

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

*А.В. Пузаков, А.М. Федотов*

# **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Оренбург

2016

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

П 88

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Р.Х. Хасанов

**Пузаков, А.В.**

П-88

Оценка технического состояния приборов системы зажигания: методические указания / А.В. Пузаков, А.М. Федотов; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2016. – 80 с.

Методические указания по выполнению лабораторной работы предназначены для студентов, обучающихся по программе высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при изучении дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования».

Могут быть использованы студентами специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства при изучении дисциплины «Электрооборудование автомобилей и тракторов».

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

© Пузаков А.В.,

Федотов А.М., 2016

© ОГУ, 2016

## Содержание

Введение.....	4
1 Цель работы.....	5
2 Содержание работы.....	5
3 Оборудование.....	5
4 Основные теоретические сведения.....	6
4.1 Общие сведения о системах зажигания.....	6
4.2 Конструктивные исполнения катушек зажигания.....	19
4.3 Конструкция свечей зажигания.....	25
4.4 Условия работы свечей зажигания.....	32
4.5 Эксплуатация и техническое обслуживание свечей зажигания.....	38
4.6 Неисправности свечей зажигания.....	40
5 Порядок выполнения работы.....	45
5.1 Оценка технического состояния катушек зажигания.....	45
5.2 Оценка технического состояния свечей зажигания.....	49
6 Контрольные вопросы.....	60
7 Тесты для самоконтроля.....	64
Список использованных источников.....	70
Приложение А (рекомендуемое) Бланки лабораторной работы.....	72
Приложение Б (справочное) Приборы, применяемые для выполнения работы.....	76

## Введение

Лабораторные работы по электрооборудованию автомобилей выполняются в специализированной лаборатории в соответствии с учебным планом дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования».

Лабораторная работа «Оценка технического состояния приборов системы зажигания» содержит сведения об устройстве и принципе действия приборов системы зажигания.

Указаны сведения о современных системах зажигания. Представлены конструктивные особенности и принцип работы катушек зажигания, свечей зажигания и высоковольтных проводов. Рассмотрены методы диагностирования технического состояния катушек и свечей зажигания.

Лабораторный практикум содержит порядок проведения основных процедур, позволяющих оценить техническое состояние приборов системы зажигания, а также сделать вывод об их пригодности к эксплуатации на транспортных средствах.

Контрольные вопросы и тесты позволяют оценить, как степень подготовленности студентов к проведению лабораторной работы, так и общий уровень знаний по данному разделу курса. Использование бланков, приведенных в приложении позволяет снизить время на подготовку и оформление отчета по лабораторной работе.

## **1 Цель работы**

1. Изучить конструкцию и принцип действия приборов системы зажигания.
2. Приобрести практические навыки оценки технического состояния приборов системы зажигания.
3. Приобрести навыки исследования разрядной характеристики катушек зажигания.
4. Научиться расшифровке маркировочных меток свечей зажигания.
5. Приобрести навыки испытания свечей зажигания на герметичность и бесперебойность искрообразования.
6. На основании анализа полученных данных сделать вывод о пригодности приборов системы зажигания к дальнейшей эксплуатации.

## **2 Содержание работы**

Внешний осмотр катушек зажигания; измерение сопротивления первичной и вторичной обмоток катушек зажигания; испытание катушки зажигания на бесперебойность искрообразования; внешний осмотр свечей зажигания; расшифровка маркировочных меток свечей зажигания; испытание свечей зажигания на герметичность; испытание свечей зажигания на бесперебойность искрообразования; оценка технического состояния катушек и свечей зажигания; составление отчета.

## **3 Оборудование**

Исследуемые катушки зажигания и свечи зажигания; цифровой мультиметр M890G; стенд проверки катушек зажигания «ЦНТ-СПМЗ-3»; прибор для проверки свечей зажигания Э-203П.

## **4 Основные теоретические сведения**

Основным назначением любой системы зажигания является воспламенение топливовоздушной смеси в требуемый момент в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания, работающего на легком топливе, в качестве которого могут использоваться различные виды бензинов, легких спиртов типа этанола или метанола, сжиженных или сжатых горючих природных газов.

Момент начала воспламенения топливовоздушной смеси должен обеспечивать наличие возможно более высоких мощностных показателей при возможно меньшем потреблении топлива и загрязнении окружающей среды.

Для этого момент воспламенения должен автоматически корректироваться со следящим действием по ряду факторов: скорости вращения коленчатого вала, нагружающему моменту, противодействующему вращению коленчатого вала, температурному режиму двигателя и т.д.

### **4.1 Общие сведения о системах зажигания**

На легковых автомобилях, оборудованных бензиновым двигателем внутреннего сгорания, применяются различные системы электроискрового зажигания: контактные, контактно-транзисторные, бесконтактные, микропроцессорные.

Независимо от вида систем зажигания, рабочий процесс в них построен по единому принципу.

Работу системы зажигания можно разделить на три этапа: фаза накопления, фаза преобразования и фаза разряда (см. рисунок 1).

Первый этап – подключение первичной обмотки катушки зажигания (накопителя) к источнику тока. Данный этап характеризуется нарастанием

первичного тока и накоплением электромагнитной энергии, запасаемой в магнитном поле катушки.

Второй этап – источник тока отключается от катушки зажигания. Первичный ток исчезает, в результате чего возникает высокое напряжение на выводах катушки ( $U_1 = 200 \text{ В}$ ,  $U_2 = 30 \text{ кВ}$ ).

Третий этап – пробой искрового промежутка с последующим разрядным процессом.

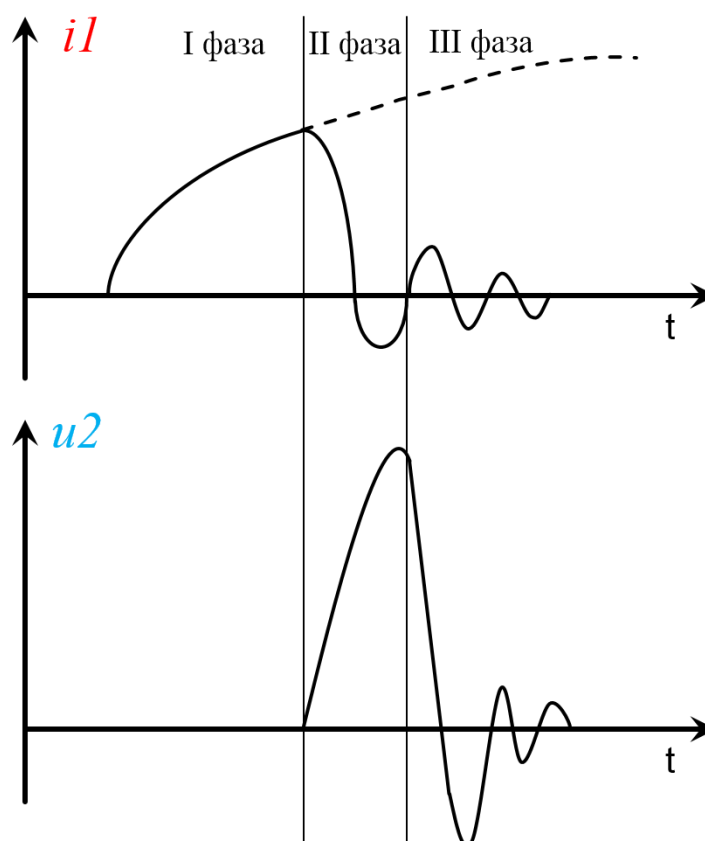


Рисунок 1 – Рабочий процесс батарейной системы зажигания

Зажигание бывает двух типов – батарейное (с использованием аккумуляторной батареи) или с помощью магнето (представляет собой комбинацию генератора переменного тока, трансформатора, прерывателя и распределителя). На современных автомобилях применяется исключительно батарейное зажигание, структурная схема которого представлена на рисунке 2.

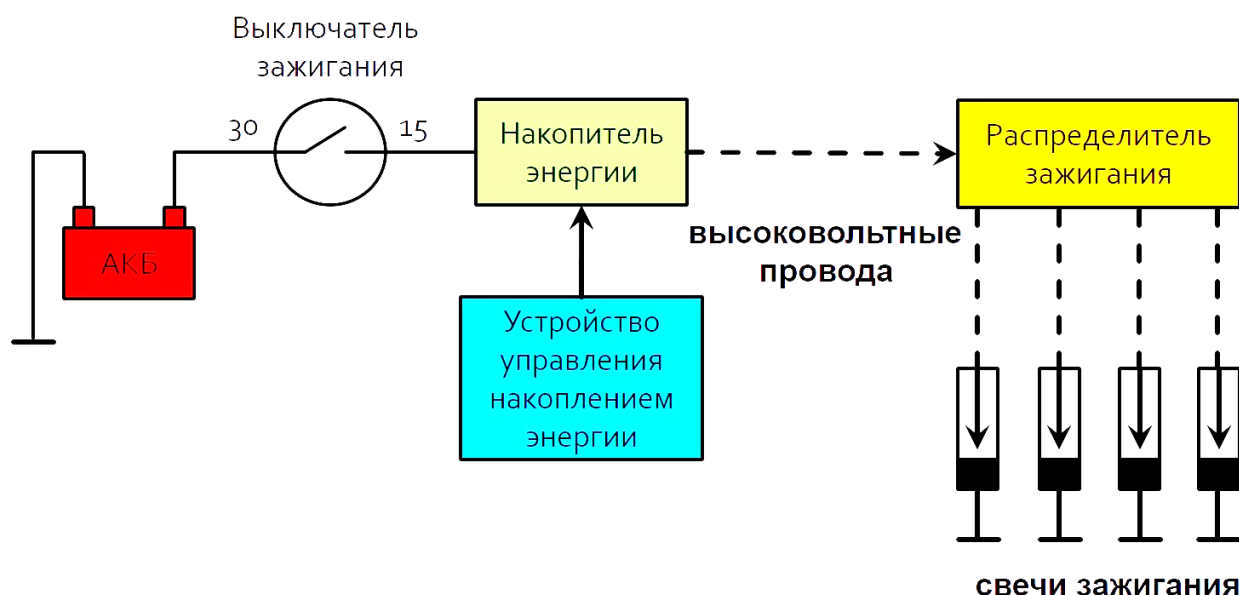


Рисунок 2 – Структурная схема батарейной системы зажигания

Устройство управления накоплением энергии определяет момент начала накопления энергии и момент зажигания. Может представлять собой: механический прерыватель, непосредственно управляющий накоплением энергии (контактная система зажигания); механический прерыватель с транзисторным коммутатором (контактно-транзисторная система зажигания); транзисторный коммутатор с бесконтактным датчиком (бесконтактная система зажигания); электронный блок управления (микропроцессорная система зажигания).

Накопитель энергии – катушка зажигания (система зажигания с накоплением энергии в индуктивности), или катушка зажигания и конденсатор (система зажигания с накоплением энергии в ёмкости).

Распределитель зажигания распределяет высокое напряжение по свечам цилиндров двигателя. Может представлять собой механический распределитель (контактная, контактно-транзисторная, бесконтактная системы зажигания) или статическое распределение (микропроцессорная система зажигания).



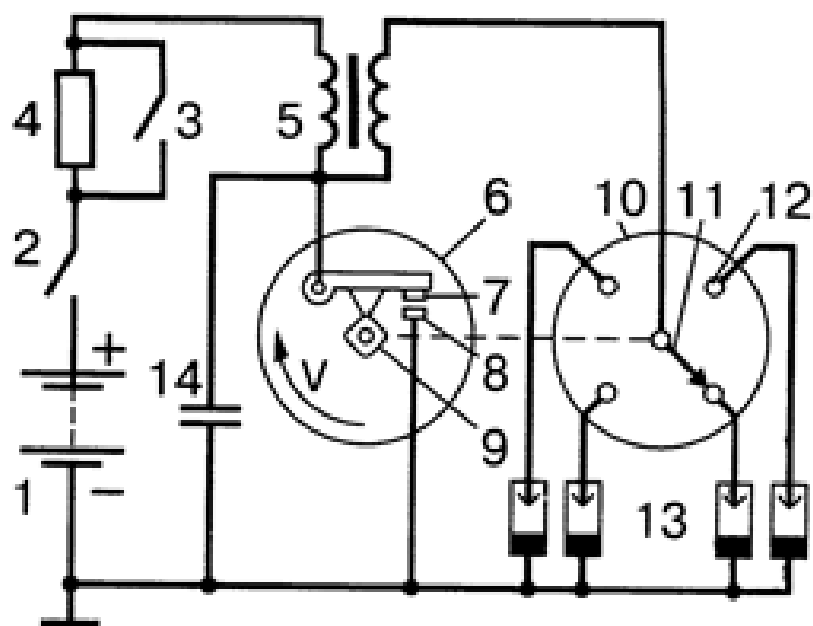
Высоковольтные провода соединяют накопитель распределителем и распределитель со свечами (в современных системах зажигания могут отсутствовать).

Свечи зажигания – необходимы для образования искрового разряда и зажигания топливовоздушной смеси.

### **Контактная система зажигания.**

На рисунке 3 представлена принципиальная схема контактной системы зажигания.

Кулачок прерывателя, число граней которого равно числу цилиндров и ротор распределителя закреплены на общем валу, который приводится во вращение зубчатой передачей от распределительного вала и вращается вдвое медленнее, чем коленчатый вал.



1 – аккумуляторная батарея; 2, 3 – контакты выключателя зажигания; 4 – добавочный резистор; 5 – катушка зажигания; 6 – прерыватель; 7, 8 – подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 9 – кулачок; 10 – распределитель; 11 – ротор (бегунок); 12 – неподвижный электрод; 13 – свечи зажигания; 14 – конденсатор

Рисунок 3 – Принципиальная схема классической контактной системы зажигания

Это объясняется тем, что в каждом цилиндре необходимо воспламенить топливо 1 раз за 2 оборота коленчатого вала. Кулачок при вращении воздействует на рычажок прерывателя, размыкая контакты. Ротор распределителя при вращении проходит мимо неподвижных электродов распределителя, число которых равно числу цилиндров. При включении выключателя зажигания и замкнутых контактах прерывателя, в цепи первичной обмотки катушки зажигания появляется ток. При размыкании контактов прерывателя на вторичной обмотке катушки зажигания появляется высокое напряжение. В этот момент ротор распределителя подходит к неподвижному электроду, соединённому со свечой зажигания того цилиндра, в котором заканчивается такт сжатия. В результате возникает искра.

