точки кривой эффективной мощности определяются по следующим эмпирическим зависимостям через каждые 500 - 1000 об/мин:

$$N_{ex} = N_e \frac{n_x}{n_N} \left[1 + \frac{n_x}{n_N} - \left(\frac{n_x}{n_N} \right)^2 \right].$$

В формулах принято: N_e и n_N - номинальная эффективная мощность и частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности, соответственно; N_{ex} и n_x - эффективная мощность и частота вращения коленчатого вала соответственно в искомой точке скоростной характеристики двигателя.

По рассчитанным точкам в масштабе M_N строят кривую эффективной мощности.

Точки кривой эффективного крутящего момента (Н·м) определяют по формуле

$$M_{ex} = 3 \cdot 10^4 N_{ex} / \pi n_x.$$

Среднее эффективное давление p_{ex} (МПа) для рассчитываемых точек можно определить по кривой M_{ex} или из выражения:

$$p_{ex} = N_{ex} 30 \tau / V_L n_x.$$

Удельный эффективный расход топлива, g_e , г/(кВт · ч), в искомой точке скоростной характеристики:

$$g_{ex} = g_{eN} \left[2 - 1,2 n_x / n_N + \left(n_x / n_N \right)^2 \right].$$

Часовой расход топлива, кг/ч:

$$G_{mx} = g_{ex} N_{ex} \cdot 10^{-3}.$$

Коэффициент наполнения:

$$\eta_{Vx} = p_{ex} l_0 a_x g_{ex} / (3600 \rho_k).$$

Результаты расчетов данных, необходимых для построения внешней скоростной характеристики ДВС занесены в таблицу 5. По данным таблицы 5 построена внешняя скоростная характеристика двигателя, представленная на рисунке 7.

Таблица 5 - Результаты расчетов, данных для построения внешней скоростной характеристики

n , мин ⁻¹	N_{ex} , кВт	M_{ex} , Н·М	g_e , г/(кВт·ч)	G_t , кг/ч
1500	20,39531	129,8406	247,3625	5,045035
2000	27,98889	133,6371	234,1556	6,553754
2500	35,58247	135,915	224,5181	7,988906
3000	42,9375	136,6743	218,45	9,379697
3500	49,81545	135,915	215,9514	10,75772
4000	55,97778	133,6371	217,0222	12,14842
4500	61,18594	129,8406	221,6625	13,56263
5000	65,20139	124,5255	229,8722	14,98799
5500	67,78559	117,6918	241,6514	16,38048
6000	68,7	109,3394	257	17,6559
6500	67,70608	99,46852	275,9181	18,68133

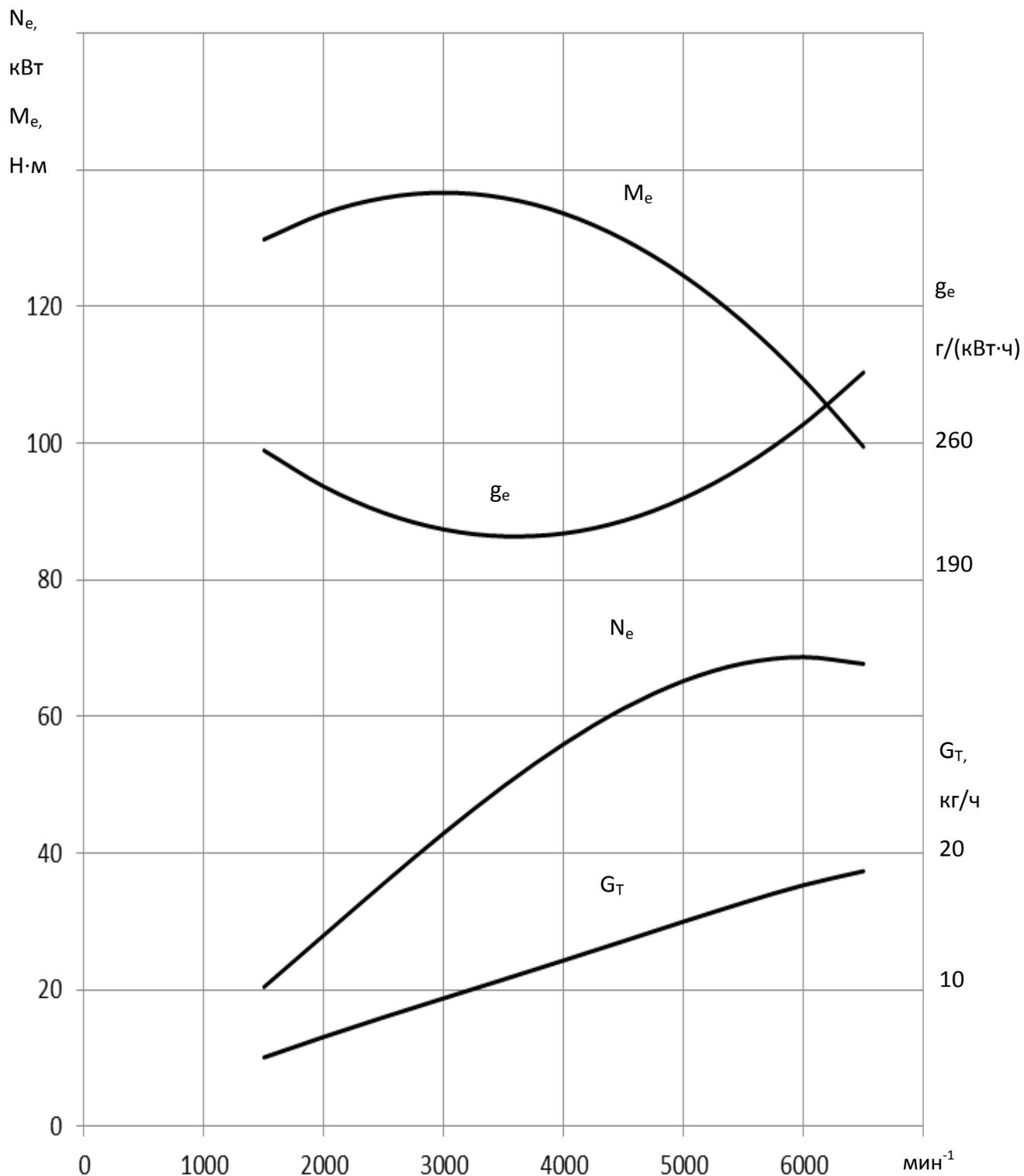


Рисунок 7 - Внешняя скоростная характеристика двигателя

2.2 Кинематические параметры кривошипно-шатунного механизма

Принимаем, что коленчатый вал вращается с постоянной угловой

скоростью ω (в действительности за счет постоянно изменяющихся газовых нагрузок на поршень и деформации коленчатого вала $\omega \neq \text{const}$) [2,4].

Перемещение поршня в зависимости от угла поворота кривошипа:

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

Скорость поршня:

$$v_n = \frac{ds}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{ds}{d\varphi} = \omega R \left(\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi \right),$$

где угловая скорость вращения коленчатого вала, $\omega = \pi \cdot n / 30$.

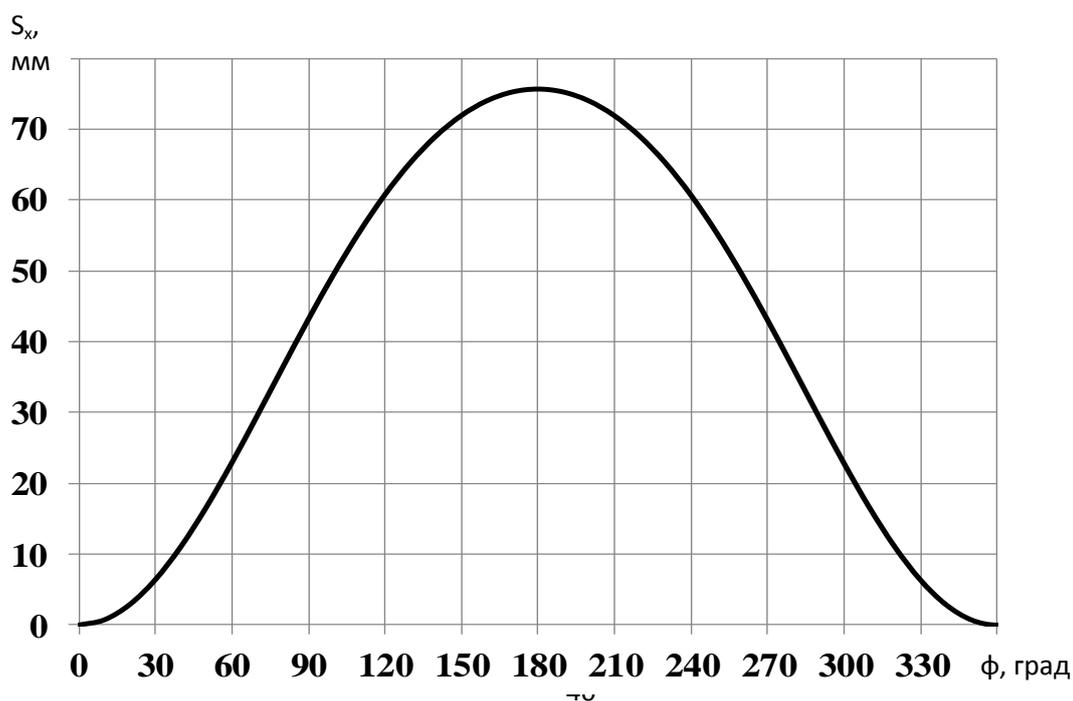
Ускорение поршня:

$$j = \frac{dv_n}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{dv_n}{d\varphi} = \omega^2 R \left(\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi \right).$$

Расчет перемещения поршня S_x , скорости поршня v_n , ускорения поршня j_n производится аналитически, через каждые 10° угла поворота коленчатого вала до 360° , а полученные данные заносятся в таблицу 6, и строятся зависимости указанных величин от угла поворота коленчатого вала (рисунок 8, рисунок 9, рисунок 10).

Таблица 6 – Расчетные значения перемещения поршня S_x , скорости поршня v_n , ускорения поршня j_n

φ, град п.к.в.	S_x , мм	v_n , м/с	j_n , м/с ²	φ, град п.к.в.
0	0	0	5478,629	360
10	0,7338403	2,817808	5341,328	350
20	2,8986653	5,495043	4940,119	340
30	6,3872397	7,902032	4305,969	330
40	11,030047	9,92977	3486,916	320
50	16,608101	11,49756	2543,137	310
60	22,869	12,55776	1540,864	300
70	29,544592	13,09726	545,8414	290
80	36,368526	13,13551	-382,929	280
90	43,092	12,7197	-1198,45	270
100	49,496328	11,9174	-1869,42	260
110	55,401315	10,80796	-2381,97	250
120	60,669	9,473402	-2739,31	240
130	65,202845	7,990151	-2959,35	230
140	68,943007	6,422361	-3070,7	220
150	71,85876	4,817668	-3107,52	210
160	73,939427	3,205744	-3103,99	200
170	75,185306	1,599698	-3088,98	190
180	75,6	0	-3081,73	180



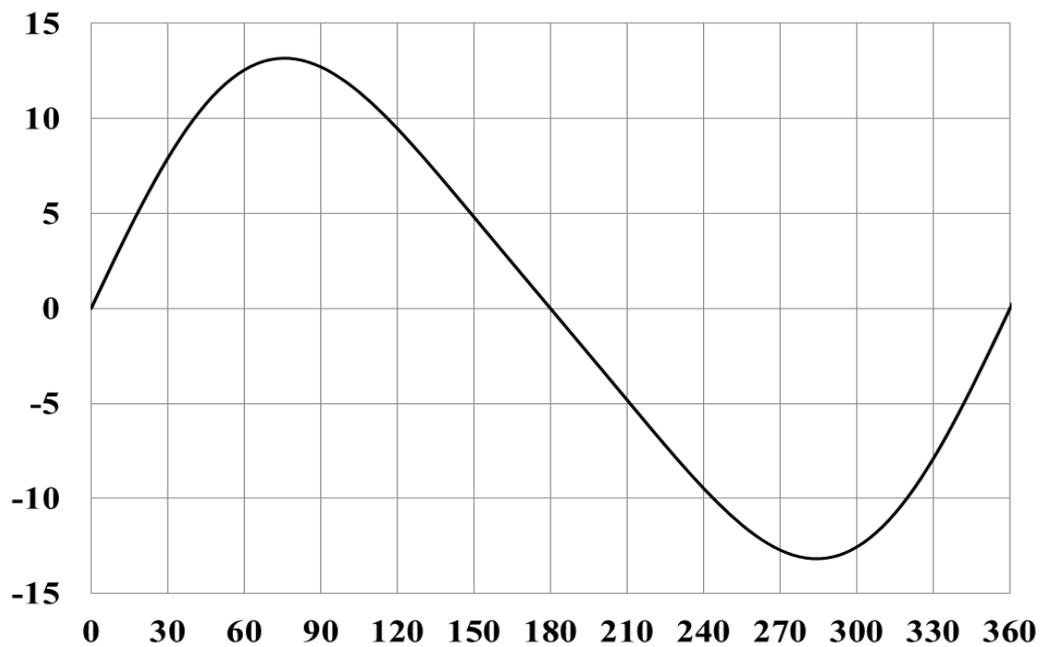


Рисунок 8 – Зависимость перемещения поршня от угла поворота кривошипа

$v_{п,}$ м/с
 Рисунок 9 – Зависимость скорости поршня от угла поворота кривошипа.