Добавочный резистор имеет сопротивление 0,5 - 1,2 кОм и служит:

- 1) Для устранения влияния системы пуска (просадка напряжения). При пуске шунтируется, увеличивая энергию искры (холодный запуск);
- 2) Защищает первичную цепь от перегрузки, так как с ростом тока увеличивается температура, а, следовательно, и сопротивление резистора.

Параллельно контактам включен конденсатор. Он необходим для того, чтобы контакты не обгорали в момент размыкания. Во время размыкания контактов между ними может проскочить искра, но конденсатор поглощает эту энергию. При выходе конденсатора из строя двигатель нормально работать не будет, так как напряжение на свече будет недостаточным для стабильного искрообразования

Прерыватель-распределитель системы зажигания предназначен:

- для управления моментом зажигания;
- распределения импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя в необходимой последовательности;
- установки начального угла опережения зажигания;
- автоматического регулирования опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель.

Конструктивно распределитель зажигания объединяет:

- датчик момента зажигания;
- высоковольтный распределитель;
- вакуумный регулятор опережения зажигания;
- центробежный регулятор опережения зажигания;
- конденсатор;
- октан-корректор.

Распределитель (см. рисунок 4) состоит из крышки (выполненной из искростойкой пластмассы), в которой имеется центральный и несколько боковых выводов. Крышка крепится к корпусу защёлками или винтами. Связь крышки с ротором осуществляется через подпружиненный уголёк сопротивлением 8 - 14 кОм.

Ротор выполнен из пластмассы и имеет центральный и боковой контакты, токоразносную пластину и помехоподавительный резистор. Фиксируется на валу распределителя.

Во время вращения ротора ток «соскакивает» с бокового контакта ротора через воздушный зазор (примерно 0,9 мм) на боковой электрод, а от него через высоковольтный провод попадает на свечу.

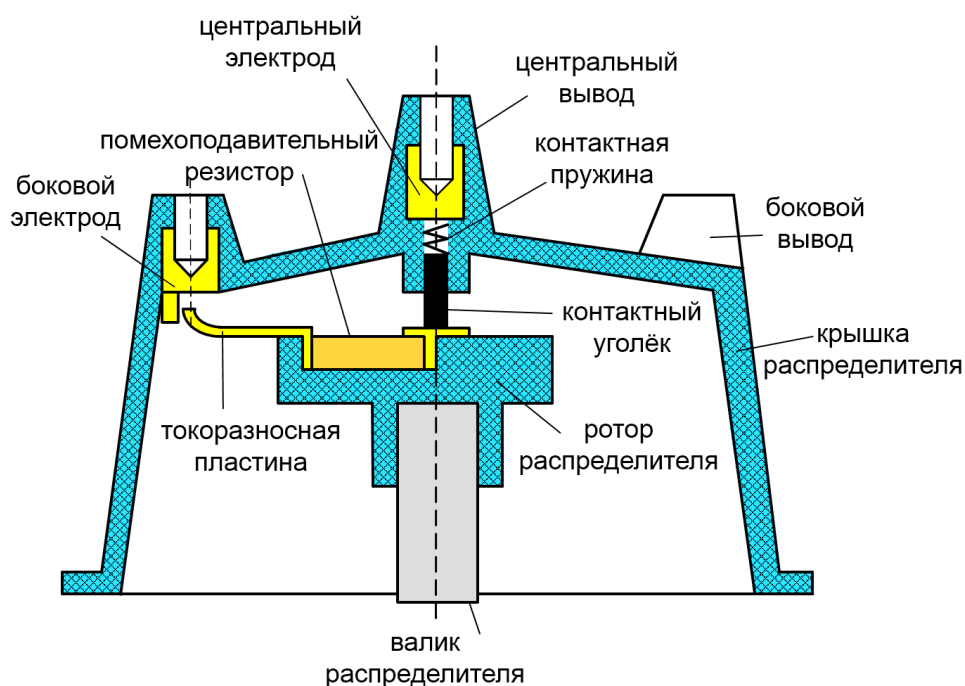
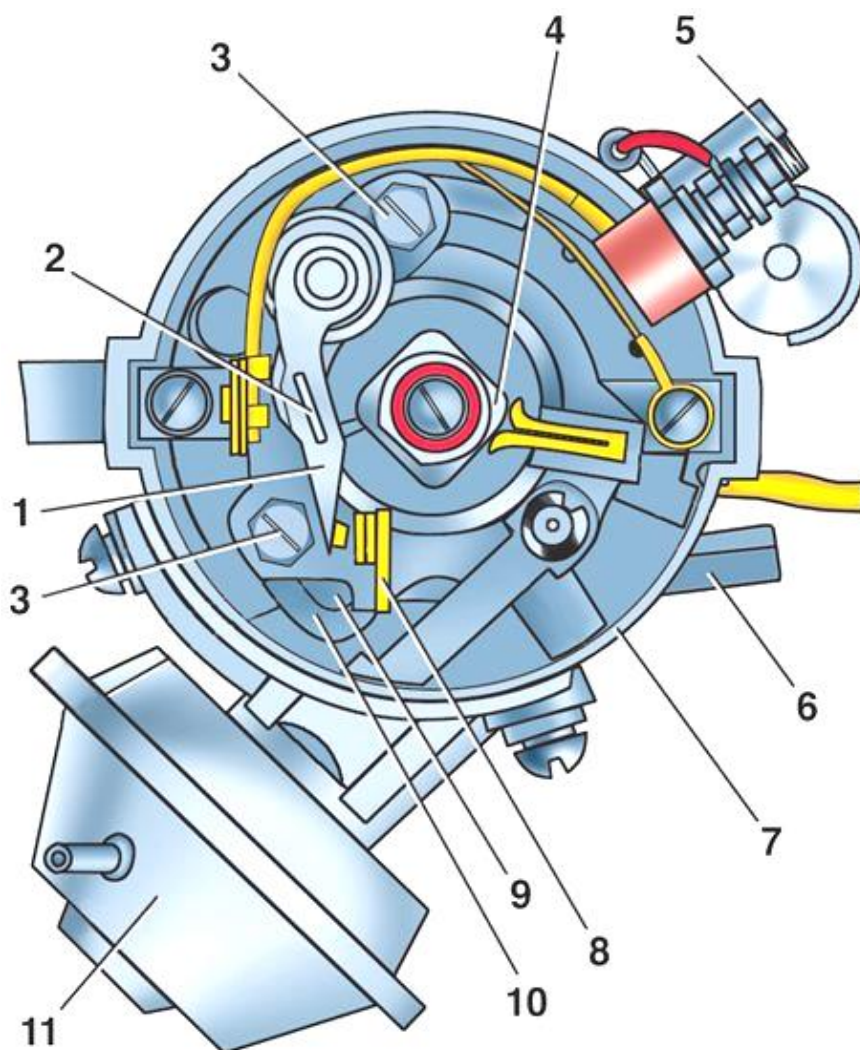


Рисунок 4 – Конструкция высоковольтного распределителя

Прерыватель предназначен для управления моментом зажигания. В его состав входят кулачок, подвижный и неподвижный контакты, пластина, фильц (см. рисунок 5). При повороте валика распределителя грань кулачка давит на текстолитовый рычажок и размыкает пару контактов. Войлочный фильц предназначен для смазки кулачка.



1 – рычажок прерывателя; 2 – текстолитовая подушка рычажка прерывателя; 3 – винт крепления контактной стойки; 4 – кулачок прерывателя; 5 – вывод провода низкого напряжения; 6 – гайка крепления хвостовика распределителя; 7 – корпус распределителя; 8 – контактная стойка; 9 – паз для регулировки зазора между контактами; 10 – подвижная пластина прерывателя; 11 – вакуумный регулятор

Рисунок 5 – Конструкция прерывателя зажигания

Под опережением зажигания подразумевается воспламенение рабочей смеси до момента достижения поршнем ВМТ. Угол опережения зажигания (УОЗ) – это угол, отсчитываемый по коленчатому валу между положением поршня в ВМТ и его положением в момент зажигания.

Поскольку время горения рабочей смеси практически неизменно, то с увеличением частоты вращения поршень за время сгорания смеси успевает отойти от ВМТ на большую величину, следовательно, смесь будет сгорать в большем объёме, давление газов на поршень уменьшится, и двигатель не будет развивать полной мощности.

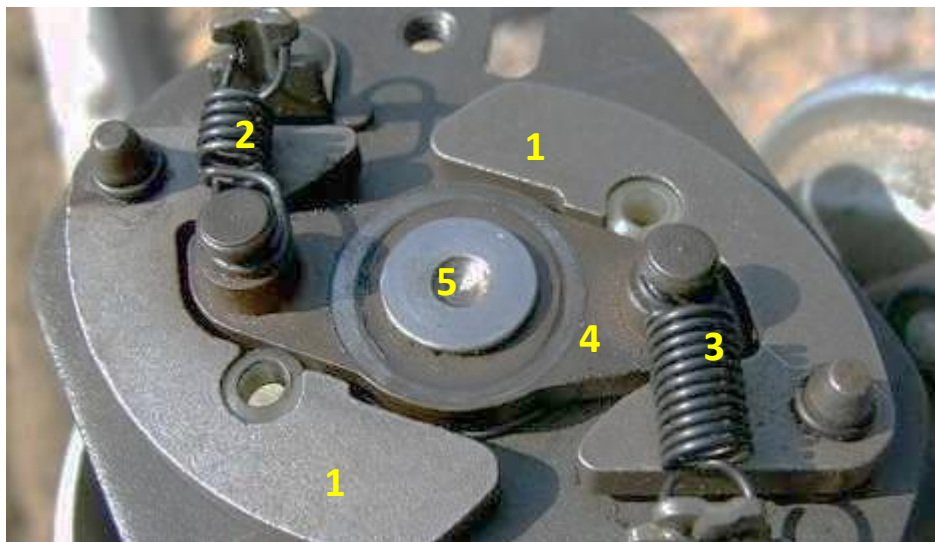
Поэтому с увеличением частоты вращения рабочую смесь нужно воспламенять раньше, то есть увеличивать опережение зажигания. На одной и той же частоте вращения положение дроссельной заслонки может быть различным, что означает, что в цилиндрах будет образовываться смесь различного состава, от которой зависит скорость её горения.

При полностью открытой дроссельной заслонке смесь сгорает быстрее и поджигать её нужно позже – соответственно при увеличении нагрузки на двигатель опережение зажигания нужно уменьшать. И наоборот, когда заслонка приоткрыта, скорость сгорания смеси падает поэтому опережение зажигания нужно увеличивать.

Центробежный регулятор угла опережения зажигания (см. рисунок б) состоит из пластины, жестко связанной с кулачком и двух грузиков, связанных между собой парой пружин и выступами входящих в прорези пластины. При вращении валика распределителя грузики под действием центробежной силы расходятся, преодолевая сопротивление пружин и поворачивают пластину. Пластина связана с кулачком или ротором и ее поворот увеличивает УОЗ.

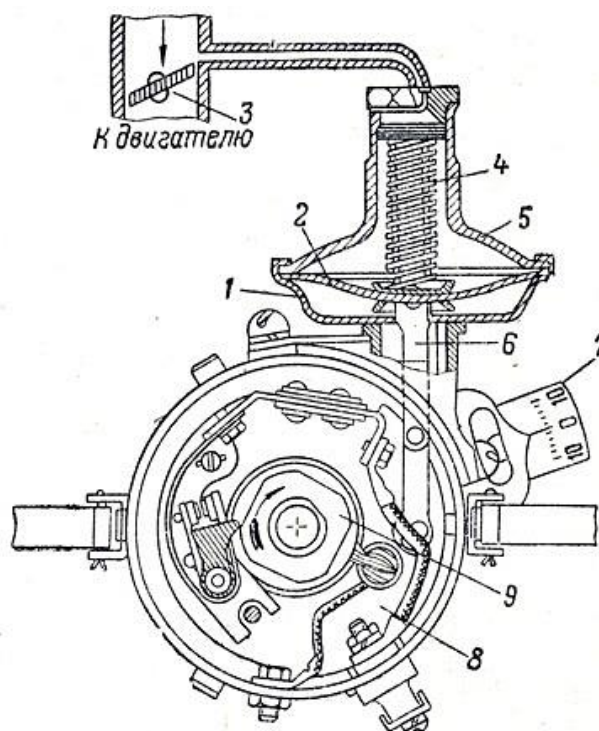
Величина угла зависит от частоты вращения и жесткости пружин. Обычно пружины не одинаковые, а различаются длиной, числом витков и диаметром проволоки. Пружина, имеющая меньшую жесткость установлена с небольшим натяжением и не дает грузикам поворачиваться при небольших

частотах вращения. С увеличением частоты грузики преодолевают сопротивление этой пружины и в действие вступает вторая, установленная на осях свободно.



1 – грузики регулятора, 2 – пружина большой жесткости, 3 – пружина малой жесткости, 4 – пластина кулачка, 5 – кулачок прерывателя

Рисунок 6 – Центробежный регулятор угла опережения зажигания



1 – корпус регулятора; 2 – диафрагма; 3 – смесительная камера карбюратора; 4 – пружина; 5 – крышка; 6 – тяга; 7 – октан-корректор; 8 – подвижной диск прерывателя; 9 – кулачок

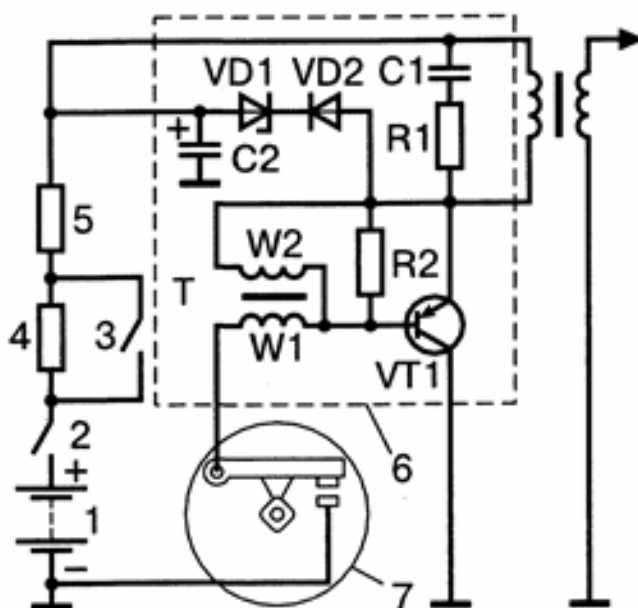
Рисунок 7 – Вакуумный регулятор угла опережения зажигания

В вакуумном регуляторе угла опережения зажигания к диафрагме прикреплена тяга, соединенная с подвижной пластиной, которая связана с подвижным контактом или статором. При снижении нагрузки на двигатель дроссельная заслонка прикрывается и разрежение увеличивается. Диафрагма, преодолевая усилие пружины, перемещается и тягой поворачивает подвижную пластину, уменьшая угол опережения зажигания.

Октан-корректор служит для установочной регулировки момента зажигания. Даёт возможность поворачивать корпус распределителя, а вместе с ним и подвижную пластину, тем самым изменяя угол опережения зажигания.

### Контактно-транзисторная система зажигания.

На рисунке 8 представлена принципиальная схема контактно-транзисторной системы зажигания.



1 – аккумуляторная батарея; 2, 3 – контакты выключателя зажигания;  
4, 5 – добавочные резисторы; 6 – коммутатор; 7 – прерыватель

Рисунок 8 – Схема контактно-транзисторной системы зажигания

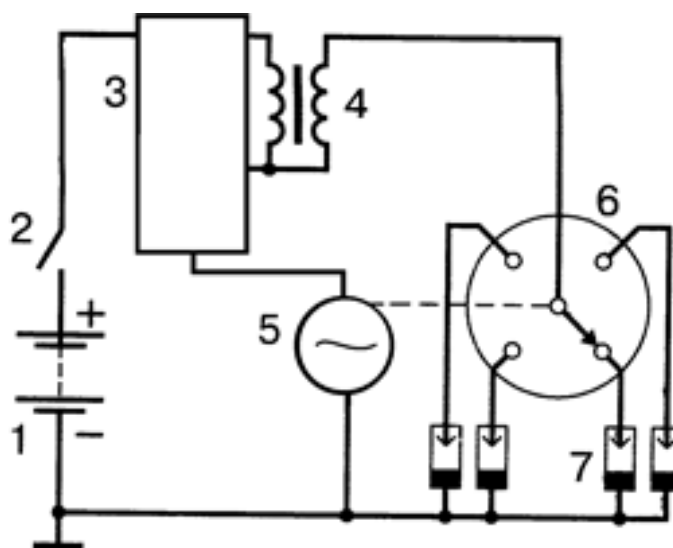
При замыкании контактов прерывателя через них начинает протекать базовый ток транзистора, который открывается и подключает первичную обмотку катушки зажигания к АКБ.

При размыкании контактов транзистор закрывается, ток в первичной обмотке резко прерывается и на свечах возникает искра.

Преимущества – большая надёжность, коммутирует малые токи, не нужен конденсатор.

### **Бесконтактная система зажигания.**

Отличием бесконтактной системы (см. рисунок 9) является специальный датчик, конструктивно объединённый с механическим распределителем и приводимый во вращение от распределительного вала.



1 – аккумуляторная батарея; 2 – выключатель зажигания; 3 – транзисторный коммутатор; 4 – катушка зажигания; 5 – бесконтактный датчик; 6 – распределитель; 7 – свечи зажигания

Рисунок 9 – Схема бесконтактной системы зажигания

Сигнал, вырабатываемый датчиком (прямо пропорциональный частоте вращения), поступает на коммутатор, который в свою очередь управляет катушкой зажигания. Отсутствие контактов увеличивает надёжность БСЗ, однако управление УОЗ и распределением искры по цилиндрам ещё механическое.

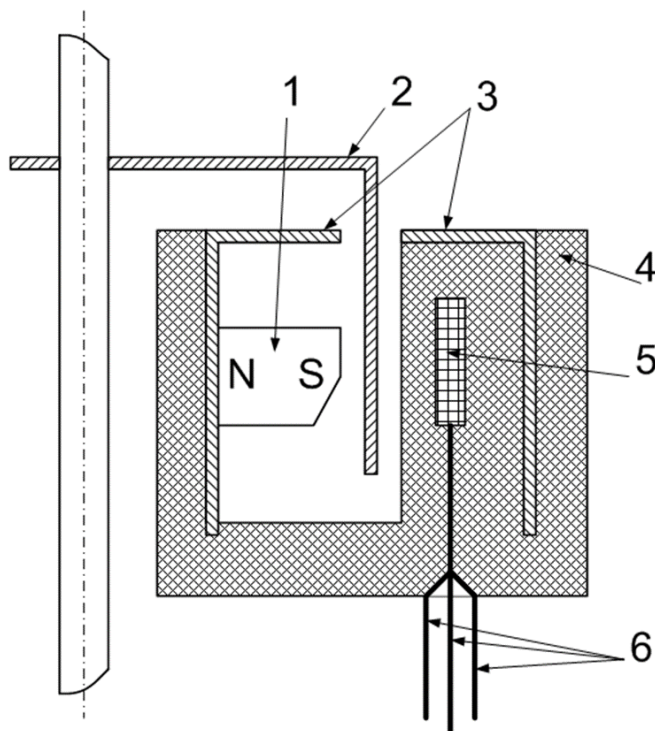
Наиболее распространенным датчиком бесконтактной системы зажигания является датчик Холла (см. рисунок 10).



При вращении экрана 2 его сегменты и прорези по очереди проходят между магнитом 1 и датчиком Холла 5.

Когда между датчиком и магнитом находится сегмент, магнитное поле перекрывается и напряжение на выходе датчика минимальное.

При прохождении прорези – напряжение максимальное.

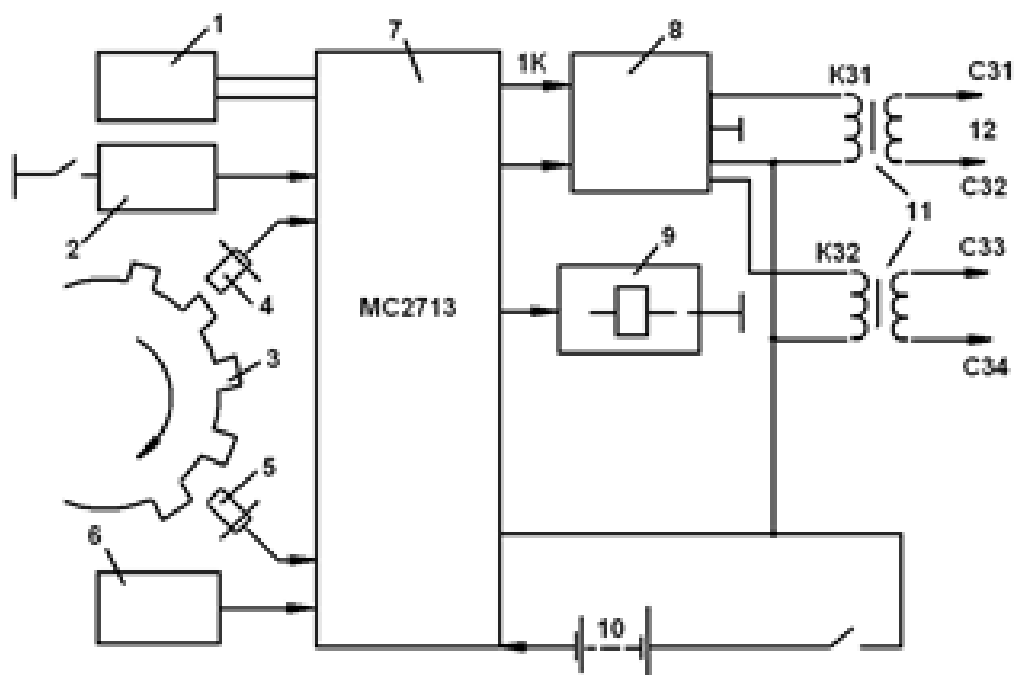


1 – постоянный магнит, 2 – подвижный экран с прорезями, 3 – магнитопровод, 4 – корпус датчика, 5 – микросхема датчика, 6 – электрические выводы

Рисунок 10 – Устройство датчика Холла

### **Микропроцессорная система зажигания.**

Основной частью микропроцессорной системы зажигания (см. рисунок 11) является микропроцессор (контроллер ЭБУ), который использует информацию датчиков и занесённые в ПЗУ данные таблиц УОЗ, вычисляет оптимальный УОЗ для каждого цикла работы двигателя и формирует соответствующий данному углу сигнал для электронного коммутатора.



1 – впускной трубопровод двигателя; 2 – датчик положения дроссельной заслонки; 3 – маховик двигателя; 4 – датчик начала отсчёта (ДНО); 5 – датчик угловых импульсов (ДУИ); 6 – датчик температуры ОЖ; 7 – контроллер; 8 – двухканальный коммутатор; 9 – электромагнитный клапан экономайзера принудительного холостого хода; 10 – аккумуляторная батарея; 11 – двухвыводные катушки зажигания; 12 – свечи зажигания

Рисунок 11 – Микропроцессорная система зажигания

Значения УОЗ в таблицах ПЗУ оптимизированы по какому-либо показателю качества (максимальные мощность и экономичность, минимальная токсичность и т.д.).

Для реализации оптимального закона управления УОЗ на входы контроллера поступают данные о скоростном, нагрузочном режимах и тепловом состоянии двигателя. Информация о скоростном режиме ДВС снимается с индуктивных датчиков ДНО и ДУИ. ДНО синхронизирует работу контроллера с работой двигателя, формируя в определенной фазе работы двигателя одиночный импульс. ДУИ со схемой преобразования сигналов вырабатывает импульсную последовательность, которая используется микропроцессором для вычисления частоты вращения и угла

поворота коленчатого вала. По информации датчика температуры охлаждающей жидкости контроллер корректирует характеристики управления УОЗ. По сигналам от концевого выключателя о положении дроссельной заслонки контроллер управляет электромагнитным клапаном ЭПХХ, включая и выключая его.

На основании собранной информации контроллер подаёт на коммутатор сигнал разделения каналов, обеспечивая с помощью катушек искрообразование в свечах зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

## **4.2 Конструктивные исполнения катушек зажигания**

Устройство и параметры катушки зажигания зависят от типа системы зажигания, в которой данная катушка работает. Рассмотрим особенности катушек различных систем зажигания.

### **Маслонаполненная катушка зажигания**

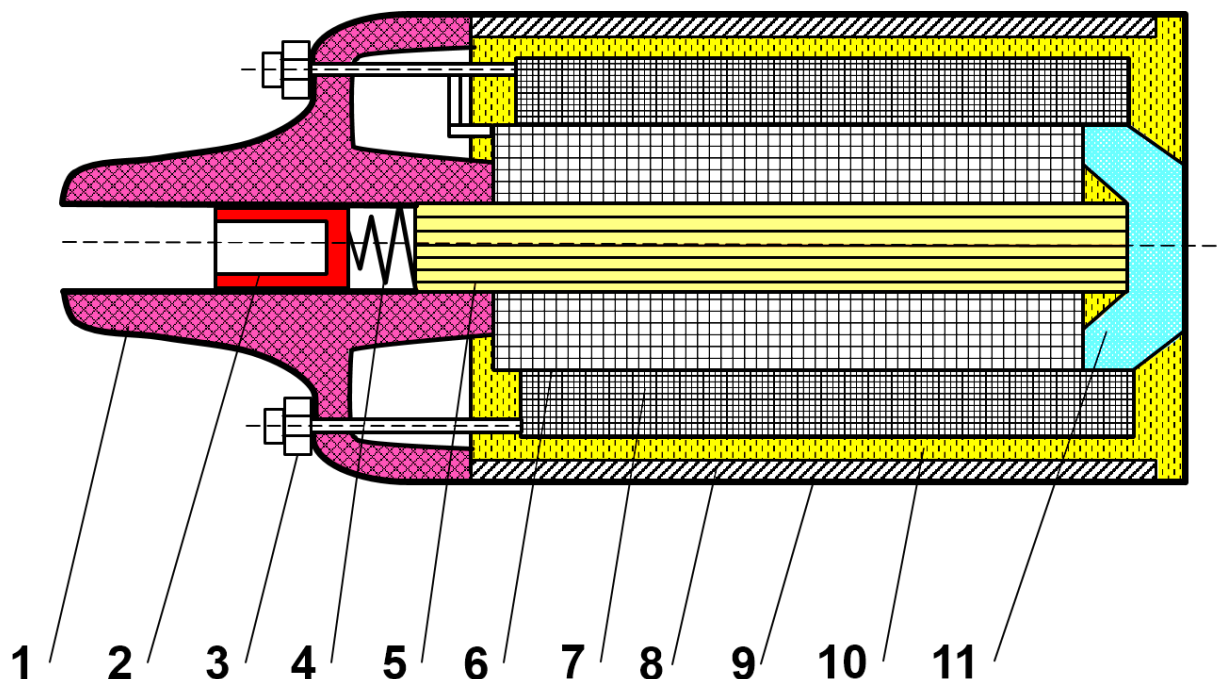
В контактных, контактно-транзисторных и бесконтактных системах зажигания используются маслонаполненные катушки зажигания, обеспечивающие искрообразование во всех цилиндрах двигателя внутреннего сгорания.

Сердечник катушки набран из пластин электротехнической стали толщиной 0,35 - 0,5 мм, изолированных друг от друга окалиной или лаком. На сердечник надета изолирующая трубка, поверх которой намотана вторичная обмотка (16 - 40 тыс. витков диаметром  $d=0,06 - 0,09$  мм).

Каждый слой вторичной обмотки изолирован кабельной бумагой, а высоковольтные слои намотаны с зазором в 2 - 3 мм, чтобы уменьшить опасность межвиткового пробоя. Первичная обмотка (260 - 330 витков диаметром  $d=0,5 - 0,9$  мм) намотана на вторичную.