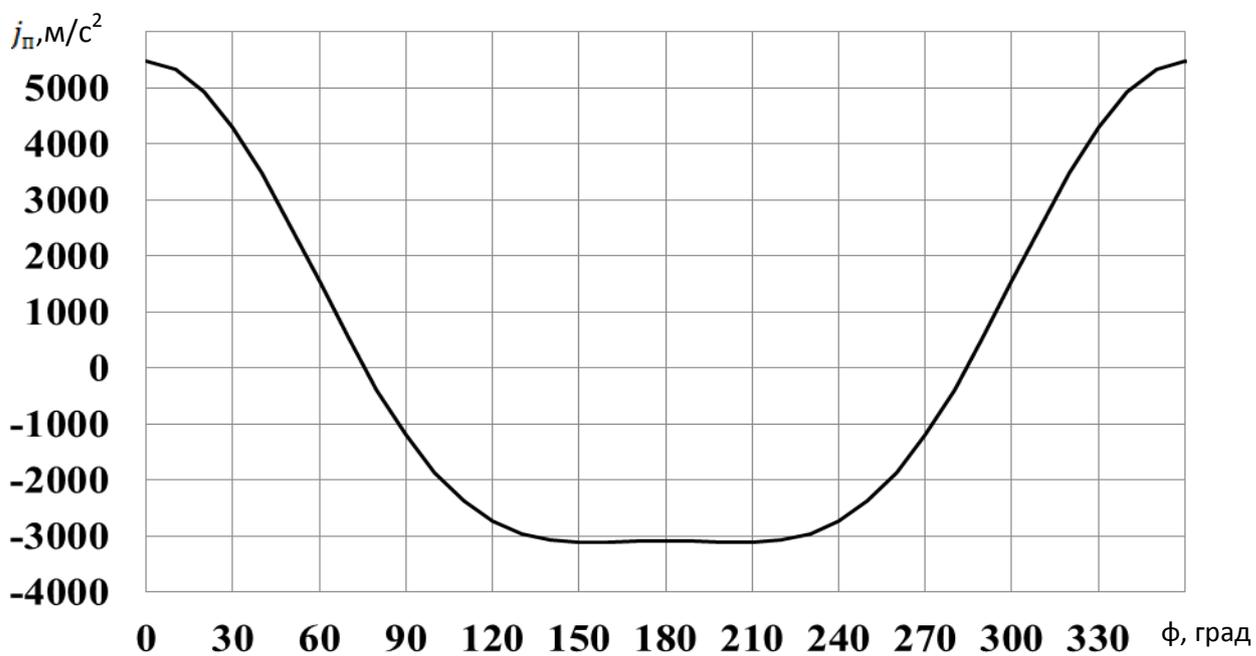


Рисунок 10 – Зависимость ускорения поршня от угла поворота кривошипа.

2.3 Динамика кривошипно-шатунного механизма

Сила давления газов

Произвели развертку индикаторной диаграммы, полученной в тепловом расчете.

Приведение масс частей кривошипно-шатунного механизма

Масса поршневой группы (принято $m'_п = 100 \text{ кг/м}^2$):

$$m_п = m'_п F_п = 100 * 0,00459 = 0,459 \text{ кг}$$

Масса шатуна (принято $m'_ш = 100 \text{ кг/м}^2$):

$$m_ш = m'_ш F_п = 150 * 0,00459 = 0,689 \text{ кг}$$

Масса неуравновешенных частей одного колена вала без противовесов:

$$m_к = m'_к F_п = 14 * 0,00459 = 0,643 \text{ кг}$$

Масса шатуна, сосредоточенная на оси поршневого пальца:

$$m_{ш.п} = 0,275 m_ш = 0,275 * 0,689 = 0,189 \text{ кг}$$

Масса шатуна, сосредоточенная на оси кривошипа:

$$m_{ш.к} = 0,725 * m_ш = 0,725 * 0,689 = 0,499 \text{ кг}$$

Массы, совершающие возвратно-поступательное движение:

$$m_j = m_п + m_{ш.п} = 0,459 + 0,189 = 0,648 \text{ кг}$$

Массы, совершающие вращательное движение:

$$m_R = m_к + m_{ш.к} = 0,643 + 0,499 = 1,142 \text{ кг}$$

Удельные и полные силы инерции

Удельная сила инерции возвратно-поступательных движущихся масс:

$$p_j = -\frac{j m_j}{F_п} = -j 0,648 * \frac{10^{-6}}{0,00459} = -j 141 * 10^{-6} \text{ МПа,}$$

где j принимается из кинематического расчета

Центробежная сила инерции вращающихся масс:

$$K_R = -m_R R \omega^2 = -1,142 * 0,0378 * 544^2 * 10^{-3} = -12,77 \text{ кН}$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс шатуна:

$$K_{Rш} = -m_{ш.к} R \omega^2 = -0,499 * 0,0378 * 544^2 * 10^{-3} = -5,58 \text{ кН}$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс кривошипа

$$K_{Rк} = -m_{к} R \omega^2 = -0,643 * 0,0378 * 544^2 * 10^{-3} = -7,19 \text{ кН}$$

Удельные суммарные силы

Удельная сила (МПа), сосредоточенная на оси поршневого пальца:

$$p = \Delta p_r + p_j$$

Удельная нормальная сила (МПа):

$$p_N = p \tan \beta$$

Удельная сила (МПа), действующая вдоль шатуна:

$$p_s = p(\cos \beta)$$

Удельная сила (МПа), действующая по радиусу кривошипа:

$$p_k = p \cos(\varphi + \beta) / \cos \beta$$

Удельная тангенциальная сила (МПа):

$$p_T = p \sin(\varphi + \beta) / \cos \beta$$

Тангенциальные силы (кН):

$$T = p_T F_{п} = p_T 0,00459 * 10^3$$

Таблица 7 - результаты динамического расчета

φ°	Δp , МПа	J , м\с ²	P_j , МПа	p , МПа	$\text{tag}\beta$	P_N
0	0,017	14318,57	-2,01892	-2,00192	0	0
30	0,014	11253,78	-1,58678	-1,57278	0,141	-0,22176
60	0,014	4027,097	-0,56782	-0,55382	0,248	-0,13735
90	0,014	-3132,19	0,441639	0,455639	0,289	0,13168
120	0,014	-7159,28	1,009458	1,023458	0,248	0,253818
150	0,014	-8121,6	1,145146	1,159146	0,141	0,16344
180	0,014	-8054,19	1,135641	1,149641	0	0
210	0,014	-8121,6	1,145146	1,159146	-0,141	-0,16344
240	0,014	-7159,28	1,009458	1,023458	-0,248	-0,25382
270	0,019	-3132,19	0,441639	0,460639	-0,289	-0,13312
300	0,145	4027,097	-0,56782	-0,42282	-0,248	0,10486
330	0,72	11253,78	-1,58678	-0,86678	-0,141	0,122216
360	1,92	14318,57	-2,01892	-0,09892	0	0
370	5,4	13959,73	-1,96832	3,431678	0,05	0,171584
390	3,3	11253,78	-1,58678	1,713217	0,141	0,241564
420	1,3	4027,097	-0,56782	0,732179	0,248	0,18158
450	0,72	-3132,19	0,441639	1,161639	0,289	0,335714
480	0,4	-7159,28	1,009458	1,409458	0,248	0,349546
510	0,265	-8121,6	1,145146	1,410146	0,141	0,198831
540	0,145	-8054,19	1,135641	1,280641	0	0
570	0,02	-8121,6	1,145146	1,165146	-0,141	-0,16429
600	0,017	-7159,28	1,009458	1,026458	-0,248	-0,25456
630	0,017	-3132,19	0,441639	0,458639	-0,289	-0,13255
660	0,017	4027,097	-0,56782	-0,55082	-0,248	0,136604
690	0,017	11253,78	-1,58678	-1,56978	-0,141	0,221339
720	0,017	14318,57	-2,01892	-2,00192	0	0

Продолжение таблицы 7

φ°	$1/\cos\beta$	$\cos(\varphi+\beta)/\cos\beta$	P_k , МПа	$\sin(\varphi+\beta)/\cos\beta$	p_T , МПа	T , кН	$M_{кр.ц}$ Н*м
0	1	1	-2,00192	0	0	0	0
30	1,01	0,795	-1,25036	0,622	-0,97827	-4,49026	-169,732
60	1,03	0,285	-0,15784	0,99	-0,54828	-2,51662	-95,1281
90	1,041	-0,289	-0,13168	1	0,455639	2,091382	79,05424
120	1,03	-0,715	-0,73177	0,742	0,759406	3,485674	131,7585
150	1,01	-0,937	-1,08612	0,378	0,438157	2,011141	76,02112
180	1	-1	-1,14964	0	0	0	0
210	1,01	-0,937	-1,08612	-0,378	-0,43816	-2,01114	-76,0211
240	1,03	-0,715	-0,73177	-0,742	-0,75941	-3,48567	-131,758
270	1,041	-0,289	-0,13312	-1	-0,46064	-2,11433	-79,9218
300	1,03	0,285	-0,1205	-0,99	0,418592	1,921339	72,62663
330	1,01	0,795	-0,68909	-0,622	0,539139	2,474648	93,5417
360	1	1	-0,09892	0	0	0	0
370	1,001	0,97	3,328728	0,221	0	0	0
390	1,01	0,795	1,362008	0,622	1,065621	4,8912	184,8874
420	1,03	0,285	0,208671	0,99	0,724858	3,327096	125,7642
450	1,041	-0,289	-0,33571	1	1,161639	5,331922	201,5467
480	1,03	-0,715	-1,00776	0,742	1,045818	4,800306	181,4515
510	1,01	-0,937	-1,32131	0,378	0,533035	2,446631	92,48264
540	1	-1	-1,28064	0	0	0	0
570	1,01	-0,937	-1,09174	-0,378	-0,44043	-2,02155	-76,4146
600	1,03	-0,715	-0,73392	-0,742	-0,76163	-3,49589	-132,145
630	1,041	-0,289	-0,13255	-1	-0,45864	-2,10515	-79,5747
660	1,03	0,285	-0,15698	-0,99	0,545312	2,502984	94,6128
690	1,01	0,795	-1,24798	-0,622	0,976405	4,481699	169,4082
720	1	1	-2,00192	0	0	0	0

Крутящие моменты

Крутящий момент одного цилиндра:

$$M_{кр.ц} = TR = T * 0,038 * 10^3 \text{ Н * м}$$

Период изменения крутящего момента:

$$\theta = 720/i = 720/4 = 180^\circ$$

Суммирование значений крутящих моментов всех цилиндров двигателя осуществляется через каждые 10° угла поворота коленчатого вала, и сводятся в таблицу.

Таблица 8 - Крутящий момент

φ°	Цилиндры								M _{кр} , Н*М
	1-й		2-й		3-й		4-й		
	φ°	M _{кр.ц}	φ°	M _{кр.ц}	φ°	M _{кр.ц}	φ°	M _{кр.ц}	
0	0	0	180	0	360	0	540	0	0
10	10	-74,8214	190	25,191	370	-68,112	550	35,81557	-81,9268
20	20	-135,25	200	50,62385	380	13,45613	560	50,88618	-20,2838
30	30	-169,732	210	76,02112	390	411,5157	570	86,25219	404,057
40	40	-172,441	220	-99,9762	400	558,3233	580	-113,591	172,3151
50	50	-145,115	230	-119,967	410	717,2447	590	-136,911	315,2517
60	60	-95,1281	240	-131,758	420	125,7642	600	-151,842	-252,964
70	70	-33,5094	250	-131,787	430	143,0379	610	-153,977	-176,236
80	80	27,8274	260	-114,961	440	154,4846	620	-139,483	-72,132
90	90	79,05424	270	-79,9218	450	201,5467	630	-106,121	94,55814
100	100	114,1489	280	-28,7244	460	209,314	640	-55,814	238,9245
110	110	131,052	290	32,61412	470	187,7771	650	5,57696	357,0202
120	120	131,7585	300	72,62663	480	175,0146	660	68,33246	447,7322
130	130	119,9672	310	124,5228	490	151,0304	670	120,593	516,1134
140	140	99,97624	320	154,6676	500	121,8814	680	151,2756	527,8008
150	150	76,02112	330	93,5417	510	88,2197	690	152,8967	410,6792
160	160	50,62385	340	82,48354	520	57,88178	700	123,7076	314,6968
170	170	25,191	350	47,86558	530	28,05482	710	68,95475	170,0662
180	180	0	360	0	540	0	720	0	0

$$M_{кр.ср} = M_e / \eta_M = 103,7 / 0,80 = 129,6 \text{ Н * м}$$

$$M_{кр.маx} = 530 \text{ Н*м}; M_{кр.миn} = -252 \text{ Н*м.}$$

2.4 Расчет поршня

Исходные данные для расчета поршня: диаметр цилиндра $D=82\text{мм}$, ход поршня $S=75,6\text{мм}$, максимальное давление сгорания $p_z=4,9\text{ Мпа}$ при $n_N=3500\text{ мин}^{-1}$, площадь поршня $55,4\text{ см}^2$, наибольшая нормальная сила $N_{\text{max}}=0,0044\text{ МН}$, масса поршневой группы $0,478\text{ кг}$, частота вращения $n_{\text{х.х max}}=7000\text{ мин}^{-1}$, $\lambda=0,283$, высота поршня $H=41,4\text{мм}$, высота юбки поршня $h_{\text{ю}}=16\text{мм}$, радиальную толщину кольца $t=3,1\text{мм}$, радиальный зазор кольца в канавке поршня $\Delta t=2,4\text{мм}$, толщину стенки головки поршня $s=25,1\text{мм}$, толщину верхней кольцевой перемычки $h_{\text{п}}=3,8\text{мм}$, число и диаметр масляных каналов в поршне $n'_m=10$ и $d_m=1\text{мм}$. Материал поршня – алюминиевый сплав, $\alpha_n = 22 \cdot 10^{-6}\text{ 1/К}$; материал гильзы цилиндра – серый чугун, $\alpha_n = 11 \cdot 10^{-6}\text{ 1/К}$.