Начало вторичной обмотки через контактную пружину подведено к высоковольтной клемме. Остальные выводы обмоток подведены к низковольтным клеммам.

Корпус катушки штампуется из листовой стали или вытягивается из алюминия. Внутри корпуса по его стенке уложен наружный по отношению к обмоткам магнитопровод, выполненный в виде свертка широкой ленты из отожженной электротехнической стали.



1 – крышка, 2 – высоковольтный вывод, 3 – низковольтный вывод, 4 – контактная пружина, 5 – внутренний магнитопровод, 6 – вторичная обмотка, 7 – первичная обмотка, 8 – наружный магнитопровод, 9 – корпус катушки, 10 – трансформаторное масло, 11 – керамический изолятор

Рисунок 12 – Конструкция маслонаполненной катушки зажигания

Чтобы сердцевина была жестко зафиксирована в корпусе, но не имела с ним электрического контакта, снизу установлена керамическая изолирующая опора, а сверху корпус завальцован пластмассовой изоляционной крышкой. Первичная обмотка как низкопотенциальная, но более нагревающаяся под действием первичного тока, намотана поверх вторичной и, таким образом, находится ближе к защитному кожуху (корпусу катушки). Так как пустоты

между корпусом и обмотками внутри катушки заполнены трансформаторным маслом (или другим теплопроводящим наполнителем), то такая конструкция обладает не только достаточно высокой электрической и механической прочностью, но и хорошим теплообменом с «массой» автомобиля через защитный кожух.

Реализованные таким способом внутренняя электрическая изоляция и естественное охлаждение катушки повышают срок ее службы и эксплуатационную надежность.

Катушка зажигания крепится к кузову автомобиля с помощью скобы. Надежное крепление способствует лучшему охлаждению катушки.

Некоторые катушки зажигания работают с добавочным резистором, который обычно устанавливают под крепежную скобу в керамическом изоляторе.

Конструктивная особенность катушек зажигания, применяемых в бесконтактных системах зажигания, это наличие специального защитного клапана в высоковольтной крышке или в линии завальцовки крышки с корпусом. Этот клапан открывается в случае увеличения давления масла, что имеет место при повышении его температуры.

Срабатывание клапана – это аварийная ситуация, возникающая тогда, когда выходит из строя система управления временем накопления энергии в электронном коммутаторе. При этом длительность протекания первичного тока увеличивается, катушка сильно нагревается и давление масла внутри ее корпуса повышается. Срабатывание защитного клапана предотвращает взрыв катушки. Но после этого катушка восстановлению не подлежит.

### **Двухвыводные катушки зажигания**

В современных микропроцессорных системах зажигания с накоплением энергии в индуктивности распределение высоковольтных импульсов по свечам в цилиндрах двигателя осуществляется без высоковольтного распределителя и чаще всего с применением двухвыводных катушек зажигания. Такой способ называют статическим распределением.

Система зажигания с двухвыводными катушками пригодна для работы на четырехтактном двигателе с любым четным числом цилиндров (2, 4, 6, 8.).

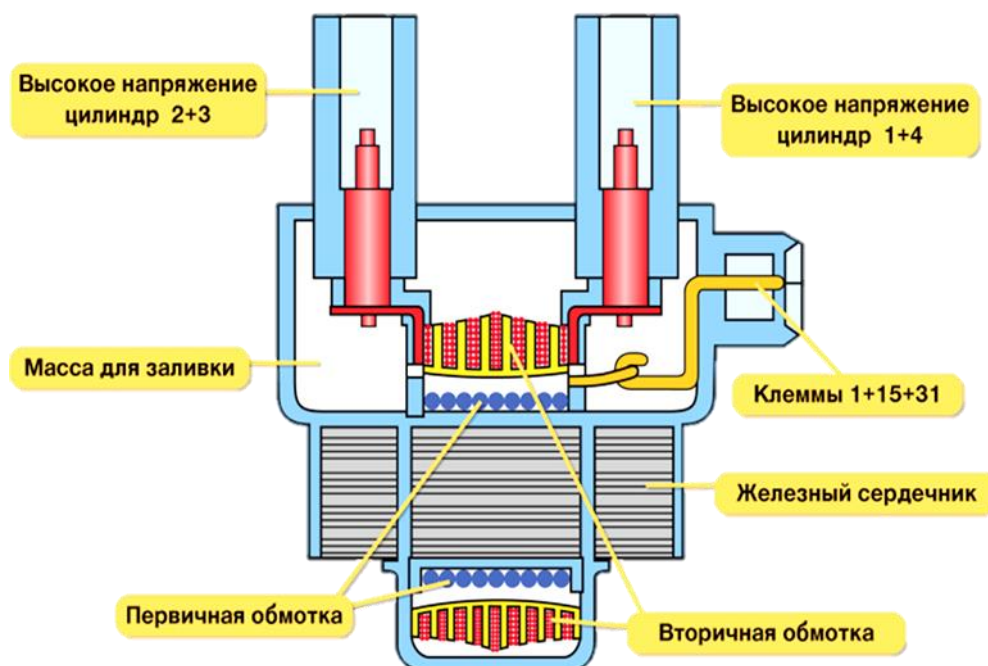


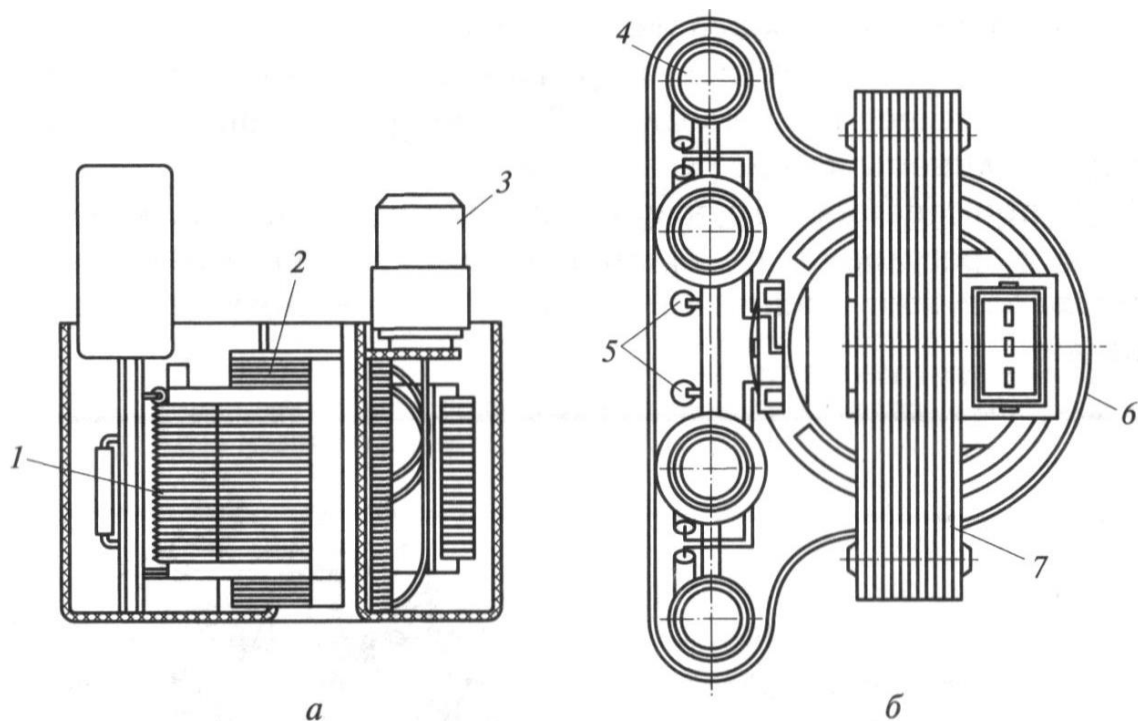
Рисунок 13 – Двухвыводная катушка зажигания

Чтобы чередование воспламенений топливовоздушной смеси в цилиндрах соответствовало порядку работы двигателя (1243 или 1342), первая свеча сгруппирована с четвертой, а вторая – с третьей. При таком соединении свечей «рабочие» искры возникают в цилиндрах в конце такта сжатия, а «холостые» искры – в конце такта выпуска. Ясно, что рабочие искры воспламеняют топливовоздушную смесь, а холостые разряжаются в среде отработавших газов.

Двухвыводная катушка зажигания имеет разомкнутый магнитопровод и двухсекционную вторичную обмотку. Вторичная обмотка расположена сверху первичной, что обеспечивает надежную изоляцию выводов высокого напряжения. Охлаждение первичной обмотки – через центральный стержень магнитопровода, который выступает наружу и имеет крепежное отверстие. Обмотки катушки пропитаны компаундом и опрессованы полипропиленом, из пропилена выполнены также корпус, гнезда высоковольтных и низковольтных выводов.

## Четырехвыводные катушки зажигания

У четырехвыводных катушек с общим магнитопроводом (см. рисунок 14) и имеющих первичную обмотку, разделенную на две части, работающие попеременно, вставляются высоковольтные разделительные диоды.



а – разрез; б – вид сверху; 1 – вторичная секционная обмотка; 2 – первичная обмотка; 3 – низковольтный разъем; 4 – высоковольтный вывод; 5 – высоковольтные диоды; 6 – корпус катушки; 7 – общий магнитопровод

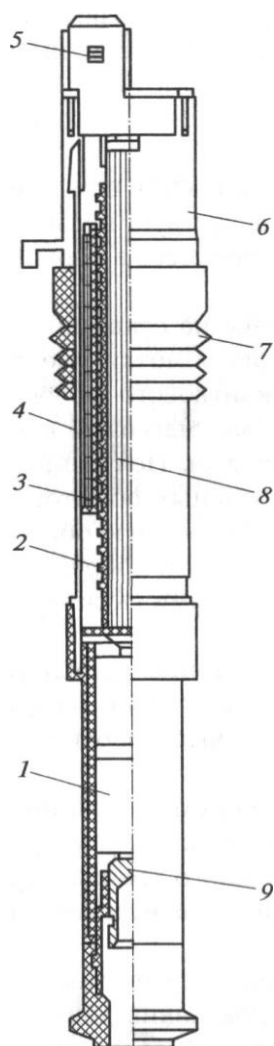
Рисунок 14 – Конструкция четырехвыводной катушки зажигания

Выпускаемая четырехвыводная катушка (модуль зажигания типа 42.3705) состоит из двух двухвыводных катушек и встроенного двухканального транзисторного коммутатора. В модуле зажигания высоковольтные диоды могут не применяться.

Следует отметить, что в микропроцессорной системе зажигания со статическим распределением высокого напряжения по свечам зажигания от индивидуальных катушек встроенные высоковольтные диоды выполняют блокирующую роль от высокого напряжения, возникающего при включении выходного транзистора.

## Индивидуальные катушки зажигания

Индивидуальные катушки зажигания с разомкнутым магнитопроводом и свечным наконечником, монтируемым на свечу (см. рисунок 15), применяются в микропроцессорных системах управления двигателем. Появление таких конструкций катушек зажигания связано с тем, что в подкапотном пространстве автомобиля не остается практически места для катушки зажигания и высоковольтного распределителя из-за размещения на двигателе большого количества датчиков и исполнительных механизмов различных систем автоматического управления.



1 – диагностический конденсатор; 2 – каркас и вторичная обмотка; 3 – каркас и первичная обмотка; 4 – наружный магнитопровод; 5 – низковольтный вывод; 6 – корпус катушки зажигания; 7 – резиновое уплотнение; 8 – сердечник магнитопровода; 9 – высоковольтный вывод

Рисунок 14 – Конструкция стержневой катушки зажигания



В индивидуальные катушки зажигания, которые получили название «стержневых катушек зажигания», встраивают радиоэлементы (диод, конденсатор). В зарубежных стержневых катушках зажигания встраивают гибридный транзисторный коммутатор, что позволяет сократить размеры микропроцессорного блока управления.

### 4.3 Конструкция свечей зажигания

Большее количество клапанов увеличенного диаметра и более разветвленная система трубопроводов охлаждающей жидкости становятся типичными конструктивными особенностями современных двигателей.

Конструкция свечей зажигания должна соответствовать этим новым шагам в развитии двигателей. Достичь этого можно за счет уменьшения диаметра резьбы с одновременным увеличением ее длины (см. рисунок 16).

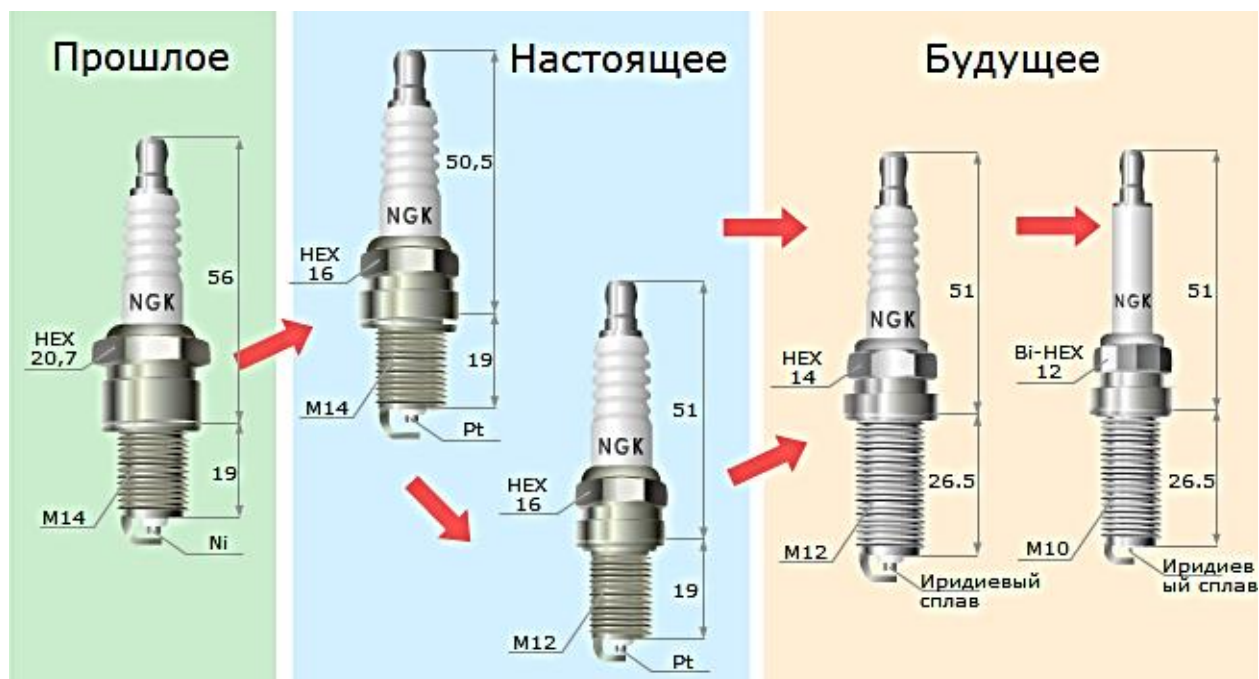
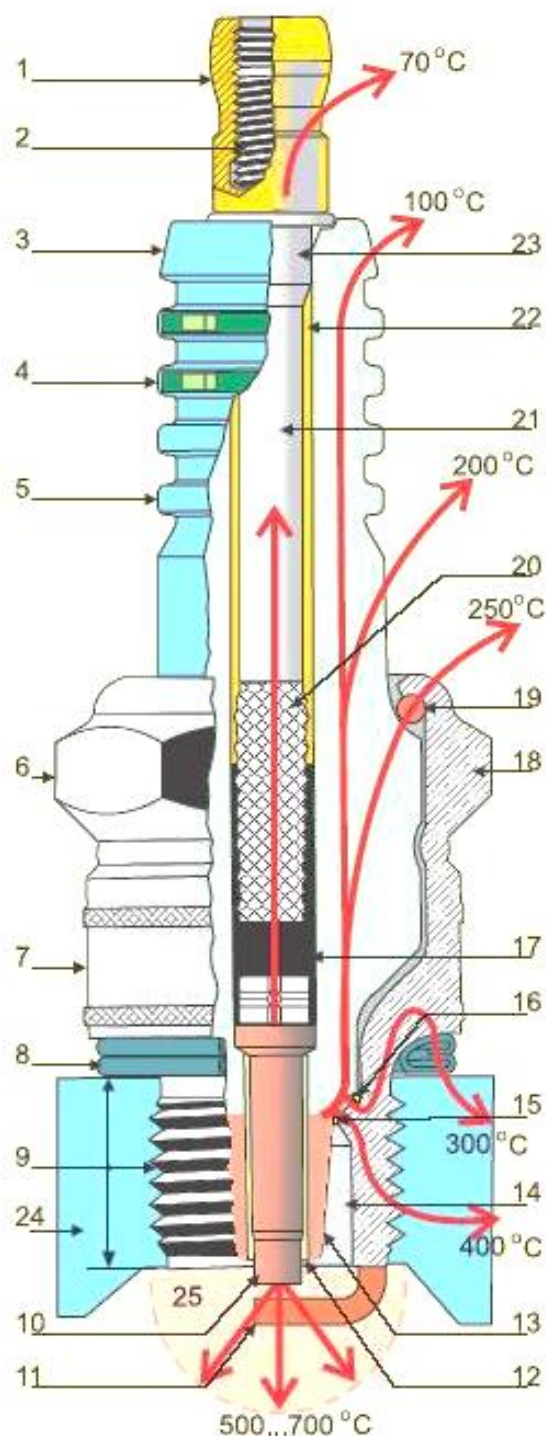


Рисунок 16 – Изменение геометрических размеров свечей зажигания

На рисунке 17 представлена наиболее распространенная конструкция автомобильной свечи зажигания, основными частями которой являются: корпус 7, изолятор 3 и электроды 10, 11.



- 1 – контактный колпачок;
- 2 – резьба под колпачок;
- 3 – керамический изолятор центрального электрода;
- 4 – фирменная метка;
- 5 – ребро изолятора;
- 6 – гайка под свечной ключ;
- 7 – корпус свечи;
- 8 – уплотнительное кольцо;
- 9 – резьба на корпусе и ее длина;
- 10 – центральный электрод;
- 11 – боковой (массовый) электрод;
- 12 – воздушный зазор между центральным электродом и керамическим изолятором;
- 13 – тепловой конус керамического изолятора;
- 14 – полость для заполнения горючей смесью;
- 15, 16 – теплоотводящие и фиксирующее кольца;
- 17 – стеклогерметик;
- 18 – тело корпуса;
- 19 – центрирующее теплопроводное кольцо;
- 20 – ребристая часть центрального электрода (фиксатор);
- 21 – токопроводящая или резистивная часть контактной головки;
- 22 – воздушный зазор;
- 23 – контактная головка;
- 24 – головка блока цилиндров;
- 25 – зона первоначального воспламенения

Рисунок 17 – Устройство искровой свечи зажигания

Корпус свечи изготовлен из нержавеющей стали и имеет внешнюю резьбовую часть 9 и шестигранную (двенадцатигранную) головку 6 под свечной ключ. Опорная поверхность корпуса может быть плоской или конусной. В первом случае между головкой блока цилиндров и свечой устанавливается уплотнительное кольцо 8, которое может быть, как

съемным, так и несъемным. Использование свечей зажигания с конусной опорной поверхностью дает возможность получить надежную герметизацию при меньшем усилии затяжки свечи и позволяет отказаться от уплотнительного кольца.

Внутри корпуса располагается изолятор 3 – важнейший элемент свечи. Материал изолятора свечи должен обладать высокой механической и электрической прочностью, высокой коррозионной стойкостью, большим объемным и поверхностным сопротивлением, быть термостойким, не поглощать воду и иметь высокую удельную теплопроводность. Во многом от свойств материала изолятора зависят качество и характеристики свечи зажигания. В настоящее время изоляторы искровых свечей изготавливаются в основном из корундовой керамики с содержанием около 95% оксида алюминия  $Al_2O_3$ . В состав керамики также входят минеральные добавки в виде оксидов кремния, кальция, магния, кобальта и ниобия, которые улучшают основные характеристики изолятора и придают керамике голубой цвет.

Герметичность между изолятором и корпусом свечи осуществляется кольцевыми уплотнителями 15, 16, 19.

Уплотнительные кольца 15 и 16 улучшают отвод тепла от изолятора через корпус к головке блока цилиндров. Нижняя часть изолятора 3 является тепловым конусом 13 (иногда называется юбочкой теплового конуса). В некоторых типах свечей тепловой конус изолятора выступает за торец корпуса, что обеспечивает хороший доступ топливовоздушной смеси в искровой промежуток между электродами 10, 11 и лучшее охлаждение нижней части изолятора во время всасывания холодной смеси. Внутри верхней части изолятора расположена контактная головка 23, а в нижней части – центральный электрод. Герметизация центрального электрода, и контактной головки в изоляторе осуществляется теплопроводящим стеклогерметиком 17.

Искровой разряд между электродами свечи зажигания является источником радиопомех. Для подавления этих помех между центральным электродом и контактной головкой может быть установлен помехоподавительный резистор, выполненный в виде угольного стержня или специального резистивного герметика. Такие свечи устанавливаются на двигатель с проводами высокого напряжения без помехоподавительных средств. Кроме того, встроенный помехоподавительный резистор способствует уменьшению эрозии электродов.

Материал электродов должен обладать высокой коррозионной и эрозионной стойкостью, жаропрочностью, хорошо проводить тепло. Удовлетворительными свойствами обладают сплавы с большим содержанием никеля и хрома. Кроме того, никель при высоких температурах способствует ионизации искрового промежутка, что несколько снижает пробивное напряжение между электродами свечи.

Для большинства свечей зажигания в качестве материала центрального электрода применяются нихром Х20Н80.

Для современных форсированных двигателей применяются свечи, центральный электрод которых выполнен из меди и покрыт никельхромовой оболочкой (см. рисунок 18). Медный сердечник обеспечивает лучший теплоотвод при больших нагрузках двигателя, а жаропрочная оболочка повышает износостойкость электрода. Такие свечи получили название *термоэластик*.

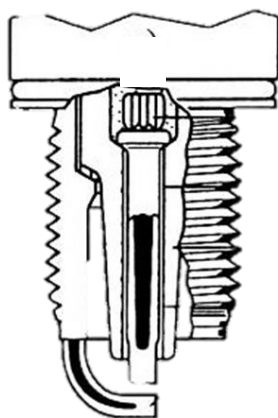


Рисунок 18 – Конструкция свечей зажигания с медным сердечником

Для особо форсированных двигателей спортивных автомобилей свечи зажигания изготавливаются с серебряным центральным электродом. Среди металлов серебро обладает самой высокой теплопроводностью, это дает возможность изготовить центральный электрод более тонким, что облегчает доступ горючей смеси к искровому промежутку и тем самым снижается вероятность пропусков воспламенения. Однако свечи с серебряным электродом имеют меньший срок службы.

Высокими эксплуатационными свойствами обладают свечи зажигания с платиновым электродом, который спекается непосредственно с керамическим изолятором. Благодаря высокой коррозионной и эрозионной стойкости платины центральный электрод делается очень тонким, что обеспечивает хороший доступ горючей смеси в искровой промежуток и гарантирует ее надежное воспламенение. Малые размеры центрального электрода из платины в сочетании с заостренной формой бокового электрода, а также каталитическое действие платины, способствуют понижению пробивного напряжения между электродами. Для свечей с платиновым центральным электродом характерны надежное искрообразование в течение всего срока службы и хорошие пусковые свойства. Однако высокая надежность и долговечность таких свечей сочетается с повышением их стоимости (в 4 - 5 раз по сравнению с обычными свечами).

Иридиевый электрод свечи зажигания имеет большую износостойкость, чем платиновое покрытие, что позволяет также уменьшить диаметр центрального электрода до 0,7 мм и даже до 0,4 мм. При этом электрическая проводимость у данного электрода очень высокая что позволяет поджигать смесь при низком бортовом напряжении (на 20% ниже чем нормальное), также позволяет зажигать обедненные топливно-воздушные смеси. Кроме того, данные свечи зажигания обладают большим эксплуатационным ресурсом.



Обычный



Утопленный  
в изолятор



Тонкий из  
благородных  
металлов



Форма звезды



с V-образной  
канавкой

Рисунок 19 – Форма центральных электродов свечей зажигания

Массовый электрод 11 (см. рисунок 17) приваривается контактной микросваркой к ободку корпуса свечи. Как у отечественных, так и зарубежных свечей, массовый электрод изготавливается из никель-марганцевого сплава. Этот сплав надежно сваривается с корпусной сталью свечи.

Эксплуатационные характеристики свечи зажигания улучшаются, если массовый электрод имеет медную вставку по типу центрального электрода.

Для надежного искрообразования в течение всего срока службы и для обеспечения долговечности в свечах устанавливают несколько боковых электродов. Существенное влияние на эксплуатационные параметры свечи и теплопроводность электродов, доступность горючей смеси в искровой промежуток, на износостойкость электродов, пробивное напряжение оказывает форма массовых (боковых) электродов (см. рисунок 20).





Рисунок 19 – Форма массовых электродов свечей зажигания

Наибольшее распространение получил одиночный торцовый массовый электрод, однако есть свечи, в которых применяются массовые электроды различной формы.

От формы электродов зависит вид искрового промежутка и, как следствие, траектория искрового разряда (см. рисунок 21). Форма поперечного сечения электродов может быть различной (круглой, прямоугольной, треугольной и др.). На поверхности массовых электродов могут быть нанесены канавки или они могут иметь осевые отверстия, что способствует самоочищению электродов.



Рисунок 21 – Форма искрового промежутка

Между электродами искровой свечи зажигания устанавливается определенный для данного типа двигателя зазор. Для двигателя современного легкового автомобиля с электронной системой зажигания величина зазора воздушного промежутка между электродами находится в пределах от 0,7 до 1,2 мм.

Для двигателей прежних конструкций с классической системой зажигания от 0,5 до 0,8 мм. При неправильно установленной величине зазора ухудшаются показатели работы автомобильного двигателя, в частности, увеличивается расход топлива и ухудшается экология выхлопных газов. Для современных двигателей, работающих на бедных смесях, требуется увеличенный зазор между электродами свечи.

Но с увеличением зазора возрастает пробивное напряжение искрового промежутка, поэтому современная система зажигания имеет более высокий запас по вторичному напряжению, чем исключается вероятность пропусков искрообразования. Если воздушный промежуток между электродами слишком мал, то увеличивается вероятность его «зарастания» нагаром и становятся возможными пропуски зажигания. Это крайне отрицательно сказывается на экономичности двигателя. Так, при одной неработающей свече зажигания в шестицилиндровом двигателе расход топлива увеличивается на 25%.

В тех случаях, когда пропуски зажигания недопустимы (например, на вертолетных ДВС, или на двигателях спортивных автомобилей), в каждый цилиндр устанавливают по две свечи зажигания.

#### **4.4 Условия работы свечей зажигания**

Электроискровая свеча зажигания на автомобильном двигателе работает в крайне тяжелых условиях, так как подвергается комплексному циклическому воздействию механических, термических и электрических нагрузок, изменяющихся в широких пределах. Кроме того, детали свечи



зажигания подвергаются химическим воздействиям со стороны топливоздушнoй смеси, а также со стороны продуктов сгорания топлива и моторного масла.

Во время работы двигателя в тепловом отношении свеча подвергается воздействию колебаний температуры газовой среды в камере сгорания от 60°С до 3000°С. В результате тепловой конус изолятора и электроды нагреваются до некоторой средней температуры.

При неполном сгорании топливоздушнoй смеси, а также из-за попадания моторного масла в камеру сгорания на поверхности теплового конуса изолятора образуется токопроводящий нагар, шунтирующий искровой промежуток свечи. Из-за шунтирующего действия нагара, сопротивление которого при работе двигателя может изменяться от 0,5 до 1,0 МОм (в холодном состоянии чистая свеча зажигания имеет сопротивление изолятора 500 - 10000 МОм), во вторичной цепи системы зажигания появляется ток утечки.