Напряжение сжатия в сечении х-х:

Площадь сечения х-х

$$F_{\text{х-х}} = \left(\frac{\pi}{4}\right) (d_x^2 - d_i^2) \cdot n'_m F' = \left[\left(\frac{3,14}{4}\right) (82^2 - 84^2) \cdot 10 \cdot 20\right] \cdot 10^{-6} = 0,0034\text{ м}^2,$$

$$\text{где } d_x = D - 2(t + \Delta t) = 76 - 2(3,1 + 0,7) = 68\text{мм};$$

$$d_i = D - 2(s + t + \Delta t) = 76 - 2(3,88 + 3,1 + 0,7) = 60,64\text{мм};$$

$$F = d_M (d_x - d_i) / 2 = 2(68 - 60,64) / 2 = 77,6\text{мм}^2;$$

Максимальная сжимающая сила

$$P_{r \text{ max}} = p_z F_n = 12,1 \cdot 45,3 \cdot 10^{-4} = 5,489\text{ МН};$$

Напряжение сжатия

$$\sigma_{\text{сж}} = P_{r \text{ max}} / F_{\text{х-х}} = 5,489 / 0,0034 = 7743,6\text{ МПа}$$

Напряжение разрыва в сечении х-х:

максимальная угловая скорость холостого хода

$$\omega_{\text{х.х max}} = \pi n_{\text{х.х max}} / 30 = 3,14 \cdot 4500 / 30 = 524\text{ рад/с};$$

Масса головки поршня с кольцами, расположенными выше сечения

х-х:

$$m_{\text{х-х}} = 0,6 m_n = 0,6 \cdot 2,94 = 1,764\text{ кг};$$

Максимальная разрывная сила

$$P_j = m_{x-x} R \omega_{x-x \max}^2 (1 + \lambda) = 1,764 \cdot 0,038 \cdot 524^2 \cdot (1 + 0,295) = 0,0886 \text{ МН};$$

Напряжение разрыва

$$\sigma_p = P_j / F_{x-x} = 0,0886 / 0,0034 = 124,95 \text{ МПа}$$

Напряжения в верхней кольцевой перемычке

среза

$$\tau = 0,0314 p_z D / h_n = 0,0314 \cdot 12,2 \cdot 76 / 5,46 = 5,3 \text{ МПа};$$

изгиба

$$\sigma_{из} = 0,0045 p_z (D / h_n)^2 = 0,0045 \cdot 12,2 (76 / 5,46)^2 = 10,5 \text{ МПа};$$

сложное

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{из}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{10,5^2 + 4 \cdot 5,3^2} = 14,9 \text{ МПа}.$$

Удельные давления поршня на стенку цилиндра:

$$q_1 = N_{\max} / (h_{ю} D) = 0,00697 / (0,046 \cdot 0,076) = 0,195 \text{ МПа};$$

$$q_2 = N_{\max} / (h_n D) = 0,00697 / (0,076 \cdot 0,076) = 0,120 \text{ МПа}.$$

Гарантированная подвижность поршня в цилиндре достигается за счет установления оптимальных диаметральных зазоров между цилиндром и поршнем при различных тепловых нагрузках, возникающих в процессе работы дизеля.

Диаметры головки и юбки поршня:

$$D_{\tau} = D - \Delta_{\tau} = 76 - 0,456 = 75,544 \text{ мм};$$

$$D_{ю} = D - \Delta_{ю} = 76 - 0,152 = 75,848 \text{ мм},$$

где $\Delta_{\tau} = 0,006 D = 0,006 \cdot 76 = 0,456 \text{ мм}$; $\Delta_{ю} = 0,002 D = 0,002 \cdot 76 = 0,152 \text{ мм}$.

Диаметральные зазоры в горячем состоянии:

$$\begin{aligned} \Delta'_{\tau} &= D \left[+ \alpha_n (T_n - T_0) \right] - D_{\tau} \left[+ \alpha_n (T_{\tau} + T_0) \right] \\ &= 76 \cdot \left[+ 11 \cdot 10^{-6} (388 - 293) \right] - 75,544 \cdot \left[+ 22 \cdot 10^{-6} (493 - 293) \right] = 0,203 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta'_{ю} &= D \left[+ \alpha_n (T_n - T_0) \right] - D_{ю} \left[+ \alpha_n (T_{ю} - T_0) \right] \\ &= 76 \cdot \left[+ 11 \cdot 10^{-6} (388 - 293) \right] - 75,85 \cdot \left[+ 22 \cdot 10^{-6} (428 - 293) \right] = 0,0061 \text{ мм}, \end{aligned}$$

где $T_n = 388$, $T_2 = 493$ и $T_{ю} = 428$ К приняты с учетом жидкостного охлаждения двигателя.

2.5 Расчет системы охлаждения

Расчет параметров жидкостного насоса

Водяной насос служит для обеспечения непрерывной циркуляции ОЖ в СО. В автомобильных и тракторных двигателях наибольшее применение получили центробежные насосы с односторонним подводом жидкости.

Расчетная объемная производительность насоса $\left(\frac{м^3}{с}\right)$ определяется с учетом утечек жидкости из нагнетательной полости во всасывающую:

$$Q_B = \begin{pmatrix} 7,33 * 10^3 \\ 4,04 * 10^4 \\ 5,34 * 10^4 \\ 5,46 * 10^4 \end{pmatrix} \text{ Дж/с}$$

Средняя теплоемкость воды: $c_{\text{ВОДЫ}} := 4187 \text{ Дж/(кг К)}$

Средняя плотность жидкость (для расчета принимается вода): $\rho_{\text{Ж}} := 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Напор создаваемый насосом: $p_{\text{ж}} := 120000 \text{ Па}$

Частота вращения насоса: $n_{\text{насос}} := n_4 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

$$n_{\text{насос}} = 5,8 * 10^3$$

Температурный перепад при принудительной циркуляции: $\Delta T_{\text{ж}} := 10$

Циркуляционный расход охлаждающей жидкости в системе охлаждения:

$$G_{\text{ж}} = \frac{Q_{B4}}{c_{\text{воды}} \rho_{\text{ж}} \Delta T_{\text{ж}}} = 1,3 * 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Расчетная производительность насоса:

Коэффициент подачи $\eta_H := 0.8$

$$G_{ж.р.} = \frac{G_{ж.}}{\eta_H} = 1,63 * 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Мощность потребляемая водяным насосом:

Механический К.П.Д. водяного насоса $\eta_{М.Н.} := 0.85$

$$N_{В.Н.} = \frac{G_{ж.р.} \cdot P_{ж.}}{1000 \cdot \eta_{М.Н.}} = 0,23 \text{ кВт}$$

2.6 Расчёт системы смазки

Расчет параметров масляного насоса

Количество масла, циркулирующего в системе смазки определяется числом трущихся пар и степенью форсирования двигателя. Циркуляция масла должна быть такой, чтобы обеспечить отвод требуемого количества тепла от деталей, а его запас должен компенсировать утечки и расход масла на угар в течение необходимого пробега между доливкой.

Обычно для автотракторных двигателей

$$Q_M = 0,015 - 0,030 Q_0,$$

где Q_0 - количество теплоты, выделяющееся при сгорании топлива в цилиндрах двигателя, ккал/ч .

Количество теплоты, выделяемой топливом в течение 1 с:

$$Q_0 = \frac{H_u G_T}{3600},$$

где H_u выражено в кДж/кг ; G_T - в кг/ч .

Циркуляционный расход масла ($\text{м}^3/\text{с}$) при заданной величине Q_M

$$V_{ц} = \frac{Q_M}{\rho_M \cdot c_M \cdot \Delta T} = \frac{4.96}{900 \cdot 2.094 \cdot 10} = 0.00026 \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

где Q_M - кол-во теплоты, отводимое маслом на номинальном режиме работы двигателя, кДж/с

ρ_M - плотность масла, 900 кг/м^3

c_M - теплоемкость масла, $c_M = 2.094 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$

ΔT - температура нагрева масла в системе двигателя, К.

$P_{\text{жс}}$ - рабочее давление масла $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$

Мощность, потребляемая масляным насосом

Мощность, потребляемая масляным насосом:

$$N_{\text{М.Н.}} = \frac{V_{\text{ц}} \cdot P_{\text{жс}}}{1000 \cdot \eta_M} = \frac{0.00026 \cdot 400000}{1000 \cdot 0.8} = 0,13 \text{ кВт},$$

3 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Общие сведения

Современные нормы экологичности становятся всё жёстче и автопроизводителям ничего не остаётся, как начать разработку путей решения данной проблемы. Уменьшив подачу топлива можно уменьшить потенциальный выброс отработавших веществ, и встает вопрос как уменьшить количество подаваемого топлива без мощностных потерь. Средний статистический автомобиль в Европе за полный ездовой цикл использует максимальную мощность двигателя на 30%. Сэкономить топливо можно несколькими путями: использовать гибридную установку, отключать подачу топлива в цилиндры и регулировать модуль фаз газораспределения.

Существует три вида отключения цилиндров:

Механическое отключение.

Такой вид отключения происходит по средствам распредвала, который имеет хитрую конструкцию. За счёт специальных стопоров часть кулачков сдвигается относительно клапана, тем самым взаимодействия не происходит клапан не открывается и топливо не подается. Поршни совершают поступательные движения перегоняя воздух в цилиндре, их работа не учитывается, но механические потери остаются неизменны. Чтобы вернуть кулачки на место используется второй стопор, первый возвращается на место, после чего второй стопор обеспечивает возвращение кулачков на исходное место. Стопора двигаются по специально нарезанным канавкам на корпусе распредвала.

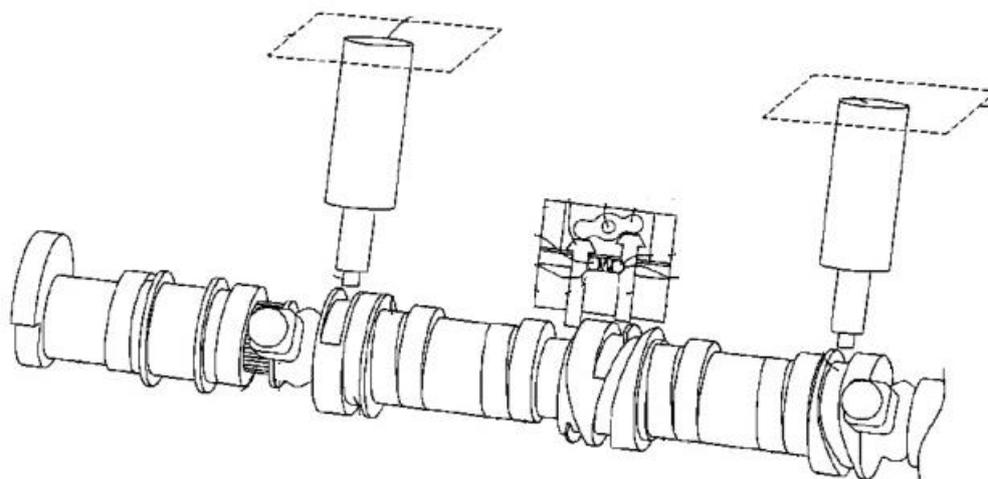


Рисунок 10 – Распределительный вал с механическим отключением цилиндров

2 Отключение подачи топлива.

Данный вид отключения с помощью системы подачи топлива может ограничить поступление горючей смеси в цилиндр, и аналогично первому виду отключения цилиндр не совершает работы, а механические потери так же остаются. Данный способ позволяет чередовать работу цилиндров.

3 Электронная система.

Такая система включает в себя и движение валов и отключение топливоподачи. Она будет включаться автоматически, когда это будет необходимо.

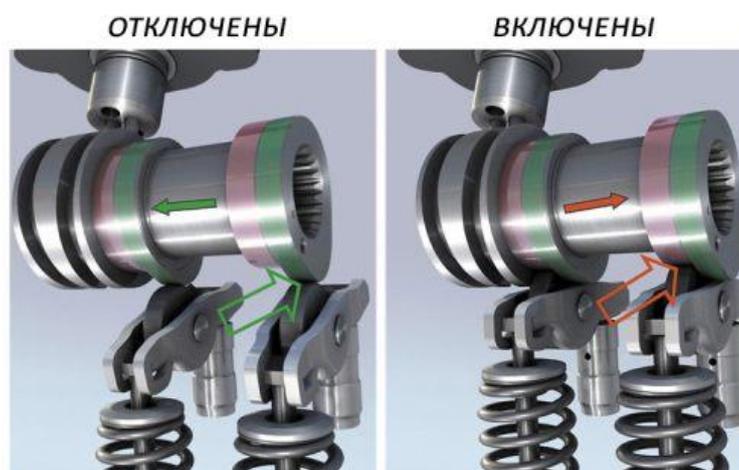


Рисунок 11 – Работа системы отключения цилиндров

В плане экономии эта система обуславливается несколькими факторами:

1 При отключении цилиндров поступающий воздух делится на работающие цилиндры тем самым происходит повышение КПД.

2 Система охлаждения работает более эффективнее ведь теперь ей приходится охлаждать меньшее количество цилиндров, что так же повышает рост КПД.

3 Подача топлива сокращается, а значит двигатель становится более экономичным. Такая экономия по статистическим данным может достигать до 30%.

К сожалению, такая система работает адекватно только на многоцилиндровых двигателях (5 и более), так как на четырёх цилиндровых двигателях силы первого и второго порядка будут неуравновешенны, что приведёт к сильным вибрациям и неправильной работе двигателя.

3.2 Предлагаемая схема работы

Для данной работы выбран двигатель ВАЗ 21126, с электродвигателем небольшого размера со схемой взаимодействия последовательно-параллельной. Двигатель работает на двух цилиндрах (1 и 4) до 3500 мин⁻¹ оборотов коленчатого вала, при дальнейшем увеличении оборотов свыше 3500 мин⁻¹ будут подключаться остальные два цилиндра (2 и 3).

При нормальном режиме работы будет осуществляться симбиоз, то есть работа двигателя и электрической машины. Одновременно с этим процессом будет осуществляться работа генератора, который будет подавать энергию на инвертор, который в свою очередь отдаёт энергию на электродвигатель, а излишки энергии подаются для зарядки аккумулятора. В целях обеспечения максимальной эффективности.

Вовремя начала движения с места на малых скоростях будет использоваться только электромотор. При разгоне бензиновый двигатель будет разгоняет автомобиль, работая в стандартном режиме, для повышения динамических характеристик дополнительная энергия будет поступать от электромотора. Во время работы двигателя в нормальном режиме бензиновый двигатель продолжает снабжает энергией генератор, так же излишки энергии будут передаваться на блок управления электропитанием.