Ток утечки еще до пробоя искрового промежутка в свече вызывает падение напряжения во вторичной цепи. В результате напряжение, подводимое к электродам свечи, уменьшается и может оказаться равным или даже меньше пробивного напряжения искрового промежутка. Это приводит к пропускам искрообразования или искра между электродами вообще не возникает.

Утечка тока может иметь место и по наружной поверхности изолятора, если она загрязнена или покрыта влагой. Вредное влияние нагара, влаги и загрязнений может быть уменьшено внутри свечи путем увеличения пути для протекания тока утечки, что достигается удлинением теплового конуса, а снаружи – ребрением поверхности изолятора и ее укрытием под грязезащитный колпачок.

При нагреве теплового конуса изолятора до температуры 400 - 500°С нагар на его поверхности отслаивается. Эта температура называется температурой самоочистения свечи. Для быстрого нагрева теплового конуса

до температуры самоочищения он должен быть достаточно длинным. С другой стороны, при работе двигателя под полной нагрузкой температура теплового конуса и электродов не должна превышать 850 - 900°C.

Иначе может возникнуть самопроизвольное воспламенение топливоздушной смеси (калильное зажигание) от сильно разогретых частей свечи зажигания (причиной калильного зажигания часто является нагар не только на свечах, но и на других частях камеры сгорания). Калильное зажигание возникает во время сжатия еще до момента появления искры в свече и характеризуется резким ростом температуры и давления газов в камере сгорания. Процесс сгорания топливоздушной смеси становится неуправляемым, мощность двигателя падает, а его перегрев может привести к серьезным поломкам поршней, клапанов, коленчатого вала, разрушению изолятора свечей и выгоранию электродов. Таким образом, чтобы свеча не покрывалась нагаром и не вызывала калильного зажигания, температура ее теплового конуса должна быть в пределах 400 - 900°C. Температуру 400 - 900°C теплового конуса изолятора называют тепловым пределом работоспособности свечи, который для всех свечей практически одинаков.

Однако двигатели существенно различаются по мощности, по типу используемого бензина, по степени сжатия, а, следовательно, и по тепловой напряженности. Чем больше форсирован двигатель, тем большее количество тепла выделяется в камере сгорания, тем лучше должно отводиться тепло от свечи, чтобы она не перегревалась.

Основная часть тепла (80%) отводится через центральный электрод по тепловому конусу изолятора. Далее одна часть данного теплового потока проходит по теплоотводящей шайбе и резьбовой части корпуса, а другая – через опорную поверхность корпуса и прокладку. Таким образом, чтобы выдержать тепловой предел работоспособности свечи, размеры её конструктивных элементов и их формы (главным образом теплового конуса изолятора) должны быть согласованы с тепловой напряженностью двигателя.

Отсюда следует, что для различных двигателей требуются свечи зажигания с различной тепловой характеристикой.

### Температура свечи зажигания

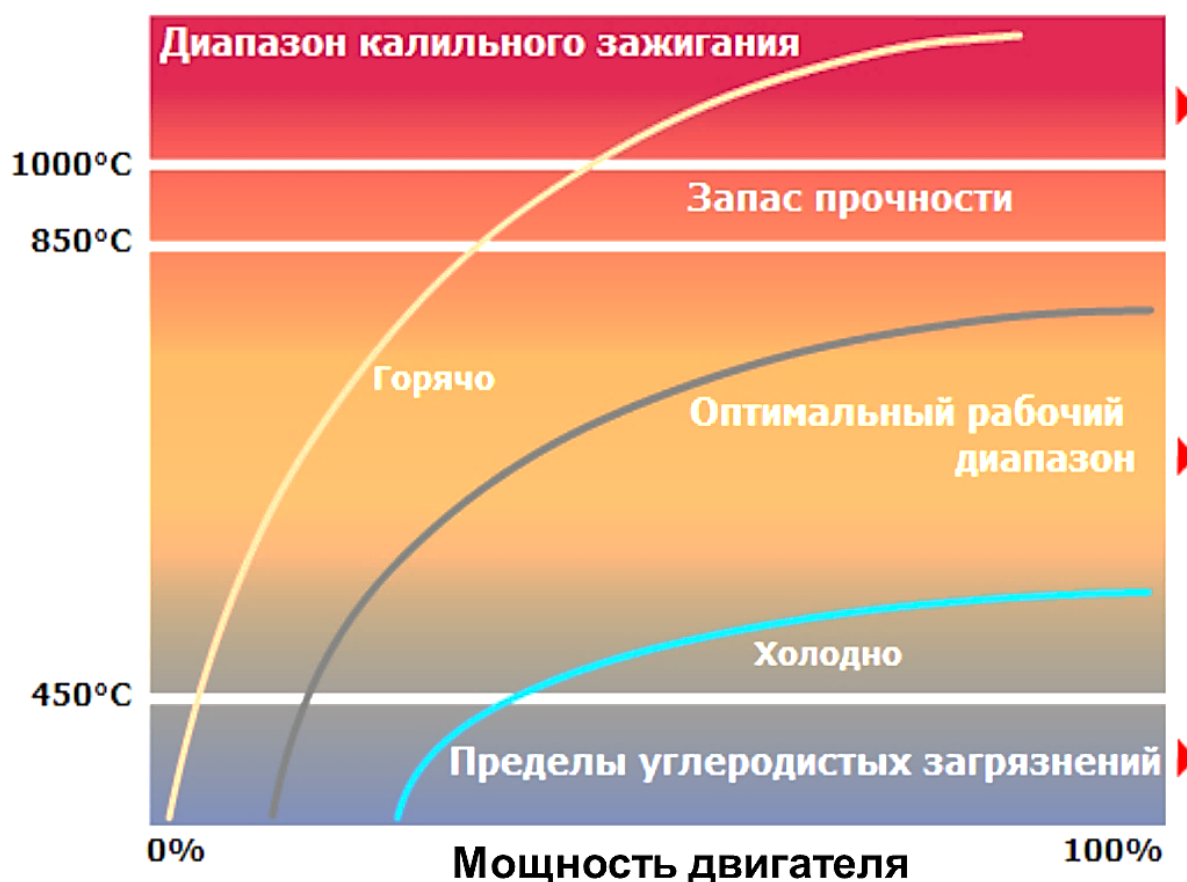


Рисунок 22 – Тепловая характеристика свечей зажигания

Для определения «тепловая характеристика свечи зажигания» однозначного терминологического соглашения пока не существует. Чаще всего тепловая характеристика свечи зажигания выражается калильным числом. Калильное число свечи зажигания представляет собой некоторое условное число, которое характеризует способность свечи работать в условиях специального эталонного двигателя без калильного зажигания.

Согласно российскому ГОСТу 2043-74 под калильным числом понимается условное число из ряда 8, 11, 14, 17, 22, 23, 26, которое пропорционально среднему индикаторному давлению, при котором во время испытания свечи зажигания на тарировочном одноцилиндровом двигателе в цилиндре двигателя начинает появляться калильное зажигание.

Ряд зарубежных фирм под калильным числом принимает величину, пропорциональную времени, по истечении которого свеча, установленная на специальный испытательный двигатель, работающий при определенном режиме, начинает давать калильное зажигание. В некоторых случаях для оценки свечей различных типов используется показатель – относительное калильное число свечи зажигания. Этот показатель является произведением длины теплового конуса изолятора свечи (в мм) на ее калильное число.

Реже в качестве тепловой характеристики используется тепловое число, которое представляет собой отношение литровой мощности (в л.с.) двигателя к площади поверхности нижней части изолятора (см<sup>2</sup>), воспринимающей тепло. Такая характеристика является мерой тепловой напряженности свечи зажигания.

В общем случае, тепловая характеристика конкретной свечи зажигания зависит от теплопроводности ее центрального электрода и центрального изолятора; от площади и кривизны поверхности теплового конуса изолятора; от формы запальной полости, доступной для рабочей смеси и других факторов. Изменяют тепловую характеристику свечей, в основном, изменением длины теплового конуса изолятора и площадью его соприкосновения с корпусом свечи (см. рисунок 23).

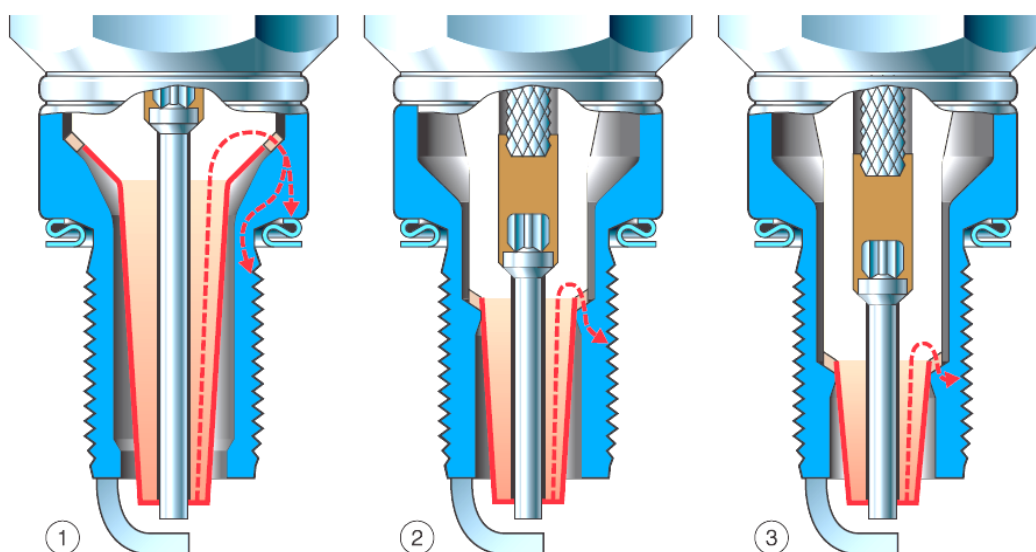


Рисунок 23 – Изменение длины теплового конуса холодных и горячих свечей зажигания

Свеча, предназначенная для низкооборотистого двигателя с умеренным тепловым режимом, имеет длинный тепловой конус (см. рисунок 23а). Изолятор такой свечи получает во время работы двигателя большое количество тепла и нагревается до температуры 600 - 700°С. Такая свеча называется «горячей».

Свеча для быстроходного двигателя с высокой степенью сжатия и напряженным тепловым режимом имеет короткий тепловой конус (см. рисунок 23в), утопленный в корпусе и близко к нему прилегающий. Благодаря этому доступ горючей смеси к запальной полости несколько затруднен, но путь отвода тепла при этом значительно укорочен. Как следствие, изолятор получает меньшее количество тепла и лучше охлаждается (средняя температура нагревания изолятора не превышает 500 - 600°С). Такую свечу называют «холодной» и она работает без калильного зажигания при напряженном тепловом режиме двигателя. Однако в холодной свече зажигания короткий тепловой конус изолятора становится более восприимчивым к шунтирующему действию нагара.

Современные двигатели легковых автомобилей характеризуются высокими значениями литровой мощности, что требует расширения теплового предела диапазона работоспособности свечей зажигания.

В зависимости от принятого способа определения тепловой характеристики для свечей зажигания установлены ряды калильных чисел. Эти ряды составляются фирмами-изготовителями и отличаются друг от друга по информационной значимости условных единиц. Калильное число обязательно указывается в маркировке любой свечи зажигания.

Маркировка свечей зажигания должна включать:

- товарный знак;
- страну изготовления;
- дату изготовления;
- обозначение типа свечи зажигания.

Обозначение типа свечи разных производителей не стандартизировано, однако включает, в большинстве случаев следующую информацию:

- диаметр и длину резьбы;
- размер «под ключ»;
- тип опорной поверхности;
- калильное число;
- форму и количество электродов;
- материал электродов;
- наличие помехоподавительного резистора.

#### **4.5 Эксплуатация и техническое обслуживание свечей зажигания**

В течение первых 2000 - 3000 км пробега пробивное напряжение новой свечи зажигания повышается на 15 - 20% за счет округления кромок электродов. При дальнейшей работе под действием горючих газов, высокой температуры и искрового разряда электроды выработываются (выгорают) и зазор в свече увеличивается в среднем на 0,015 мм на каждые 1000 км пробега автомобиля. В результате пробивное напряжение искрового промежутка постепенно возрастает и рано или поздно система зажигания начинает работать с перебоями.

В связи с этим через каждые 10 тыс. км пробега рекомендуется проводить регулировку искрового промежутка подгибкой бокового электрода, а через 30 - 40 тыс. км пробега — заменять свечи на новые. Использовать свечи с пробегом более 50 тыс. км не следует. Перед вывертыванием свечей необходимо удалить вокруг них грязь и обдуть посадочные места сжатым воздухом, чтобы предупредить засорение камеры сгорания через свечное отверстие в головке блока цилиндров.

Вывертывать и заворачивать свечу следует только при помощи свечного ключа со стандартным воротком длиной не более 20 см. Использовать вороток большей длины не рекомендуется, так как при затяжке или

отворачивании чрезмерно затянутой свечи ее можно сломать. В случае использования свечи с конусной опорной поверхностью корпуса можно повредить не только саму свечу, но и посадочное гнездо в головке блока цилиндров.

Для затяжки свечей лучше использовать динамометрический ключ, соблюдая рекомендуемый момент затяжки, который зависит от размера резьбы, вида опорной поверхности корпуса свечи и материала головки блока цилиндров.

Если во время установки резьба свечи смазывается графитовой смазкой, то момент затяжки следует уменьшить от рекомендуемых значений на 20 - 25%. Новые фирменные свечи в смазке резьбы не нуждаются.

При отсутствии динамометрического ключа поступают следующим образом. Завертывают свечу с чистой резьбой рукой до упора. Далее, используя штатный свечной ключ, продолжают ввертывать свечу до задержки вращения. После этого следует повернуть свечу. Для новых свечей с плоской опорной поверхностью корпуса и уплотнительным кольцом доворот составляет  $90^\circ$ . Если свеча с уплотнительным кольцом уже находилась в эксплуатации – доворот не более  $30^\circ$ . Свечу зажигания с конусной опорной поверхностью корпуса и без уплотнительного кольца «доворачивают» всего на  $15^\circ$ .