При торможении кинетическая энергия преобразуется в электрическую энергию путем рекуперации, электродвигатель передает мощность на блок управления питанием, где энергия идет в батарею, тем самым заряжая его. В то время как бензиновый двигатель работает в нормальном режиме. При полной остановке двигатель автоматически выключается, чтобы обеспечить максимальную эффективность и экономичность горючей смеси.

Гибридная трансмиссия, он же делитель мощности направляет поток мощности, где это необходимо, тем самым обеспечивая наиболее экономичное потребление энергии. Управления гибридной трансмиссии заключается в совместной работе электродвигателя и двигателя внутреннего сгорания с помощью бесступенчатой трансмиссией, которая быстро реагирует, когда водитель хочет повысить мощность.

Распределением энергии занимается механизм планетарной передачи, он управляет взаимодействием бензинового двигателя и электромотора объединяя электромотор, электрогенератор и двигатель. Такая передача обеспечивает уменьшение потерь на трении, тихую работу и большой срок эксплуатации.

Для работы гибридной установки используется мощная высокопроизводительная никель-металл-гидридную батарея. Инвертор преобразует переменный ток, который может быть использован для питания электромотора. Блок управления энергией это устройство переключения, которое используется для управления энергией между генератором,

аккумулятором и электродвигателем. В то время как генератор и электродвигатель представляет собой устройство переменного тока, аккумулятор представляет собой устройство постоянного тока, а выходное напряжение батареи не соответствует выходным значениям напряжения генератора и электродвигателя. Так эти устройства выполняют преобразование электроэнергии для потребности системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы был предложен вариант использования гибридной силовой установки для двигателя ВАЗ 21126 с системой отключения цилиндров, которая показывает лучшие экологические и экономические показатели.

Так же был решен следующий ряд задач:

- представлены возможные современные схемы по данному вопросу;
- проанализированы различные варианты решения поставленной задачи;
- проведены необходимые расчеты, которые позволяют оценить работоспособность данной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mr. Shouji Adachi, Mr. Hikomasa Hagihara «Toyota Hybrid System»[текст], SAE International, 2011.
2. Колчин, А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. [текст] – М.: «Высшая школа», 1980. - 462с.
3. ДВС. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. Учебник [текст]/ под редакцией А.С. Орлина и Н.Г. Круглова.– М.: Машиностроение, 1990.
4. Вибе И.И. Теория двигателей внутреннего сгорания: Конспект лекции [текст]. - Челябинск: ЧПИ, 1974. – 252.
5. Bernardo Ribeiro, Francisco P Brito, Jorge Martins, "A survey on electric/hybrid vehicles"[текст], Transmission and Driveline 2010 (SP-2291), SAE International, 2010-01-0856, pp.
6. Орлин, А. С. Двигатели внутреннего сгорания: системы поршневых и комбинированных двигателей [текст]/ С. И. Ефимов [и др.]; под общ. ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.
7. Intelligent Usage of Internal Combustion Engines in Hybrid Electric Vehicles, Italy , University of Salento, PhD. Teresa Donateo[текст], SAE International, 2012.
8. Авиационные двигатели легкого топлива: конструкции и расчет на прочность[текст]. – М.: Оборонгиз, 1946. – Кн. II. – 407 с.
9. Hybrid Vehicles, Electric Vehicles, Fuel Cell Electric Vehicles, Kazuki Shimamura, Masatoshi Kuwada, Yoshiyuki Hashimasa, Society of Automotive Engineers of Japan[текст], SAE International, 2013.
10. Defining the General Motors 2-Mode Hybrid Transmission, Tim M. Grewe, Brendan M. Conlon and Alan G. Holmes, General MotorsSAE International, 2007.
11. Архангельский, В. М. Автомобильные двигатели / [и др.] [текст]; под ред. М.

- С. Ховаха. – М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.
12. Ложкин М.Н. Оформление расчетно – пояснительных записок, основных надписей и спецификаций к курсовым и дипломным проектам [текст]. Методические указания. – Тольятти: ТГУ, 1989.
 13. Перспектива применения рециркуляции отработавших газов. – Реферативный журнал «ДВС» [текст], 8.39.105, 1997, с.13.
 14. ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями. [текст] Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния».
 15. И.К.Александров, Тяговый расчет транспортных средств с адаптивным приводным двигателем [текст] И.К. Александров, Е.В. Несговоров, В.А. Раков Вестник машиностроения. 2010, с. 18-21.
 16. Богданов, К.Л. Тяговый электропривод автомобиля [текст]. К.Л. Богданов. - М.: МАДИ, 2009, с.57
 17. Васильев, В.А. Снижение потерь энергии в гибридном приводе автомобиля за счет уменьшения влияния пульсационной составляющей крутящего момента ДВС и применения рациональной схемы: дис. канд. техн наук [текст]/ В.А. Васильев. Ижевск, 2007. - 166 с.
 18. Раков, В.А. Результаты автоматизированного расчета параметров гибридного привода [текст]/ В.А. Раков // Вузовская наука региону: материалы восьмой всерос. науч.-техн. конф., 26 февр. 2010 г. / ВоГТУ. - Вологда, 2010. - Т. 1. - с. 263-265.
 19. Раков, В.А. Оценка технического состояния гибридных силовых установок автомобилей. [текст]/В.А. Раков // Автотранспортное предприятие. -2012. №1.-С. 49-52.
 20. Kazuaki Shingo, Kaoru Kubo, Toshiaki Katsu, and Yuji Hata. Development of Electric Motors for the TOYOTA Hybrid Vehicle "PRIUS"[текст]. Toyota Motor Corporation, 2010.
 21. Alexandrov, I.K. Tractional Calculations for Vehicles with Adaptive Motors/ I.K.

- Alexandrov, E.V. Nsgovorov, V.A. Rakov [текст] // Russian Engineering Research, 2010, No. 2. pp. 122-124.
22. Закарчевский, О.В. Повышение надёжности двигателя в гибридных транспортных средствах [текст]/ О.В. Закарчевский, А.В. Демидов, А.В. Хлебанцев // Международный научный журнал. 2009. - №3. - С. 87-90.
23. Литвинов, А.С. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств: учеб. для вузов [текст]/ А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. М.: Машиностроение, 1989. - 237 с.
24. Карпухин, К.Е. Принципы и алгоритм управления автомобилем с гибридной силовой установкой: дис. .канд. техн. наук [текст] / К.Е. Карпухин. М., МАМИ, 2008. - 123 с
25. Андреева, Е. Актуальность развития систем диагностирования комбинированных энергоустановок тягово-транспортных средств Электромобили [текст]. / Е. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК. 2007. - №4. - С. 1218-1218.
26. Александров, И.К. Энергетический анализ механизмов и машин. Теоретическое и экспериментальное обоснование принципов исследования и определения энергетических потерь в механизмах и машинах: монография [текст]/ И.К. Александров. Вологда: ВоГТУ, 2011. - 244 с.
27. Лазарева, А.Н. Разработка методики расчета базовых параметров и характеристик гибридной энергосиловой установки параллельной компоновочной схемы для легкового автомобиля: дис. .канд. техн. Наук [текст] / А.Н. Лазарева. -Ижевск, 2006. 164 с.
28. Флоренцев, С.Н. Тяговый электропривод в гибридных транспортных средствах [текст] / С.Н. Флоренцев, Д.Б. Изосимов // Электронные компоненты. 2009. -№11.-С. 13-18.
29. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль [текст] /Пер. с чешск. В. Б. Иванова; Под ред. А. Р. Бенедиктова. - М.: Машиностроение, 1987. - 320 с.: ил.//Стр. 22 - 23

ПРИЛОЖЕНИЕ А

$P_n, \text{МПа}$

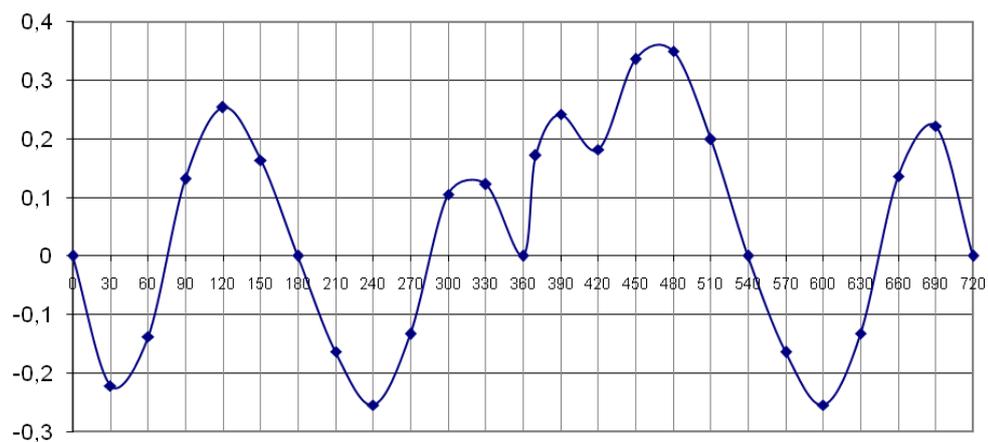


Рисунок А1 – Удельная нормальная сила

$P_k, \text{МПа}$

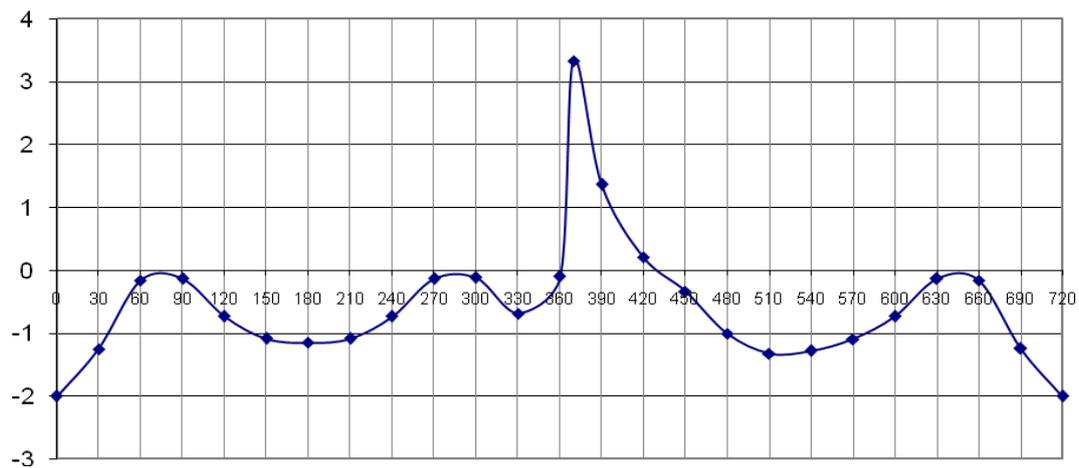


Рисунок А2 – Удельная сила (МПа), действующая по радиусу кривошипа

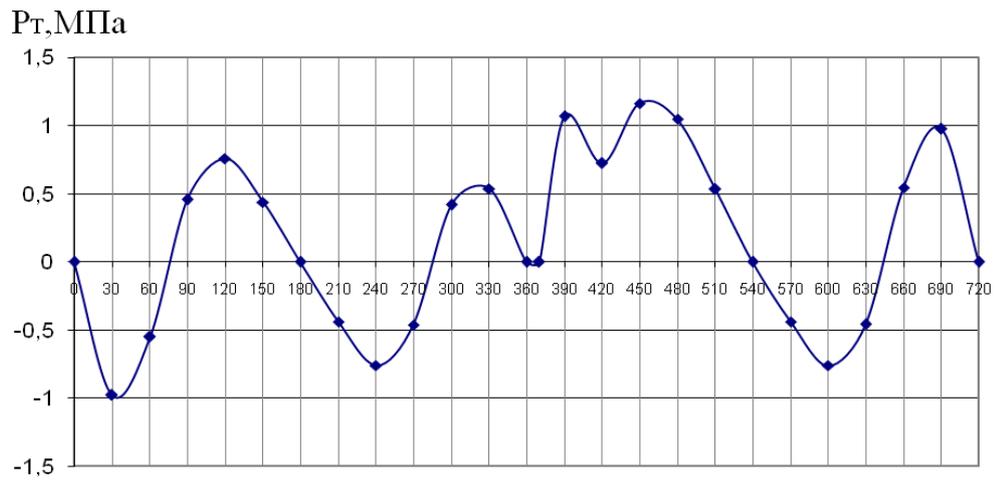


Рисунок А3 – Удельная тангенциальная сила

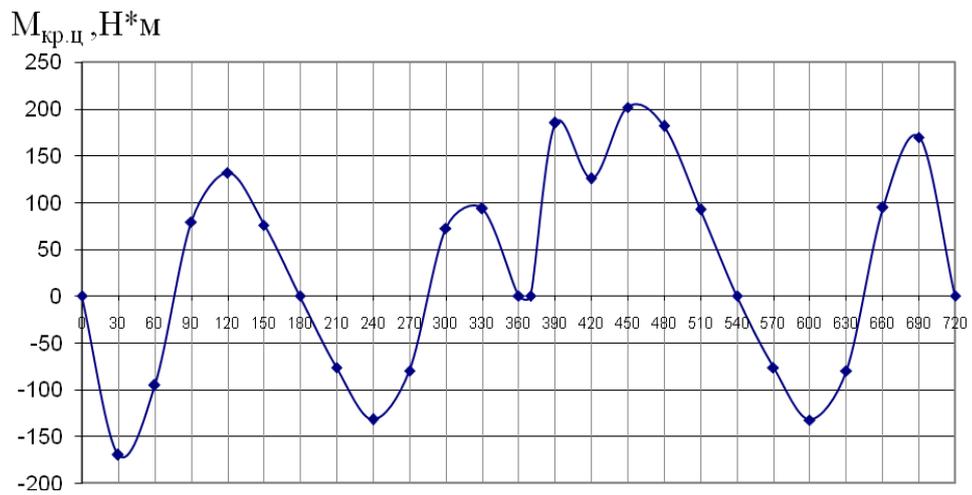


Рисунок А4 – Крутящий момент

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Hybrid Vehicles\Гибридные автомобили