Более благоприятные условия воспламенения топливовоздушной смеси достигаются в камере сгорания двигателя, если ввернутая в головку блока цилиндров свеча располагается таким образом, чтобы боковые электроды не препятствовали доступу горючей смеси в искровой промежуток при открытии впускного клапана. Такое положение свечи можно обеспечить в пределах допустимого угла затяжки, предварительно сделав метки на корпусе свечи и на посадочном месте головки блока. Метки должны соответствовать оптимальному расположению свечи в камере сгорания относительно впускного клапана. Наиболее просто это выполнить для свечи с одним боковым электродом. Было замечено, что при таком расположении

свечи стенки камеры сгорания меньше покрываются нагаром, двигатель более устойчиво работает на холостом ходу, меньше потребляет топлива и его мощность несколько возрастает.

Величина воздушного зазора свечи с нечетным числом боковых электродов проверяется круглым щупом, который вставляется продольно относительно бокового электрода и должен проходить между электродами с едва ощутимым сопротивлением. Ясно, что плоским щупом точно измерить зазор невозможно, так как в результате электроэрозии на боковых массовых электродах образуются выемки, которые вносят погрешность в измерение искрового промежутка. Эта погрешность может составлять 40 - 60%, что необходимо иметь в виду при установке зазора в свече с нечетным числом боковых электродов.

#### **4.6 Неисправности свечей зажигания**

Основными неисправностями искровых свечей зажигания являются недостаточная герметичность по корпусу и центральному электроду, износ (выгорание) электродов, разрушение теплового конуса изолятора, образование нагара на внешней поверхности теплового конуса, что приводит к шунтированию воздушного зазора между электродами.

Большинство неисправностей свечи зажигания можно определить внешним осмотром. Так, о нарушении герметичности свечи говорит появление темного налета в виде ободочка на наружной поверхности изолятора вокруг корпуса.

Вывернув свечу из головки блока цилиндров, по характеру износа электродов и состоянию теплового конуса изолятора можно судить о техническом состоянии не только свечи, но и двигателя.

У неработающей свечи все внутренние ее части покрыты влажным нагаром, а сама свеча при работе ДВС не нагревается выше средней температуры головки блока. Ниже представлены типичные примеры



внешнего вида внутренней торцевой части свечи зажигания, вывернутой из головки блока (см. рисунок 24).

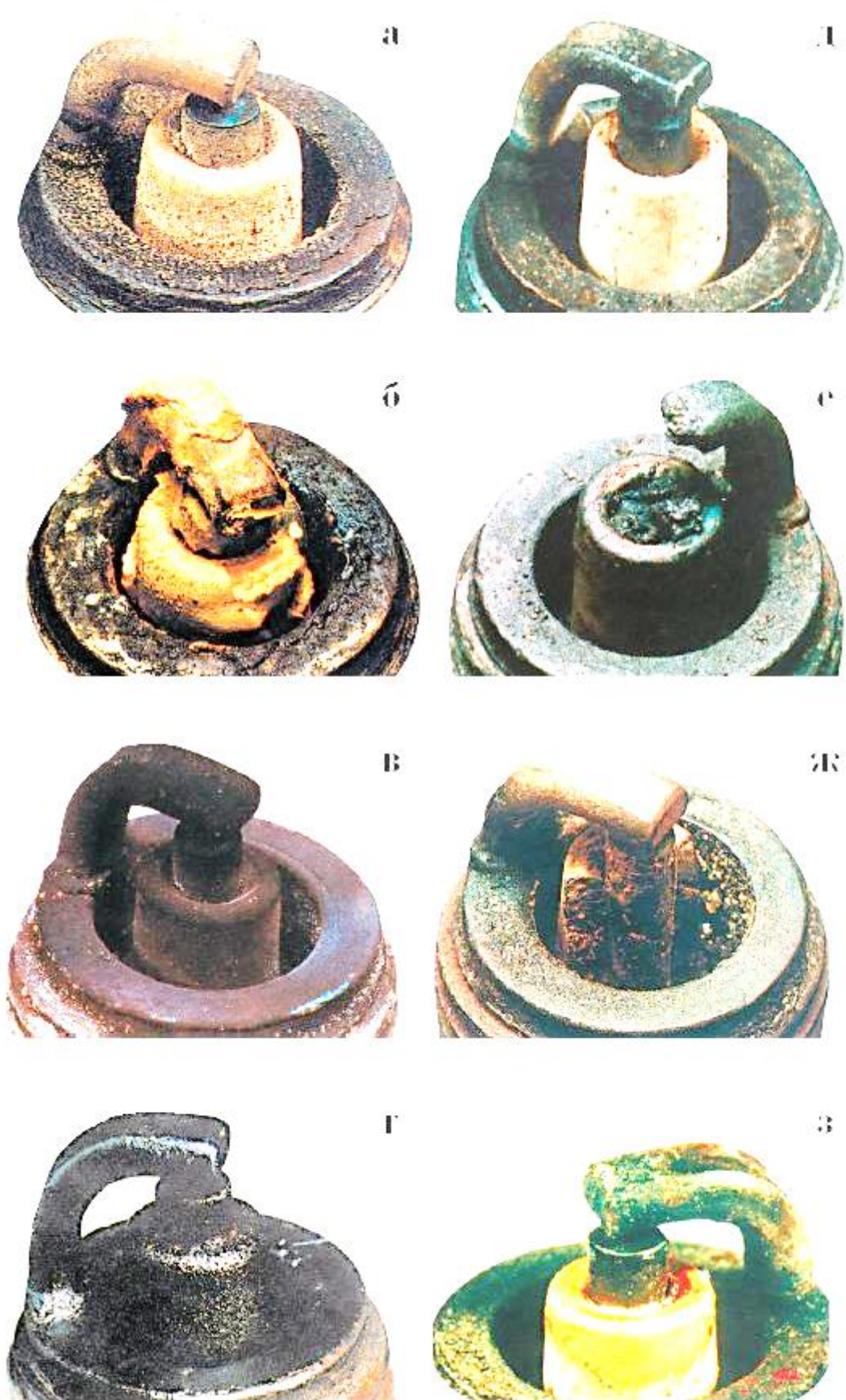


Рисунок 24 – Внешний вид свечей зажигания после эксплуатации

### **Нормальное состояние**

Тепловой конус изолятора слегка покрыт нагаром от серо-желтого, светло-коричневого до серо-белого цвета. Электроды не обгоревшие, торцовый ободок корпуса чистый. Можно утверждать, что приготовление горючей смеси в системе питания и установка момента воспламенения в системе зажигания безупречны, отсутствуют пропуски искрообразования и воспламенения. Калильное число свечи подобрано правильно. Двигатель и его системы работают устойчиво (см. рисунок 24а).

### **Отложения на изоляторе и электродах**

Значительные отложения на электродах, тепловом конусе изолятора и на ободке корпуса свечи могут быть в виде шлака или в виде рыхлого легко отлетающего осадка. Основной причиной является наличие непредусмотренных инструкцией по эксплуатации двигателя присадок в моторном масле или топливе. По калильному числу свеча подобрана правильно. Если очистка свечи не дает результата, ее следует заменить (см. рисунок 24б).

### **Свеча покрыта черным нагаром**

Тепловой конус изолятора, электроды и ободок корпуса покрыты бархатистым матово-черным нагаром. Причинами могут быть неисправности в системе питания двигателя (карбюраторе или системе впрыска топлива), слишком богатая смесь, засорение воздушного фильтра; неисправность пускового устройства карбюратора или слишком длительный процесс пуска двигателя, преобладание перевозок на короткие расстояния, слишком "холодная" свеча. Вследствие образования такого нагара возможны пропуски искрообразования и затруднение пуска холодного двигателя. Увеличивается расход топлива. Если свеча подобрана правильно, то после ее очистки и регулировки зазора, а также после устранения неисправностей в системах двигателя она может быть вновь установлена на место (см. рисунок 24в).

### **Замасленная свеча**

Тепловой конус изолятора, электроды и корпус свечи покрыты глянцево-маслянистыми отложениями или плотным маслянистым нагаром. Причины: сломано маслоъемное кольцо, большой износ цилиндропоршневой группы двигателя, высокий уровень масла в картере, маслоъемные сальники клапанов пришли в негодность, у двухтактного двигателя переизбыток масла в топливовоздушной смеси. Свечи, покрытые маслом, вызывают пропуски искрообразования, пуск двигателя затруднен или вообще невозможен. Перед очисткой свечу необходимо промыть струей бензина под напором (см. рисунок 24г).

### **Перегрев свечи**

Внешний вид сильно перегретой свечи схож со свечой в нормальном состоянии. Отличие состоит в отсутствии нагара на электродах и тепловом конусе. Наиболее достоверно эту неисправность можно определить по сильному перегреву наружной части изолятора. Белый цвет изолятора и отсутствие на нем следов нагара свидетельствуют о перегреве свечи, вызванного ранним моментом зажигания, бедной смесью, подсосом дополнительного воздуха в цилиндр двигателя, использованием топлива с низким октановым числом, отсутствием уплотнительного кольца на свече с плоской опорной поверхностью корпуса, неисправностью системы охлаждения двигателя, наличием нагара на днище поршня и в головке цилиндра или применением «горячей» свечи. Свечу с признаками перегрева следует заменить, иначе в дальнейшем начнет развиваться выгорание электродов (см. рисунок 24д).

### **Выгорание электродов**

Оплавление электродов (особенно центрального), следы расплава металла на тепловом корпусе изолятора, застывшие шарики металла на ободке корпуса говорят о чрезмерном перегреве свечи и калильном зажигании. Причины такие же, как и в предыдущем случае. Во избежание поломок двигателя эксплуатацию автомобиля следует прекратить до

выяснения вовремя необнаруженных причин калильного зажигания (см. рисунок 24е).

### **Разрушение теплового конуса изолятора**

Разрушения теплового конуса изолятора в виде сколов или трещин. Эта неисправность чаще всего появляется на длительно и нормально работающих свечах, что может быть результатом постоянной детонации двигателя, перегрева свечи, расширения центрального электрода под действием высоких температур или его коррозии, «зарастание» воздушного канала между центральным электродом и изолятором нагарными отложениями, механического воздействия при неаккуратном обращении со свечой. Следует заметить, что появление детонационных стуков в двигателе может быть вызвано ранним зажиганием, калильным зажиганием при перегреве двигателя или использованием топлива с несоответствующим октановым числом. Работа двигателя с детонацией недопустима, так как приводит к его преждевременному выходу из строя (см. рисунок 24ж).

### **Металлизация электродов**

При постоянном использовании бензина с антидетонационными присадками на основе солей свинца, срок службы свечей зажигания резко сокращается (с 50 тыс. до 10 - 15 тыс. км пробега). Объясняется это тем, что и центральный, и боковой электроды нормально работающей свечи зажигания покрываются неустранимым налетом свинцовых соединений в виде тонкой зеленоватой пленки. При появлении перебоев в системе зажигания такие свечи подлежат замене (см. рисунок 24з).

## 5 Порядок выполнения работы

### 5.1 Оценка технического состояния катушек зажигания

При оценке технического состояния катушка зажигания проверяется на обрыв обмоток (и дополнительного резистора), межвитковое замыкание первичной обмотки и пробой изоляции вторичной.

#### Проверка первичной обмотки катушки и дополнительного резистора

Обрыв в первичной цепи проверяют с помощью контрольной лампы. Лампу с последовательно включенной аккумуляторной батареей подключают к низковольтным клеммам катушки. При обрыве в цепи лампа не горит. Неисправную катушку и резистор заменяют. Для проверки первичной обмотки катушки на витковое замыкание измеряют омметром сопротивление обмотки, сравнивая его с паспортным (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Параметры катушек зажигания

Катушки	Первичная обмотка	Вторичная обмотка	Добавочный резистор	Применяемость катушек зажигания
	Сопротивление, Ом	Сопротивление, кОм		
Б114	0,37-0,41	21,5-23	СЭ107	ЗИЛ-130; автобусы ПАЗ, КАВЗ
Б115	1,86-2	8,3-9,2	Б115	М-412; ГАЗ-24; ЗАЗ-968
Б116	0,78-0,79	15,6	СЭ107	ГАЗ-24-10; -31029
Б117	3,1-3,3	6,3-9,2	-	ВАЗ-2101...-07, -21
Б118	0,72-0,73	15	СЭ325	ЗИЛ-131; ГАЗ-66
27.305	0,4-0,5	4,5-5,5	-	ВАЗ-2104; -09; -21; М-2141
29.3705	0,45-0,55	11	-	ВАЗ-2108; -09; -1111; -2110
42.3705	0,4	7,0	-	ВАЗ-2111; -2110
43.3705	0,66	7,250	-	ВАЗ-1119

Если величина сопротивления первичной обмотки будет значительно меньше величины, указанной в таблице 1, то в обмотке имеется витковое замыкание.

### **Проверка вторичной обмотки катушки зажигания**

Обрыв и витковое замыкание вторичной обмотки можно проверить омметром, подключая его к низковольтной клемме и высоковольтному выводу, однако стоит учитывать, что ряд катушек зажигания выполнен по трансформаторной схеме, при которой связь между первичной и вторичной обмотками катушки отсутствует. В этом случае омметр подключают между корпусом катушки и высоковольтным выводом.

Для проверки вторичной обмотки катушки зажигания на обрыв ее можно подключить через лампу к сети переменного тока 220 В. Для этого один провод от контрольной лампы соединяют с центральным выводом катушки, а вторым касаются низковольтной клеммы (катушки типа Б116) или корпуса (катушки типа Б114). Если вторичная обмотка не имеет обрыва, в момент отключения провода будет наблюдаться слабое искрение.

Катушка зажигания с неисправной вторичной обмоткой заменяется. Состояние вторичной обмотки лучше проверять по бесперебойности искрообразования.

### **Проверка катушек зажигания на бесперебойность искрообразования**

Проверка катушек зажигания на бесперебойность искрообразования осуществляется на стенде проверки модуля зажигания «ЦНТ-СПМЗ-3» 4578 – 001 – 57581962 – 06 ТУ (см. приложение Б).

Схема на рисунке 25 – общая для проверки модуля зажигания 42.3705 и системы зажигания «ЦНТ-Модуль», с той лишь разницей, что катушки зажигания и коммутатор в модуле зажигания находятся внутри, а в системе зажигания «ЦНТ-Модуль» – снаружи.