<p>1. 1. Introduction The demand for vehicles with better fuel efficiency and cleaner exhaust emissions is growing in light of rising fossil fuel prices and environmental problems, such as air pollution and global warming. automakers have been working to expand the number of vehicle models equipped with hybrid systems as one way of addressing this demand. Japanese manufacturers have focused on fuel-efficient hybrid electric vehicles (HEVs), which combine an internal combustion engine with an electric motor. Plug-in hybrid vehicles (PHEVs) , which can be recharged via an external electric power source, also went on sale for the first time in Japan in 2012. The following sections will describe the trends in HEVs that occurred in 2012.</p> <p>1. 2. Popularization of HEVs Fig. 1 shows the number of hybrid vehicles on the roads in Japan. The figure shows that the number of hybrid vehicles is increasing year after year and that the number of hybrid passenger vehicles now exceeds 2 million vehicles. It also shows that this number increased by 1 million vehicles in just the past 2 years. There are two main reasons for this increase . One is the expanding number of vehicle models equipped with hybrid systems (Table 1) launched by Japanese automakers. The other is the policy of the Japanese government to promote the trade-in of older vehicles and the purchase of more fuel efficient vehicles through an incentive system and preferential tax scheme for environmentally friendly vehicles (ie, preferential application of the motor vehicle weight tax and vehicle acquisition tax).</p> <p>1. 3. Trends in vehicle and technological</p>	<p>1. 1. Введение Спрос на транспортные средства с большой топливной эффективностью и более чистых выбросов выхлопных газов растет в свете роста цен на ископаемые виды топлива и экологические проблемы, такие, как загрязнение воздуха и глобальное потепление. Автопроизводители работают, чтобы расширить число моделей транспортных средств, оснащенных гибридными системами как один из способов выполнения этого требования. Японские производители сосредоточились на экономичных гибридных электрических транспортных средствах (ВЗУ), которые сочетают в себе двигатель внутреннего сгорания с электрическими моторами. Соединение Plug-в гибридных транспортных средствах (PHEVs), которые можно подзаряжать через внешний источник электроэнергии, также вышел на продажу впервые в Японии в 2012 году следующие разделы опишут тенденции в ВЗУ, которые произошли в 2012.</p> <p>1. 2. Популяризация ВЗУ Рис. 1 показывает количество гибридных транспортных средств на дорогах в Японии. На рисунке показано, что количество гибридных автомобилей растет с каждым годом, и что число гибридных пассажирских транспортных средств в настоящее время превышает 2 миллиона автомобилей. Он также показывает, что это число увеличилось на 1 млн. автомобилей только за последние 2 года. Есть две основные причины этого роста. Одним из них является расширение числа моделей транспортных средств, оснащенных гибридными системами (таблица 1), запускаемых японскими автопроизводителями. Другая политика японского правительства – содействовать утилизации старых транспортных средств, а также приобретение более экономичных транспортных средств с помощью систем стимулирования и льготной налоговой схемой для экологически чистых транспортных средств (например, преимущественное применение налога на вес и налог на</p>
---	---

<p>development</p> <p>Table 1 shows the hybrid passenger vehicles that were sold in Japan in 2012. The following section outlines the trends in technological development.</p> <p>Nissan Motor Co., Ltd. started selling the Cima Hybrid in April 2012. This is a version of the Fuga Hybrid with a longer wheelbase and the same hybrid system. Nissan's original parallel hybrid system that features one motor and two clutches, called intelligent dual clutch control, is used on these vehicles with a lithium-ion battery. The Serena S-Hybrid went on sale in August. The S-Hybrid system uses an upgraded version of the ECO motor found in the existing Serena as an auxiliary motor to increase power and energy regeneration capabilities. A sub-battery that can fit in the current engine compartment was also added for increased power capacity, resulting in a simple and compact hybrid system. The entire hybrid system is mounted within the engine compartment.</p> <p>Honda Motor Co., Ltd. debuted an updated version of the CR-Z in September 2012. Changes include the first use of a lithium-ion battery in a hybrid vehicle manufactured by Honda for the Japanese market. This new battery generates approximately 1.5 times the voltage of a conventional nickel-metal hydride battery, which increases the power of the motor.</p> <p>In November 2012, Honda developed a new lightweight and compact hybrid system called the SPORT HYBRID Intelligent Dual Clutch Drive that uses a single motor and is optimized for small vehicles. This forms part of Honda which aims to further improve both driving performance and fuel efficiency. This new hybrid system for small vehicles combines a newly developed inline 4-cylinder 1.5-liter Atkinson cycle engine, a 7-speed dual clutch transmission with a built-in high-power motor, and a</p>	<p>приобретение автотранспортных средств).</p> <p>1. 3. Тенденции в области транспортных средств и технологического развития</p> <p>В таблице 1 показаны гибридные пассажирские транспортные средства, которые были проданы в Японии в 2012 году. Следующем раздел содержит основные тенденции в области технологического развития. Nissan Motor Co., Ltd. начал продавать Гибрид Cima в апреле 2012 года. Это версия Hybrid Fuga с более длинной колесной базой и той же гибридной системой. Оригинальная параллельная гибридная система Nissan, которая имеет один двигатель и два сцепления, называемые интеллектуальным сцеплением двойного управления, используется на этих транспортных средствах с литий-ионной батареей. Serena S-Гибрид поступила в продажу в августе. S-Гибридная система использует модернизированную версию ОЭС двигателя, находящегося в существующем Serena в качестве вспомогательного двигателя для увеличения мощности и энергии возможности регенерации.</p> <p>Суб-аккумулятор, который может поместиться в текущем СОМ-двигателя отсек также была добавлен для увеличения мощности, что приводит к простой и компактной гибридной системе. Вся гибридная система монтируется в СОМ-двигателе отсека. Honda Motor Co., Ltd. дебютировала обновленная версия CR-Z в сентябре 2012 года. Изменения включают в себя первое использование литий-ионных батарей в гибридных транспортных средствах, произведенных Хонда для японского рынка. Эта новая батарея вырабатывает примерно в 1,5 раза больше напряжения обычного гидрида никель-металл батареи, которые повышает мощность двигателя. В ноябре 2012 года Honda разработала новую легкую и компактную гибридную систему, она называется SPORT HYBRID Интеллектуальный Dual Drive сцепления, который использует один двигатель, оптимизирован для небольших транспортных средств. Это является составной частью следующего поколения Honda который направлен на дальнейшее улучшения как для вождения и производительности, так и эффективности использования топлива. Эта новая гибридная система для небольших</p>
---	---

lithium-ion battery. This new drive unit is at least 30% more efficient than the conventional one-motor hybrid system. Honda developed the SPORT HYBRID Intelligent Multi Mode Drive as a two-motor hybrid system optimized for mid-size vehicles. This hybrid system combines a newly developed engine that is dedicated for use in hybrid vehicles, an electric CVT coupled with two built-in motors and a lock-up clutch, and a lithium-ion battery. This system also optimally switches the driving mode among three different modes depending on the driving situation. It is also suitable for use in PHEV systems and will be equipped on the Accord in North America that was scheduled to go on sale in January 2013.

Honda has also developed the SPORT HYBRID SH-AWD as a three-motor hybrid system optimized for large vehicles, which can freely control the driving force on the left and right sides of the vehicle. The combination of a V6 engine and this high-power three-motor system realizes acceleration performance equivalent to a V8 engine with fuel efficiency that is better than an inline 4-cylinder engine. A new V6 3.5-liter direct-injection engine is mounted in the front of the vehicle and combined with a newly-developed 7-speed dual clutch transmission with a single built-in motor. The drive provided by the two motors mounted in the rear of the vehicle freely controls the torque distribution to the right and left rear wheels and helps to realize both excellent fuel efficiency and driving performance.

Toyota Motor Co., Ltd. introduced the Prius PHV to the market in January 2012. This was the first PHEV launched in Japan. The adoption of a new high-capacity The Toyota Crown went

транспортных средств сочетает в себе недавно разработанный рядный 4-цилиндровый 1,5-литровый двигатель цикла Atkinson, трансмиссию с двойным сцеплением 7-ступенчатая коробка передач с встроенной высокой мощностью двигателя, а также литий-ионный аккумулятор. Этот новый узел привода по меньшей мере на 30% эффективнее, чем обычная однодвигательная гибридная система. Honda разработала SPORT HYBRID Intelligent Multi Mode Drive в качестве гибридной системы два двигателя оптимизированной для средних транспортных средств. Эта гибридная система совмещает недавно разработанный двигатель, который создан для использования в гибридных транспортных средствах, электрический вариатор в сочетании с двумя встроенными двигателями и муфты блокировки, и литий-ионный аккумулятор. Эта система также оптимально переключает время движения автомобиля в режим INГ среди трех различных режимов в зависимости от ситуации вождения. Он также подходит для использования в PHEV системах и будут оборудованы на Accord в Северной Америке, которая была запланирована, поступит в продажу в январе 2013. Honda также разработала SPORT HYBRID SHAWD в качестве гибридной системы с тремя двигателями, оптимизированной для крупных транспортных средств, которые могут свободно управлять движущей силой на левой и правой сторонах транспортного средства. Комбинация двигателя V6 и этой системы высокой мощности с тремя двигателями реализует ускорение производительности, эквивалентный V8 двигатель с топливной эффективностью, что лучше, чем 4-цилиндровый двигатель. Новый V6 3,5-литровый двигатель с непосредственным впрыском установлен в передней части транспортного средства и в сочетании с недавно разработанной 7-ступенчатой коробкой передач с двойным сцеплением с одним встроенным мотором. Привод обеспечивает два двигателя, установленных в задней части транспортного средства свободно управляющего распределением крутящего момента на обоих задних колесах и помогает реализовать как отличную топливную экономичность, так и ходовые качества. Toyota Motor Co., Ltd. представила Prius PHV на рынок в январе 2012

<p>on sale in December 2012. A hybrid vehicle can be selected for each of the different grades of the Crown. The predecessor to the Crown Hybrid used a V6 engine, but this has been replaced with a 2.5-liter inline 4-cylinder Atkinson cycle engine.</p> <p>The combination of this engine with a high -torque motor allows this vehicle to achieve both power performance comparable to a V6 3.0-liter vehicle and excellent environmental performance at the top of its class .</p> <p>The Lexus GS450h was introduced to the market in March 2012. This vehicle is equipped with the Lexus Hybrid Drive that achieves even further advanced performance thorough a combination of a newly developed 3.5-liter V6 Atkinson cycle engine and front-engine rear wheel drive (FR) hybrid technology. This hybrid system achieves power performance comparable to a V8 gasoline engine.</p> <p>Mitsubishi Motors Co., Ltd. launched the Outlander PHEV in December 2012. The Outlander PHEV has three driving modes: EV driving mode, series driving mode, and parallel driving mode. This enables the driver to select the environmentally friendly EV mode for everyday use, while using the motor-assisted hybrid modes for longer trips. The use of two motors and 4WD delivers excellent driving performance. In EV mode with a fully charged battery, the EV driving conversion distance (EV driving distance) is 60.2 km. The PHEV mode fuel consumption (see above) is 67.0 km / L. The fuel efficiency in HEV mode after the battery s charge has been entirely used up is 18.6 km / L. The battery can be charged up to 80% of capacity in approximately 30 minutes by a rapid charger. The battery can be fully charged</p>	<p>года Это был первый PHEV запущенный в Японии. Принятие новой высокой емкости и мощных литий-ионных батарей дает Prius PHV электромобильное расстояние вождения (EV расстояние вождения) 26,4 км в режиме EV с полностью заряженной батареей. Кроме того, PHEV расход топлива режим (рассчитывается как композиция EV эффективности режима топлива и топлива потребление в режиме ГЭМ) составляет 61,0 км / л. Эффективность использования топлива в режиме ГЭМ после того, как заряд батареи полностью используется до 31,6 км / л. Смонтированного на транспортном средстве зарядное устройство позволяет батарее быть полностью заряженной в течение примерно 90 минут с использованием источника в 200 V переменного тока (или приблизительно 180 минут с использованием источника питания переменного тока 100 В).</p> <p>Toyota Crown поступил в продажу в декабре 2012 года. Гибридное транспортное средство может быть выбрано для каждого из различных видов Crown. Предшественником Crown Hybrid используется двигатель V6, но он был заменен со встроенного 4-цилиндровый двигателя цикла Аткинсона на 2,5-литровый. Сочетание этого двигателя с двигателем с высоким крутящим моментом позволяет этому транспортному средству достигнуть, как характеристики мощности, сравнимой с V6 3,0-литровый автомобиль, так и отсутствием ущерба окружающей среды. Lexus GS450h был представлен на рынке в Март 2012. Этот автомобиль оснащен Lexus Hybrid Drive , которая позволяет достичь еще более продвинутой производительности с помощью таких сочетаний недавно разработанных 3,5-литровый двигатель V6 Аткинсон цикл и передний двигатель гибридной технологии. Эта гибридная система достигает мощности , сравнимую с V8 бензиновых линейки двигателей. Mitsubishi Motors Co., Ltd запустила Outlander PHEV в декабре 2012 года. Outlander PHEV имеет три режима вождения: EV вождения режим, рядовой режим вождения, и режим параллельного вождения. Это позволяет водителю выбрать экологически чистый EV режим для использования каждый день, в то время как для дальних поездок используются мотороно содействующие гибридные модели. Использование 2 -х двигателей и 4WD</p>
---	--

<p>in approximately 4 hours via an AC 200 V power source (or in approximately 13 hours using an AC 100 V power source) via normal charging with the vehicle-mounted charger.</p> <p>Table 2 shows the hybrid commercial vehicles that were sold in Japan in 2012. The following outlines the trends in the technological development of these vehicles .</p> <p>Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation was the first manufacturer in the world to adopt a dual clutch automatic transmission with a built-in motor , called DUONIC, on a commercial vehicle. In addition, the Canter Eco Hybrid system combines a new high –performance lithium-ion battery with the 4P10 diesel engine, and this system was introduced into the market in May, 2012. This is a parallel hybrid system in which an electric motor is placed between the clutch and transmission.</p> <p>The Erga Hybrid from Isuzu Motors Limited went on sale in August 2012. It adopts a parallel hybrid system that allows the vehicle to be driven only by the electric motor when it accelerates from a stop. This system uses energy efficiently and is particularly suited to large buses that drive on fixed routes with frequent starting and stopping. This system also uses a lithium-ion battery with a high capacity and high input and power performance.</p> <p>2. 1. Introduction</p> <p>Several years have passed since electric vehicles (EVs) were first seriously re-introduced onto the market in 2009. EVs have excellent environmental performance and energy efficiency, and are garnering attention as next-generation environmentally friendly vehicles. However, issues include high</p>	<p>обеспечивает отличные ходовые качества . В режиме EV с полностью заряженным аккумулятором, то EV вождения расстояние преобразования (EV вождения расстояние) составляет 60,2 км. Расход топлива PHEV режима (смотри выше) составляет 67,0 км / л. Эффективность использования топлива в Режим NEV после того как заряд батареи был полностью израсходован 18,6 км / л. Аккумулятор можно заряжать до 80% емкости примерно за 30 минут быстрым зарядным устройством. Аккумулятор может быть полностью заряжен приблизительно за 4 часа через источник питания переменного тока в 200 В (или в приблизительно 13 часов при использовании переменного тока в источник питания 100 В) с помощью обычной зарядки с смонтированного на транспортном средстве зарядного устройства. В таблице 2 представлены гибридные коммерческие транспортные средства, которые были проданы в Японии в 2012 году. Ниже описываются тенденции в технологическом развитии этих транспортных средств.</p> <p>Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation была первым производителем в мире , которое адаптировала двойное сцепление автоматической коробки передач с встроенным мотором, который называется DUONIC, на коммерческий автомобиль. В дополнение система Canter Eco Hybrid сочетает в себе новый высокопроизводительный литий-ионный аккумулятор с дизельным двигателем 4P10, и эта система была введена на рынок в мае, 2012. Это параллельная гибридная система , в которой электрический двигатель расположен между сцеплением и коробкой передач. Erga Hybrid с Isuzu Motors Limited продолжал продажи в августе 2012 года. Он принимает параллельную гибридную систему, что позволяет автомобилю двигаться только с помощью электрического двигателя, когда он разгоняется с места остановки. Эта система использует минимальные затраты энергии и особенно подходит для больших машин, с маршрутами и частыми остановками. Эта система также использует литий-ионный аккумулятор с высокой пропускной способностью и высоким входом и мощности производительностью.</p> <p>2. 1. Введение</p>
---	--

<p>cost, short cruising ranges, and the development and maintenance of a support infrastructure. Both Nissan Motor Co., Ltd. and Mitsubishi Motors Co., Ltd. have been active and early entrants into the EV field and are working to reduce the price of these vehicles. The Japanese government is also moving to expand charging facilities for EVs. Development of technologies that will increase the performance and lower the cost of these vehicles is progressing and other measures, such as budget and tax measures to further promote the introduction of EVs into the market are being actively pursued as well. The following sections outline the initiatives taken in 2012 to further popularize EVs and the trends in standardization.</p> <p>2. 2. Popularization of EVs</p> <p>2. 2. 1. Market introduction and sales</p> <p>Fig. 3 shows the number of EVs on the roads in Japan, excluding motor-driven cycles and minicars. The number of such vehicles in Japan decreased each year up to 2008. This trend changed in 2009 when Mitsubishi Motors and Fuji Heavy Industries began sales of two small EVs, the i-MiEV and the Plug-In Stella, respectively. This increased the number of EVs in Japan to 1,941 vehicles. In 2010, this number climbed further to 9,030 vehicles after the launch of the Leaf passenger vehicle by Nissan. In 2011, Mitsubishi Motors expanded the variety of available i-MiEV models. In 2012, Honda Motor Co., Ltd. developed the Fit EV, Mazda Motor Corporation developed the Demio EV, and Toyota Motor Co., Ltd. developed the eQ. All of these EVs were subsequently released for sale. Nissan also started selling a partially revamped version of the Leaf in November 2012 with an extended cruising range to improve its product appeal .</p>	<p>Несколько лет прошло с тех пор как электрические транспортные средства (EVS) впервые были серьезно введены на рынок в 2009. Электромобили имеют отличные экологические показатели и энергоэффективность, и обращая на себя внимание, с целью создания следующего поколения экологически чистых транспортных средств. Как когда - либо, проблемы включают высокую стоимость, короткие диапазоны дальности пути без дозаправки топливом, и развитие и поддержание поддержки инфраструктуры. Оба Nissan Motor Co., Ltd. и Mitsubishi Motors Co., Ltd. были активными и ранние абитуриенты в поле EV и работают , чтобы снизить цену на эти транспортные средства. Японское правительство также движется , чтобы расширить возможности для зарядки электромобилей. Разработка технологий , которые позволят увеличить производительность и снизить стоимость этих транспортных средств прогрессирует и в другие меры, такие как бюджет и налоговые меры по дальнейшему способствовать внедрению электромобилей на рынок являются активно продолжается также. В следующих разделах наметим инициативы , предпринятые в 2012 году для дальнейшей популяризации Электромобилей и тенденции в области стандартизации.</p> <p>2. 2. Популяризация электромобиля</p> <p>2. 2. 1. Введение. Рынок продаж</p> <p>Рис. 3 показывает количество электромобилей на дорогах в Японии, за исключением мотовелосипедов и микролитражек. Число таких автомобилей в Японии каждый год снижается до 2008 года. эта тенденция изменилась в 2009 году , когда Mitsubishi Motors и Fuji Heavy Industries начала продажи двух маленьких электромобилей, I-MiEV и Plug-In Stella, соответственно. Это увеличило количество электромобилей в Японии до 1,941 транспортных средств. В 2010 году эта цифра выросла до 9,030 далее транспортных средств после запуска пассажирского автомобиля Leaf от Ниссан. В 2011 году Mitsubishi Motors расширила выбор имеющихся моделей I-MiEV. В 2012 году Honda Motor</p>
---	---

<p>The number of EVs in Japan has continued to increase since the full-scale introduction of mass -produced EVs into the market in 2009. By the end of 2011 the number of such vehicles had reached 22,262. Table 3 shows the specifications of each of these EVs</p> <p>2. 2. 2. Evolution of a new vehicle category</p> <p>In response to recent changes in the social environment, such as the low birth rate , aging population, and the decline in public transportation, there are continued expectations for the success of ultra compact mobility vehicles. Consequently, all automakers are developing new vehicles and announcing concept cars. Nissan unveiled the New Mobility CONCEPT in November 2010 as one concrete move toward commercializing some of these vehicles, and it has begun test driving experiments on public roads within the city of Yokohama. In July 2012, Toyota Auto Body Co., Ltd. began selling a new version of the COMS, which is being used for new services, such as a delivery service vehicle for Seven- Eleven Japan. Table 4 shows the specifications of these ultra-compact mobility vehicles . At the same time, the Japanese Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) issued guidelines for the introduction of ultra-compact mobility vehicles in June 2012 to summarize the relevant issues. These include methods of utilizing ultra-compact mobility vehicles and the social effects of introducing such vehicles</p> <p>As described above, EVs are not just being used as passenger vehicles, but are also evolving for use in commercial fields such as shipping and transport. The advent of ultra-compact mobility vehicles is developing a whole new category of vehicles in</p>	<p>Co., Ltd. разработала Fit EV, Mazda Motor Corporation разработала Demio EV и Toyota Motor Co., Ltd. разработала eQ. Все эти электромобили были впоследствии выпущены в продажу. Nissan также начал продавать частично обновленную версию Leaf в ноябре 2012 года с расширенной дальностью пути без дозаправки топливом, чтобы улучшить свою привлекательность продукта.</p> <p>Число электромобили в Японии продолжает расти вследствие полномасштабного внедрения массового производства электромобилей на рынок в 2009 г. К концу 2011 года число таких транспортных средств достиг 22,262. В таблице 3 приведены Характеристики каждого из этих электромобилей</p> <p>2. 2. 2. Эволюция новой категории транспортных средств</p> <p>В ответ на недавние изменения в социальной среде, такие как низкий уровень рождаемости, старение населения, и снижение общественного транспорта, там продолжают надежды на успех ультра-компактных портных средств. Следовательно, все автопроизводители разрабатывают новые транспортные средства и объявляют концепт - кар. Nissan представила New Mobility CONCEPT в ноябре 2010 года в качестве перехода к коммерциализации некоторых из их транспортных средств, и он начал эксперименты тест - драйва на дорогах общего пользования в пределах города Йокогама. В июле 2012 года, Toyota Auto Body Co., Ltd. начала продавать новую версию из COMS, которая используется для новых услуг, например в качестве служебного автомобиля доставки для Seven-Eleven Японии. В таблице 4 приведены характеристики этих ультракомпактный мобильность транспортных средств, в то же время, японское Министерство земли, инфраструктуры, транспорта и туризма (MLIT) опубликовала рекомендации по внедрению ультра-компактных автомобилей в июне 2012 года , чтобы суммировать соответствующие вопросы. К ним относятся методы использования ультра-компактных автомобилей и социальные последствия введения таких транспортных средств(15), MLIT также ввел систему сертификации для</p>
---	---

<p>this age of energy efficiency, low birth rates, and an aging population. The spread and wider adoption of EVs is expected to create new vehicle markets.</p> <p>2. 3. Initiatives to expand EV usage 2. 3. 1. Initiatives of national and local governments to create demand and expand usage On July 31, 2012 the Cabinet approved the Comprehensive Strategy for the Rebirth of Japan. This is a concrete proposal for stimulating Japan's economy that specifies growth strategies and 38 priority policy actions. One of these priority policy actions is the Green Growth Strategy, which sets a target of increasing the percentage of next-generation vehicles to 50% of all new vehicle sales by the year 2020. The introduction of these next-generation vehicles will receive government support to accelerate adoption and to create a new market for ultra-compact mobility vehicles. These next-generation vehicles are being positioned as one of the leading central projects of green growth in the comprehensive strategy. The Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) has decided to offer incentives for promoting the introduction of clean energy vehicles in an effort to create initial demand for these vehicles by reducing the burden of vehicle purchase and charging facility establishment. METI is also aiming to promote price reductions through the effect of mass-production. Local governments are also taking actions to promote EV usage, such as by reducing taxes and providing discounts on parking fees for EVs. Aichi Prefecture and Fukuoka Prefecture have established additional incentives for EVs. In addition, METI has begun selecting some local governments that are pioneering initiatives</p>	<p>включения ультра-компактных средств для передвижения по дорогам общего пользования. Местное управление и компании, которые используют транспортные средства, сертифицированные для MLIT в сфере туризма и медицинских визитов напрямую в дома пациентов будут получать денежную помощь за половину стоимости этих транспортных средств, начиная с 2013 года. Как было описано выше, электромобили являются не только используются в качестве пассажирских транспортных средств, но также развивается для использования в коммерческих областях, таких как отправка и транспорт. Появление ультра-компактных автомобилей мобильности развивается целая новая категория транспортных средств в этом возрасте энергии эффективности, низкий уровень рождаемости и старение населения. Распространение и более широкое применение электромобилей предполагается создать новые рынки сбыта автомобилей.</p> <p>2. 3. Инициативы по расширению использования EV 2. 3. 1. Инициативы национальных и местных органов власти для создания спроса и расширения использования 31 июля 2012 года Кабмин утвердил комплексную стратегию возрождения Японии. Это предложение по стимулированию японской экономики, что включает стратегию роста и 38 действий приоритетных для политики. Одним из таких действий приоритетов политики является Стратегия зеленый рост, которая ставит перед собой цель повышения процентного возраста автомобилей следующего поколения до 50% от всех новых транспортных средств продажи к 2020 году. Введение этих автомобилей следующего поколения получают государственную поддержку по ускорению принятия и создания нового рынка для ультра-компактных мобильных транспортных средств. Эти транспортные средства следующего поколения в настоящее время позиционируется как один из ведущих центральных проектов зеленого роста в комплексной стратегии. Министерство экономики, торговли и промышленности (METI) решило предложить стимулы для содействия внедрению</p>
--	--

<p>to promote the spread and adoption of EVs as model regions (so-called EV and PHV Towns). In August 2010 METI collected together various progressive initiatives to promote the spread of EVs and PHVs into the EV & PHV Town Initiative Best Practices Handbook as a reference for other local governments. These best practices were collected based on the master plans announced by each EV and PHV Town and from interviews with officials in those local governments. In January 2012, METI collected together the Best Practice Handbook II. The following are a few examples of specific initiatives undertaken by local governments. Aomori Prefecture carried out the Oirase Mountain Stream Park and EV Ride demonstration project to examine a mechanism for encouraging people to switch to EVs after the imposition of traffic restrictions on a special protection area of a national park. Nagasaki Prefecture held the Futuristic Driving Tourism demonstration project in the Goto Islands using EV rental vehicles equipped with a next-generation ITS-based navigation system. Niigata Prefecture is running a demonstration project to develop support EVs that offer a recharging service to EV drivers whose batteries have run out of charge.</p> <p>2. 3. 2. Trends in infrastructure development and maintenance Initiatives of national and local governments – The Green Growth Strategy set the establishment of 2 million normal charging stations by the year 2020 as a target to promote the technological development and of EVs the construction of a supporting infrastructure. As a short-term target, METI is promoting the intensive introduction of some 37,000 rapid charging stations for EVs, which is</p>	<p>экологически чистых автомобилей в целях создания первоначального спроса на эти транспортные средства за счет сокращения бремени покупки транспортного средства и создание зарядного объекта. METI также стремится способствовать снижению цен путем эффекта массового производства. Местные органы власти также принимают меры по содействию использованию EV, например, за счет снижения налогов и предоставления скидки на плату за парковку для EVs. Aichi Prefecture и Fukuoka Prefecture установили дополнительные стимулы для EVs. Кроме того, МЭТП начали выбирать некоторые местные органы власти, которые являются пионерами инициативы, чтобы способствовать распространению и внедрению электромобилей как модели регионов (так называемые EV и PHV городов). В августе 2010 года METI собрали воедино различные прогрессивные инициативы чтобы способствовать распространению электромобилей и PHVs в «Руководство EV & PHV город Инициатива в лучшей практике» как справка для других местных органов власти. Эти лучшие практики были собраны на основе генеральных планов, объявленных каждый EV и PHV город и интервью с официальными лицами - чиновников -местных органов власти. В январе 2012 года, METI собрали вместе «Лучшая практика Справочник II» Ниже приведены несколько примеров конкретных инициатив недопринятых местными органами власти. Aomori Prefecture осуществляется из Oirase Mountain Stream Park и EV Ride проект для изучения механизма побуждения людей к смене на электромобили после наложения трафика ограничения на специальной области защиты национального парка. Префектура Нагасаки провели Футуристическое вождение в Туризме, как демонстрационный проект в Гото островах с использованием EV автомобиля оснащенного навигационной системой следующего поколения. Префектура Ниигата работает под управлением демонстрационного проекта по развитию поддержки EVs, которые предлагают Сервис зарядки батареи для водителей EV, чьи батареи разрядились.</p>
--	--

<p>equivalent to the total number of gasoline stations in Japan, by the year 2014. Combined with normal charging stations, the total number of chargers should rise to approximately 110,000. Initiatives such as this are intended to boost the development of the necessary infrastructure to promote the spread and adoption of more EVs. METI is also implementing a promotion project of charging infrastructure for next-generation vehicles. This is an incentive system that makes the installation and construction costs of rapid and normal chargers eligible for financial assistance. The chargers will be classified as high- or normal-function types with electricity storage, billing, vehicle-to-house (V2H) functions, and the like. More generous aid is provided for the high function-type chargers. In the future, it is predicted that the establishment and maintenance of high-function charging facilities equipped with electricity storage, charging current control, billing and authentication, and V2H functions will become more active due to businesses that Local governments are also establishing incentives to develop charging infrastructure. For example, Kanagawa Prefecture is undertaking various initiatives to support the development of infrastructure and promote the spread of EVs by setting a target of 3,000 EVs and 100 rapid-charging facilities within the prefecture by 2014.</p> <p>As a result, the target for the number of rapid-charging facilities was achieved in October of 2011 and the number of EVs exceeded 3,000 vehicles by the end of June 2012. This puts Kanagawa Prefecture in the top class for the adoption of EVs in Japan.</p> <p>The previous section explained how initiatives to develop and expand the charging infrastructure for EVs are being promoted at both the national</p>	<p>2. 3. 2. Тенденции в области развития инфраструктуры и поддержание Инициативы национальных и местных органов власти - Стратегия зеленого роста нацелена на создание 2 млн зарядных станций к 2020 году в качестве мишени для содействия технологическому развитию и электромобилей в строительстве вспомогательной инфраструктуры. В кратких целях, METI способствует интенсивному Введению некоторых 37000 быстрых зарядных станций для электромобилей, что эквивалентно общему количеству бензиновых станций в Японии, в 2014 году в сочетании с нормальными зарядными станциями, общее количество зарядных устройств должно возрасти до примерно 110 тысяч. Такие инициативы, как они призваны стимулировать развитие необходимой входов инфраструктуры для содействия распространению и внедрению большего числа электромобилей. METI также реализует проект по продвижению инфраструктуры зарядок для автомобилей следующего поколения. Это система является стимулом, которая делает затраты на установку и строительство быстрых и обычных зарядных устройств меньше, так как имеется право на получение финансовой помощи. Зарядные устройства будут классифицироваться, как высоко - или нормально функциональные с хранением электричества, выставление счетов, транспортных средства к дому (V2H) функция, и другое. Более щедрая помощь предоставляется для типа высокой функциональности. В будущем прогнозируется, что создание и поддержание высокой функциональных заряжающих станций оснащают хранением электроэнергии, выставления счетов и аутентификации, а также V2H функции станут более активными из - за бизнеса, будет способствовать развитию инфраструктуры для транспортных средств следующего поколения. Местные органы власти также создают стимулы к развитию инфраструктуры зарядки. Например, Kanaga-</p>
--	---

<p>and local levels. In the future the spread of EVs will likely begin to accelerate due to the increasing number of charging facilities and the ability to compensate for the limitations of the EV cruising range. Initiatives of private companies - A limited liability company called the Charging Network Development Organization was established through the investment of 9 companies, including Chubu Power Co., Ltd. , Toyota Motor Co., Ltd., Honda Motor Co. , Ltd., and Mitsubishi Motors Co., Ltd. The purpose of this organization is to expand the adoption of EVs by promoting the development of charging facilities. The organization began providing rapid charging service to registered members in April 2012. EV users who become members can make use of any of the charging facilities in the network and a portion of the dues paid by the members are passed on to the party that set up the charger, thereby reducing some of the economic burden of establishing the infrastructure. The Charging Network Development Organization has partnered with convenience stores, vehicle dealers, highways, and lodging facilities in an effort to create a virtuous cycle to promote the expansion of charging infrastructure and advance the spread and adoption of EVs.</p> <p>Japan Charge Network Co., Ltd. It was also established as a similar company to provide charging services for EV users. This company is sponsored by Nissan Motor Co., Ltd., Sumitomo Corporation, NEC Corporation, and Showa Shell Sekiyu KK Its billing service started full-scale operation in October 2012. The company has constructed a network of partnerships with convenience stores and family-oriented restaurant chains mainly centered in the Kanto region around Kanagawa and Tokyo. The aim of this</p>	<p>Префектура предпринимает различные инициативы по поддержке развития инфраструктуры и содействия распространения электромобилей, установив цель 3000 и электромобили 100 объектов для быстрой зарядки в префектуре к 2014 году.</p> <p>В результате, мишень для числа для объектов быстрой зарядки была достигнута в октябре 2011 года, и число электромобилей превысил 3000 автомобилей до конца июня 2012. Это ставит префектура Канагава в верхнем классе для принятия электромобилей в Японии. В предыдущем разделе мы объяснили, как инициативы по разработке и расширению зарядной инфраструктуры для электромобилей пропагандируются, как на национальном, так и на местном уровнях.</p> <p>В будущем распространение электромобилей, скорее всего, начнет ускоряться в связи с увеличением числа зарядных объектов и способностью компенсировать ограничение дальности пути без дозаправки.</p> <p>Инициативы частных компаний - Компания с ограниченной ответственностью называется Charging Network Development Organization была создана за счет инвестиций 9 компаний, в том числе Chubu Power Co., Ltd., Toyota Motor Co., Ltd., Honda Motor Co., Ltd., и Mitsubishi Motors Co., Ltd. Целью этой организации является расширить принятие электромобилей путем содействия развитию объектов зарядки. Организация начала обеспечивать быстрое обслуживание зарядки для зарегистрированных Пользователей в апреле 2012 года. Пользователи EV, которые становятся членами, могут использовать любой из зарядных средств сети и части сборов, выплаченные членам передаются той стороне, которая создала зарядное устройство, тем самым уменьшая часть экономического бремени установки этой инфраструктуры. The Charging Network Development имеет партнерские отношения с магазинами автомобильных дилеров, автомобильных дорог и сооружений в попытке создать благотворный цикл, чтобы содействовать расширению инфраструктуры зарядки и продвигать распространение и</p>
--	--

company is to expand rapid charging facilities to 4,000 locations around the country by the year 2020.

2. 4. Trends in standardization

The Japan Automobile Research Institute (JARI) undertakes activities such as the standardization of technologies and components related to EVs. Fig. 4 shows the composition of the main international standards and Draft standards that currently concern EV batteries and Battery charging. As a part of its initiatives concerning batteries and Chargers, Japan proposed performance tests for lithium-ion secondary batteries (cells) for EVs (IEC 62660-1) and Reliability and abuse tests (IEC 62660-2) to the IEC. Both of these were issued as international standards in December 2010. Germany proposed test methods for lithium-ion battery packs and systems for EVs to the ISO. The High power application tests (ISO 12405-1) were issued as an international standard in August 2011 and the high energy applications tests (ISO 12405-2) were issued as an International standard in July 2012. The safety performance requirements (ISO 12405-3) are still under discussion. In addition, a publicly available specification (PAS) was issued for the dimensions of lithium-ion battery cells (IEC / ISO PAS 16898) in December 2012 based on new Proposals from both Japan and Germany. Lithium-ion batteries are subject to UN regulations. When shipped via aircraft or marine vessels. Since some Batteries would require excessive testing if these regulations were applied to the large lithium-ion batteries used in vehicles, activities are being carried out to rationalize the shipping regulations for large lithium-ion batteries used in EVs. Furthermore, the following topics related to EV batteries and charging are also all under discussion: DC Charging stations, digital communication for DC charging control, couplers for DC charging of vehicles,

принятие электромобили, Japan Charge Network Co., Ltd. была также создана как аналогичная компания, чтобы обеспечить услуги для зарядки EV Пользователей. Эта компания спонсируется Nissan Motor Co., Ltd., Sumitomo Corporation, NEC Corporation, и Showa Shell Sekiyu KK Ее платежный сервис начал полномасштабную операцию в октябре 2012 года. Компанией построена сеть партнерских отношений с удобными магазинами, ориентированных на сети ресторанов в основном сконцентрированных в Канто вокруг Канагава и Токио. Цель этой компании заключается в расширении центров быстрой зарядки до 4000 штук по всей стране к 2020 году.

2. 4. Тенденции в области стандартизации

Японский автомобильный научно-исследовательский Институт (JARI) берёт на себя организацию мероприятий, таких как стандартизация технологий и компонентов, связанных с EVs. Рис. 4 показывает состав основных международных стандартов и проекты стандартов, которые в настоящее время касаются EV батареи и заряда батареи. В рамках своих инициатив, касающихся питания и зарядных устройств, Япония предложила тесты производительности для вторичных литий-ионных батарей (ячеек) для электромобилей (IEC 62660-1) и надежности и злоупотребления испытания (IEC 62660-2) к IEC. И то и другое из них были опубликованы в качестве международных стандартов в декабре 2010. Германия предложила методы испытаний литиевоподобного аккумулятора и системы для электромобилей в ISO. Тесты приложений высокой мощности (ISO 12405-1) были выпущены в качестве международного стандарта в августе 2011 года и высокого энергетического применения тестов (ISO 12405-2) были выпущены в качестве международного стандарта в июле 2012 года. Безопасность производительности, как требование (ISO 12405-3) все еще находятся под обсуждением. Кроме того, общедоступные технические условия (PAS) было выдано для размеров ячеек литий-ионных

<p>general Requirements for conductive charging systems, vehicle to-grid (V2G) communication interfaces , general requirements for wireless power supply systems, and the like. The content of the testing that will be necessary for The standardization of high-performance batteries for Next-generation vehicles is also now being considered and examined.</p> <p>3. 1. Introduction</p> <p>Fcvs use hydrogen as fuel and, similarly to evs, do Not emit any CO2 When driven. This is why fcvs are Also considered as a potential next-generation vehicle to Help resolve environmental problems. The cruising distance of evs can be increased by increasing the amount Of batteries on board the vehicle. In the case of fcvs, Cruising range is increased by increasing the amount of hydrogen fuel on board the vehicle. The rate of cost Increase is lower for fcvs than evs when increasing The cruising range in this manner. The amount of time needed to supply fuel to a FCV is the same as for an Internal combustion vehicle (ICV), while it may take approximately 30 minutes or more for a rapid charge of the battery in an EV. This level of convenience and familiarity is certainly one of the strong points of a FCV, since the way that users will interact with a FCV is not that Different from a conventional ICV. However, there are still many issues related to development and the establishment of a hydrogen fuel infra-Structure that are standing in the way of the greater Adoption of fcvs. Since the largest of these remaining Issues is cost, automakers and other related organizations are undertaking various cost reduction measures. The following sections introduce the main trends in FCV Development and hydrogen fuel infrastructure that oc-Curred in 2012.</p> <p>3. 2. Trends in FCV development</p>	<p>батарей (IEC / ISO PAS 16898) в декабре 2012 года на основе новых предложений от Японии и Германии. Литий-ионные аккумуляторы подпадают под действие правил ООН при поставке через воздушные или морские суда. Так как некоторые батареи потребовали бы слишком много испытаний, если эти нормативно-правовые акты были применены к большим литий-ионным батареям, используемых в транспортных средствах, мероприятия проводятся с целью рационализации правил доставки для больших литий-ионных батарей используемых в электромобилях.</p> <p>3. 1. Введение</p> <p>FCVs используют водород в качестве топлива, так же, как электромобили, они не выделяют никакого CO2 при движении. Именно поэтому FCVs также рассматривается в качестве потенциального транспортного средства следующего поколения, как помощь в решении экологических проблем. Путь, пройденный без дозаправки электромобилем, может быть увеличен за счет увеличения количества батарей на борту транспортного средства. В случае FCVs, путь без дозаправки увеличивается за счет увеличения количества водородного топлива на борту транспортного средства. Стоимость становится ниже для FCVs чем электромобили вследствие увеличения дальности пути без дозаправки. Количество времени необходимого для подачи топлива в FCV такое же, как и для транспортного средства внутреннего сгорания (ICV), в то время как это может занять приблизительно 30 минут или более для быстрого заряда батареи в EV. Этот уровень удобства и освоенности, безусловно, одна из сильных точек FCV, так как пользователи будут взаимодействовать с FCV так же как и с обычным ICV. Тем не менее, есть еще много вопросов, связанных с развитием и созданием инфраструктуры водородного топлива, которые стоят на пути принятия FCVs. Так как самый большой среди остальных вопросов, является стоимость, автопроизводители и другие связанные с этим организации предпринимают</p>
--	--

<p>Many reports have described the progress of technological developments to solve the performance-related Issues of FCV, such as cruising range , vehicle efficiency, Low-temperature starting ability, refueling time (hydrogen replenishing time), and the like . There has been remarkable progress made toward the actual adoption and Spread of fcvs from 2015. Fig. 5 and Fig. 6 show the breakdown of the various Costs of an FCV fuel cell (FC) system. These figures</p> <p>Clearly indicate that reducing the cost of both the stack Itself and the surrounding auxiliary components is quite Important. Consequently, measures are being taken To simplify the FC system and to reduce the cost of the Materials used in the stack, among others .</p> <p>Therefore, The FC system is composed of multiple sub-systems, such As the humidification system, cooling system, and gas Supply system, that all work together in a single system. Simplifying and reducing the number of these sub-systems, as well as other measures to make use of existing Mass-production parts, will be necessary to reduce the Cost of the FC system. In the case of the humidification System, the water produced via power generation needs To be used efficiently within the stack, and a battery Needs to be developed that can produce power even under low humidity. If these challenges can be overcome,</p> <p>Then the humidifying function from outside of the stack Can be reduced, the size of the humidifier module can be Decreased, and further reduction also becomes possible.</p> <p>The same parts used in the cooling system of an ICV May be used in the FCV cooling system, and less expen-Sive, mass-produced parts such as the motor and inverter of existing hybrid systems may be used in the FCV Drivetrain. The cost of the FCV system</p>	<p>различные меры по снижению затрат. В следующих разделах рассматриваются основные тенденции в развитии FCV и инфраструктура водородных топливных заправок в 2012 году.</p> <p>3. 2. Тенденции развития FCV</p> <p>Во многих докладах описали ход технологические разработки для решения производительности , связанных с вопросами об FCV, такие как дальность пути без дозаправки, эффективность транспортных средств, стартовая низкотемпературная способность, время заправки топливом (гидрогенераторное время пополнения), и тому подобное. Там было повторно</p> <p>маркируемый прогресс, достигнутый к фактическому принятию и распространение FCVs с 2015 года. Рис. 5 и фиг. 6 показывают, распад различных издержек систем FCV на топливных элементах (FC). Эти цифры ясно показывают, что снижение стоимости, как самого стека, так и окружающих вспомогательных компонентов, является весьма важным.</p> <p>Следовательно, меры принимаются, чтобы упростить систему FC и уменьшить стоимость материалов, используемых в стеке, среди других.</p> <p>Управление или регулирование внутренней температуры и влажность стека необходимо чтобы правильно поддерживать условия производительности электроэнергии стека. Следовательно, система ФК состоит из нескольких подсистем, таких, как система увлажнения воздуха, системы охлаждения, и система питания газа, что все они работают вместе в одной системе.</p> <p>Упрощая и сокращая числа этих суб-си-стем, а также другие меры чтобы упростить существующие системы, будет достаточно, чтобы уменьшить стоимость системы FC. В случае увлажнения системы воздуха, вода, получаемая с помощью производства электроэнергии, должна быть эффективно использована в стеке, и аккумулятор необходимо разработать так, что он сможет производить энергию даже во время низкой влажности. Если эти проблемы могут быть преодолены, то функция увлажнения из-за пределов стека может быть уменьшена, размер</p>
--	---

can be reduced If these kinds of common parts can be utilized. The Largest contributor to the cost of the fuel supply system Is the tanks that store the hydrogen in the vehicle. The Majority of fcvs are equipped with high-pressure tanks That store the hydrogen at a pressure of 70 mpa. These Tanks have a high energy density, but the best way to Reduce the manufacturing cost of these tanks is an issue. The majority of this cost is due to the materials. There-
Fore, it may be possible to reduce the cost of storing the Hydrogen on-board the vehicle by developing a lower Cost, general-purpose grade CFRP to replace the current CFRP, improving the manufacturing method by optimizing the laminated structure to reduce the amount of CFRP used, and reducing the number of tanks equipped On the vehicle. After analyzing the breakdown of the cost of the Stack, reducing the material cost of the FC membrane- Electrode assembly (MEA) is clearly necessary. Conse-
Quently, a material design that reduces the amount of Platinum catalyst in the electrodes and efficiently uses a Small amount of platinum, as well as the development of Alternative catalysts is being promoted. Developing a stack with a high power density will Lead to a reduction in the size of the stack and also help To reduce material costs. Nissan Motor Co., Ltd. Has Developed its third-generation stack (Fig. 7) that greatly Improves on the first-generation stack (2005) by reducing volume by one-half, reducing the amount of platinum Used by one-quarter, and reducing the different types of Parts by one-quarter to ultimately bring the cost down To one-sixth of the original. In 2012, Nissan also an-
Nounced the terra concept (Fig. 8) that is equipped With this new stack. Toyota Motor Co., Ltd. Also developed a new stack That achieves a power density of 3 kw / L, which is more Than twice that used in the 2008 FCHV-adv. In addition,

модуля увлажнителя может быть уменьшен, и дальнейшие снижения также становится возможным.
Одни и те же детали, используемые в системе охлаждения в ICV могут быть использованы в системе охлаждения FCV, и дешёвые детали массового производства, такие как двигатель и обратный преобразователь существующих гибридных систем могут быть использованы в двигателе и трансмиссии FCV. Стоимость системы FCV может быть уменьшена если можно использовать эти виды общих частей, наибольшую стоимость систем подачи топлива имеют резервуары, которые хранят водород в автомобиле.
Большинство FCVs оснащены хранилищами высокого давления, чтобы хранить водород при давлении 70 МПа. Эти хранилища имеют высокую плотность энергии, но лучший путь к снижению стоимости производства этих хранилищ является проблемой. Большинство этих расходов из-за материалов. Таким образом, это возможно уменьшить затраты на хранение водорода на борту транспортного средства путем разработки более низкой стоимости, углепластика общего назначения для замены текущего углепластика, улучшая способ производства путем оптимизации слоистой структуры, чтобы уменьшить количество используемого углепластика, и сокращение количества цистерн, оборудованных на транспортном средстве. После анализа разбивки стоимости стек, уменьшение материальной стоимости мембранно-электродного узла (МЭУ), очевидно, необходимо. Следовательно, материал конструкции, что уменьшает количество платиновых катализаторов в электродах и эффективно использует небольшое количество платины, а также развитие альтернативных катализаторов – продвигается. Разработка стека с высокой плотностью мощности будет приводить к уменьшению размера стека, а также помогать сократить материальные затраты. Nissan Motor Co., Ltd. разработала свой стек третьего поколения (рис. 7), что в значительной степени улучшен в стеке первого поколения (2005). Путем снижения объема на половину, уменьшая количество используемой платины на четверть, и сокращение различных типов частей до одной

<p>in the FCV-R concept (Fig. 9) that was announced In 2011</p> <p>, The size of the FC system was reduced and</p> <p>Placed under the floor of the vehicle to help ensure lower Cost and more trunk space. Work is continuing on the Development of technologies to further reduce the cost Of a FCV to 1/20 of the cost of the FCHV-adv before the Initial release timing in 2015. In the wake of the Great East Japan Earthquake, there Are rising expectations that evs and fcvs can provide</p> <p>New functions that were previously unavailable, such as Supplying electrical power during a disaster. Since the Length of the cruising range of fcvs is connected to the Strength of the power supply function, it is being exam- Ined whether a FCV could be used as a power supply Source for a standard home in an emergency. Honda Motor Co., Ltd. Is developing an external power supply</p> <p>Function for the FCX Clarity FCV that would allow the Vehicle to supply a maximum of 9 kw of electrical power To a standard home for approximately 6 days. In addition, Honda also installed the first solar hydrogen station In Japan on the grounds of the Saitama Prefectural Office In March of 2012 (Fig. 10). This station uses an original High-pressure water electrolysis system to manufacture And then compress the hydrogen. Honda is using this</p> <p>System to verify the reduction of CO2 Emissions in an actual urban environment.</p> <p>3. 3. Hydrogen infrastructure and review of Regulations and standards</p> <p>2015 is to be the year that fcvs are initially introduced into the Japanese market. In preparation for this, 13 private companies from the energy, automotive, and Other fields have come together to promote a plan to Establish hydrogen stations in approximately 100 locations</p>	<p>четверти, чтобы в конечном итоге довести стоимость до падения на одну шестую часть оригинала. Размер системы FC был снижен и размещен под полом транспортного средства, чтобы обеспечить более низкую стоимость и большой багажник. Продолжается работа над разработкой технологий для дальнейшего снижения стоимости</p> <p>из FCV 1/20 стоимости FCHV-ADV перед первоначальным временем выпуска в 2015 году. В результате Великого Восточного землетрясения в Японии, там растет ожидание, что электромобили и FCVs могут обеспечить новые функции, которые ранее были недоступны, такие как подачи электроэнергии во время бедствия. Так как длина пути без дозаправки FCVs подключена к силе источника питания, ее проверяют, может ли FCV быть использован в качестве источника питания для стандартного дома в аварийной ситуации. Honda Motor Co., Ltd. разрабатывает внешний источник питания как функция для FCX Clarity FCV, что позволило бы транспортному средству поставлять максимум 9 кВт электроэнергии к стандартному дому в течение приблизительно 6 дней. В дополнение к этому, Honda первая установила солнечную станцию водорода в Японии на основании Saitama Prefectural Office в марте 2012 года (рис. 10). Эта станция использует оригинальную систему высокого давления электролиза воды для производства, а затем сжигает водород. Honda использует эту систему для проверки сокращения CO2 выбросов в городскую среду.</p> <p>3. 3. Водородной инфраструктуры и обзор нормативные акты и стандарты</p> <p>2015 должен стать годом введения FCVs на японский рынок. В ходе подготовки к этому, 13 частных компаний из энергической, автомобильной промышленности, и другие собрались вместе, чтобы продвигать план</p> <p>установок водородных станций приблизительно в 100 местоположениях</p> <p>в четырех крупных мегаполисах: Токио, Чукуо, Кансай, и Китакьюшу, Японское правительство также готовится к введению FCVs и водородных станций путем содействия созданию совмещенных объектов заправки водородом на автозаправочных станциях, что поможет</p>
---	---

<p>in four major metropolitan areas: Tokyo, Chukyo, Kansai, and Kitakyushu. The Japanese government is also preparing for the introduction of fcvs and hydrogen stations by promoting the establishment of compressed hydrogen filling facilities at gasoline stations to help reduce the cost of building and operating hydrogen stations. In addition, the government is also promoting the review and reform of regulations that concern the handling of hydrogen. In June 2012, JX Nippon Oil And Energy Corporation announced that it would begin operating the first service stations in Japan with both gasoline pumps and hydrogen filling machines by around February of 2013 as a proving test of the new technology. These service stations will initially be in two locations in Kanagawa Prefecture and Aichi Prefecture. This proving test is being carried out as part of joint research being undertaken by the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) and the Research Association of Hydrogen Supply and Utilization Technology (hysut). In the future this research is expected to lead to decreases in the cost of constructing new hydrogen stations. Since the cost of hydrogen will have an impact on the spread and popularity of fcvs, initiatives to reduce the cost of hydrogen will be necessary. At the same time, it will be equally important to ensure a constant level of quality. In other words, appropriate hydrogen fuel specifications are also important to protect the stack. Japan is the current chair of ISO / TC197 WG 12 (hydrogen fuel specifications) and discussions about the allowable concentration of impurities in hydrogen fuel for fcvs are currently ongoing. An international standard, ISO 14687- 2 (Hydrogen fuel - Product specification - Part 2: Proton Exchange membrane (PEM) fuel cell</p>	<p>снизить стоимость строительства и эксплуатации водородных станций. Кроме того, правительство также содействует обзору и реформе положений, которые касаются обработки водорода. В июне 2012 года JX Nippon Oil и энергетическая корпорация объявила, что она начнет эксплуатацию первых станций технического обслуживания в Японии с бензиновыми насосами и разливочными станциями водорода примерно на февраль 2013 года в качестве теста новой технологии. Эти станции технического обслуживания первоначально будут находиться в двух местоположениях в префектуре Канагава и префектура Айти. Эти испытания проводятся в рамках совместных исследований проводимые в новых энергетических и промышленных организациях развития технологии (NEDO) и ассоциация исследований в области водородного обеспечения и технологии утилизации (HysUT). В будущем это исследование как ожидается, приведет к уменьшению стоимости строительства новых водородных станций. Так как стоимость водорода будет иметь влияние на распространение и популярность FCVs, уменьшить стоимость водорода будет необходимо. В то же время, это будет не менее важно обеспечить постоянный уровень качества. Другими словами, хорошее водородное топливо также имеют значение для защиты стека. Япония является нынешним председателем ISO / TC197 WG 12 (спецификации водородного топлива ISO) и дискуссия о допустимой концентрации примесей в водородном топливе для FCVs в настоящее время продолжается. Международный стандарт ISO 14687- 2 (Водородное топливо - Технические характеристики продукта - Часть 2: Proton обменной мембраны (PEM) топливных элементов транспортных средств для дороги), касающиеся спецификаций для водородных топливных FCV был опубликован 1 декабря 2012 года.</p> <p>3. 4. Выводы Проблемы, связанные с высокими затратами на развитие и изготовление FCVs необходимо будет решить,</p>
---	--

applications for road Vehicles), concerning the hydrogen fuel specifications for FCV was issued on December 1, 2012.

3. 4. Conclusions

The problems posed by the high costs of development And manufacturing fcvs will need to be solved to promote the spread and adoption of fcvs. It will also be Necessary to build and maintain the required infrastruc-

Ture on a global scale. There has been good cooperation And working partnerships between different automakers To develop hybrid and other environmentally friendly Technologies. Therefore, it is possible that these partner-Ships will continue as these same companies enter the FCV field. It is thought that the huge burden associated

With independent development will lead to more technical cooperation and partnerships to help hold down the Investment costs of technological development and create economies of scale so that manufacturing costs will Also continue to decline.

чтобы обеспечить и стимулировать распространение и принятие FCVs. Также будет необходимо строить и поддерживать требуемый уровень инфраструктуры в глобальном масштабе. Там должно быть хорошее сотрудничество и рабочие партнерские отношения между различными автопроизводителями, чтобы разрабатывать гибридные и другие экологически чистые технологии. Таким образом, вполне возможно, что это партнёрство будет продолжаться этими же компаниями ввести FCV в производство. Считается, что огромное бремя, связанное с независимым развитием приведет к большому количеству технических сотрудничеств и партнерствам, чтобы помочь сокращать инвестиционные затраты технологического развития и создать экономию от масштаба, так что производственные затраты будут также продолжать снижаться.