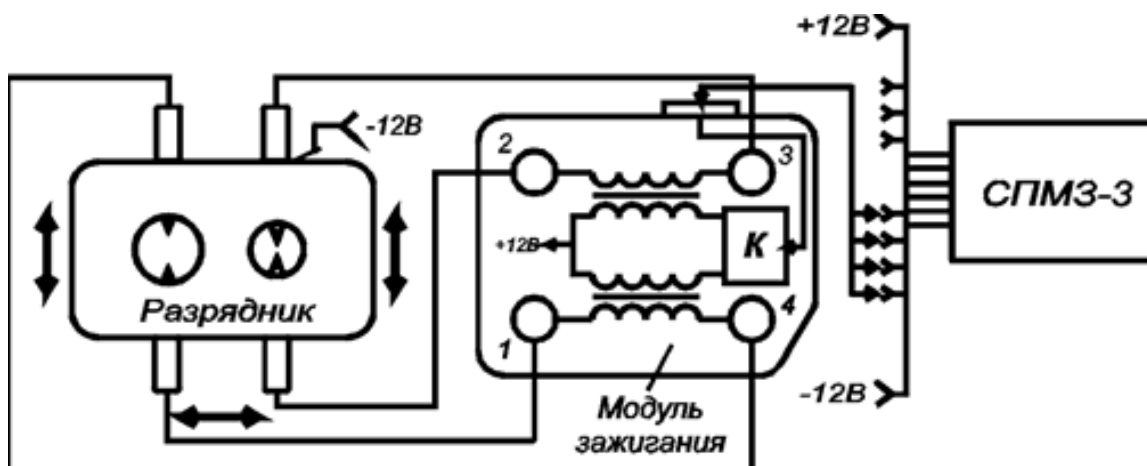


Рисунок 25 – Общая схема проверки модуля зажигания

### Проверка модулей зажигания 42.3705 (или аналогичных)

- 1) Снимите ВВ провода со свечей зажигания и присоедините их к разряднику по схеме на рисунке 25, соблюдая полярность.
- 2) Отсоедините от модуля разъём со жгутом от контроллера и присоедините на его место 4х-контактный разъём на жгуте от блока генератора стенда.
- 3) Присоедините блок генератора к аккумуляторной батарее автомобиля, соблюдая полярность (красный зажим – к «+12В», черный – к «-12 В»).
- 4) Включите тумблер стенда. Вращением рукоятки «Частота» изменяйте частоту генерации стенда от минимума к максимуму.
- 5) При наличии искр на обоих разрядниках выключите тумблер стенда и поменяйте местами ВВ провода 1 и 2, оставив 3 и 4 заземленными.
- 6) Включите тумблер стенда. Вращением рукоятки «Частота» изменяйте частоту генерации стенда от минимума к максимуму.
- 7) При наличии искр на обоих разрядниках выключите тумблер стенда, поменяйте местами ВВ провода сначала 1 и 4, а затем 2 и 3 для проверки катушек зажигания модуля при протекании тока искры в другую сторону с целью выявления короткозамкнутых витков.

8) Далее проверка выполняется ещё раз по методике, описанной выше в п. 4-7. Опять включите тумблер стенда. Вращением рукоятки «Частота» изменяйте частоту генерации стенда от минимума к максимуму.

9) При наличии искр на обоих разрядниках выключите тумблер стенда, поменяйте местами ВВ провода 1 и 2, оставив 3 и 4 заземлёнными.

10) Включите тумблер стенда. Вращением рукоятки «Частота» изменяйте частоту генерации стенда от минимума к максимуму.

Если во всех четырех проверках с попарной переменной ВВ проводов на разряднике 23 - 24 кВ будут искры во всем диапазоне частот генератора стенда, то модуль полностью исправен, не имеет короткозамкнутых витков и развивает номинальную мощность искры.

Если модуль развивает только напряжение 15 - 16 кВ, а на разряднике 23 - 24 кВ искра отсутствует или наблюдаются пропуски в искрообразовании, то модуль не соответствует ТУ и может давать пропуски зажигания зимой и при пуске двигателя.

Если искра 23 - 24 кВ пропадает (или наоборот – появляется) при смене местами ВВ проводов 1 и 4, 2 и 3, или в искрообразовании появляются пропуски (особенно это заметно при малых оборотах), то в обмотке катушки зажигания внутри модуля есть короткозамкнутые витки, и модуль является неработоспособным.

Если искра 23 - 24 кВ пропадает (или наоборот – появляется) при смене местами ВВ проводов 1 и 2, то это говорит о неисправности ВВ провода; какого именно – определяют экспериментально поочередной заменой ВВ проводов.

Если отсутствует искра 15 - 16 кВ в канале «1 - 4» или «2 - 3», то это говорит или об обрыве катушки, или об отказе канала коммутатора.

### **Проверка катушки зажигания 043.3705 и аналогичных**

Проверка 4х-выводной катушки зажигания 043.3705 производится в точности так же, как и модуля зажигания 42.3705, только подключение



катушки зажигания к стенду производится 3х-контактным разъёмом на жгуте от блока генератора стенда.

Отличие заключается в том, что 2х-канальный коммутатор в модуле зажигания встроен в сам модуль, а для проверки катушки зажигания подключается через другой разъём 2х-канальный коммутатор, встроенный в стенд.

По результатам замера сопротивления первичной и вторичной обмоток катушки зажигания и проверки бесперебойности искрообразования делается заключение об их пригодности к дальнейшей эксплуатации.

## **5.2 Оценка технического состояния свечей зажигания**

Прежде чем проводить диагностирование свечей зажигания необходимо расшифровать сведения о заводских параметрах (например, величине искрового промежутка), для чего пользуются рисунками 26, 27, 28, 29, 30, 31.

Следует отметить, что в отечественном стандарте для обозначения свечи используется десять информативных разрядов. Информация каждого разряда расшифрована в табличном блоке. В маркировке отечественной свечи наиболее важная часть табличных блоков обозначена соответствующими символами, а другая часть – «пустотами». В маркировке импортных свечей зажигания указываются не все перечисленные в таблице сведения, а только самые принципиальные отличия. Пустоты для обозначения информативных табличных блоков в маркировке импортных свечей используются не всегда.

Необходимость периодического контроля технического состояния свечей зажигания диктуется тем, что только одна неработающая свеча вызывает перерасход топлива до 15%, снижает мощность двигателя и увеличивает токсичность отработавших газов. Поэтому диагностирование свечей зажигания производится через 15 - 20 тыс. км пробега автомобиля или 1 - 2 раза в год.

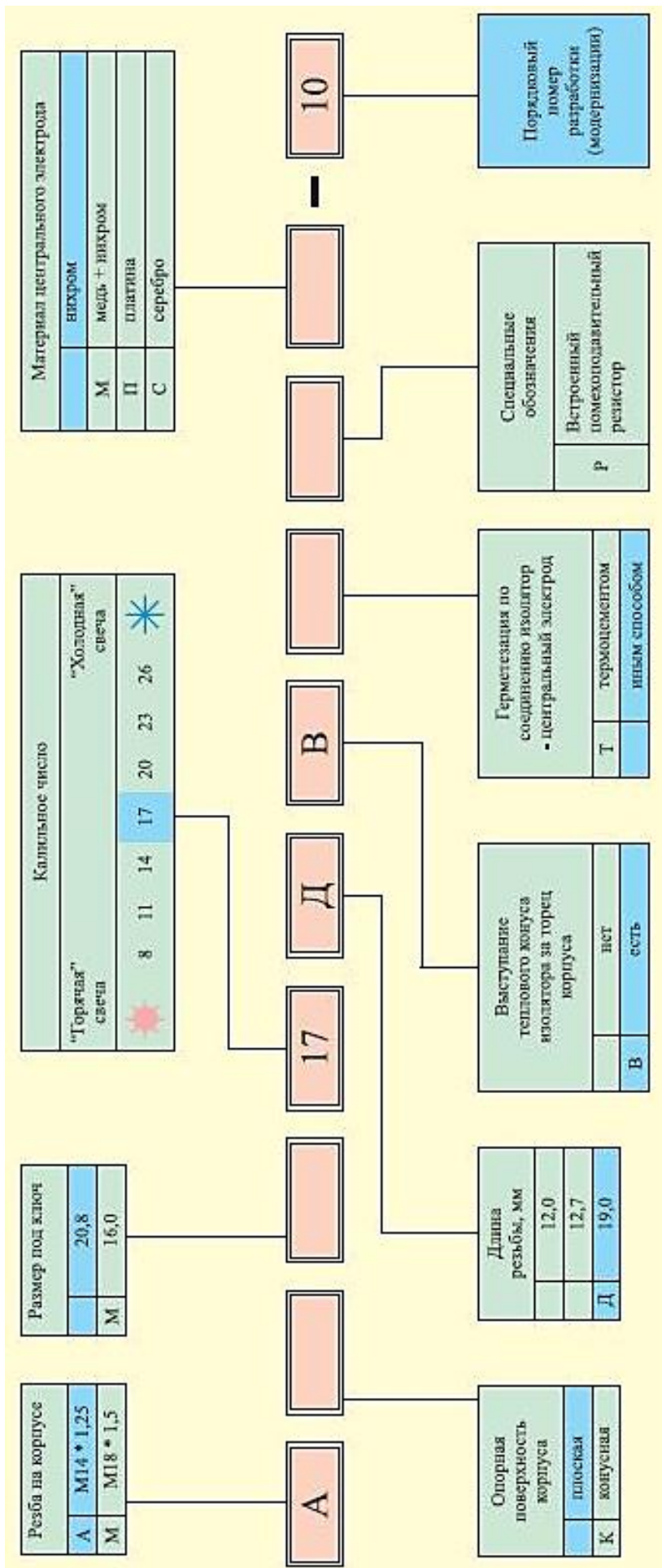


Рисунок 26 – Маркировка отечественных свечей зажигания





ОБОЗНАЧЕНИЕ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ DENSO		27		A																																														
I		20																																																
VF		KH																																																
<p>Высокоэффективные свечи</p> <p>I..... Иридиевый диам 0.4 mm</p> <p>V..... Иридиевый диам. 0.4 mm с платиновой накладкой</p> <p>VF... Иридиевый диам. 0.4 mm с платиновой иглой на боковом электроде (SIP)</p>	 	<p>Диаметр, длина резьбы, размер шестигранника</p> <p>&lt; Диаметр резьбы X длина резьбы X размер шестигранника &gt;</p> <p>SN... 12x26.5x14.0</p> <p>K.... 14x19.0x16.0</p> <p>KA... 14x19.0 (Экранированная, новые тройные электроды)x16.0</p> <p>KB... 14x19.0 (Новые тройные электроды)x16.0</p> <p>KBN- 14x26.5 (Новые тройные электроды)x16.0</p> <p>KD... 14x19.0 (Экранированная)x16.0</p> <p>KH... 14x26.5x16.0</p> <p>NH... 10x19.0 (Резьба на половину длины)x16.0</p> <p>T.... 14x17.5 (Коническое гнездо)x16.0</p> <p>TF... 14x11.2 (Коническое гнездо)x16.0</p> <p>TL... 14x25.0 (Коническое гнездо, длинный изолятор)x16.0</p> <p>TV... 14x25.0 (Коническое гнездо)x16.0</p> <p>Q..... 14x19.0x16.0</p> <p>U..... 10x19.0x16.0</p> <p>UF... 10x12.7x16.0</p> <p>UH... 10x19.0 (Резьба на половину длины)x16.0</p> <p>W.... 14x19.0x20.6</p> <p>WF... 14x12.7x20.6</p> <p>WM... 14x19.0x20.6 (Компактный изолятор)</p> <p>X..... 12x19.0x18.0</p> <p>XEN- 12x26.5 (Экран 2.0)x14.0</p> <p>XG... 12x19.0 (Экран 3.0)x18.0</p> <p>XU... 12x19.0x16.0</p> <p>XUN- 12x26.5x16.0</p> <p>Y..... 8x19.0 (Резьба на половину длины)x13.0</p>		<p>Калильное число</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DENSO</th> <th>NGK</th> <th>CHAMPION</th> <th>BOSCH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>5</td> <td>12,11</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>10,9</td> <td>7,6</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>7</td> <td>8,7</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>8</td> <td>6,63,61</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>9</td> <td>4,59</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>9.5</td> <td>57</td> <td></td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>10</td> <td>55</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>10.5</td> <td>53</td> <td></td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>11</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>11.5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	DENSO	NGK	CHAMPION	BOSCH	16	5	12,11	8	20	6	10,9	7,6	22	7	8,7	5	24	8	6,63,61	4	27	9	4,59	3	29	9.5	57		31	10	55	2	32	10.5	53		34	11			35	11.5				<p>Тип</p> <p>A .... Наклонный электрод, без U-образного лаза, форма не конусообразная</p> <p>B .... Изолятор, выступающий на 1.5 mm</p> <p>C .... Без U-образной выемки</p> <p>D .... Без U-образной выемки, заземляющий электрод из инконеля</p> <p>E..... Экран: 2 mm</p> <p>ES... Прокладка из нерж. стали</p> <p>F..... Специальная характеристика</p> <p>G.... Прокладка из нерж. стали</p> <p>I..... Выступ электродов: 4 mm; Изолятор, выступающий на 1.5 mm</p> <p>J..... Выступ электродов: 5 mm</p> <p>K.... Выступ электродов: 4 mm; Изолятор, выступающий на 2.5 mm</p> <p>L..... Выступ электродов: 5 mm</p> <p>T..... Для использования в газовых двигателях</p> <p>Y..... Зазор 0.8 mm</p> <p>Z..... Конусообразная форма</p>
DENSO	NGK	CHAMPION	BOSCH																																															
16	5	12,11	8																																															
20	6	10,9	7,6																																															
22	7	8,7	5																																															
24	8	6,63,61	4																																															
27	9	4,59	3																																															
29	9.5	57																																																
31	10	55	2																																															
32	10.5	53																																																
34	11																																																	
35	11.5																																																	

Рисунок 27 – Маркировка свечей зажигания DENSO

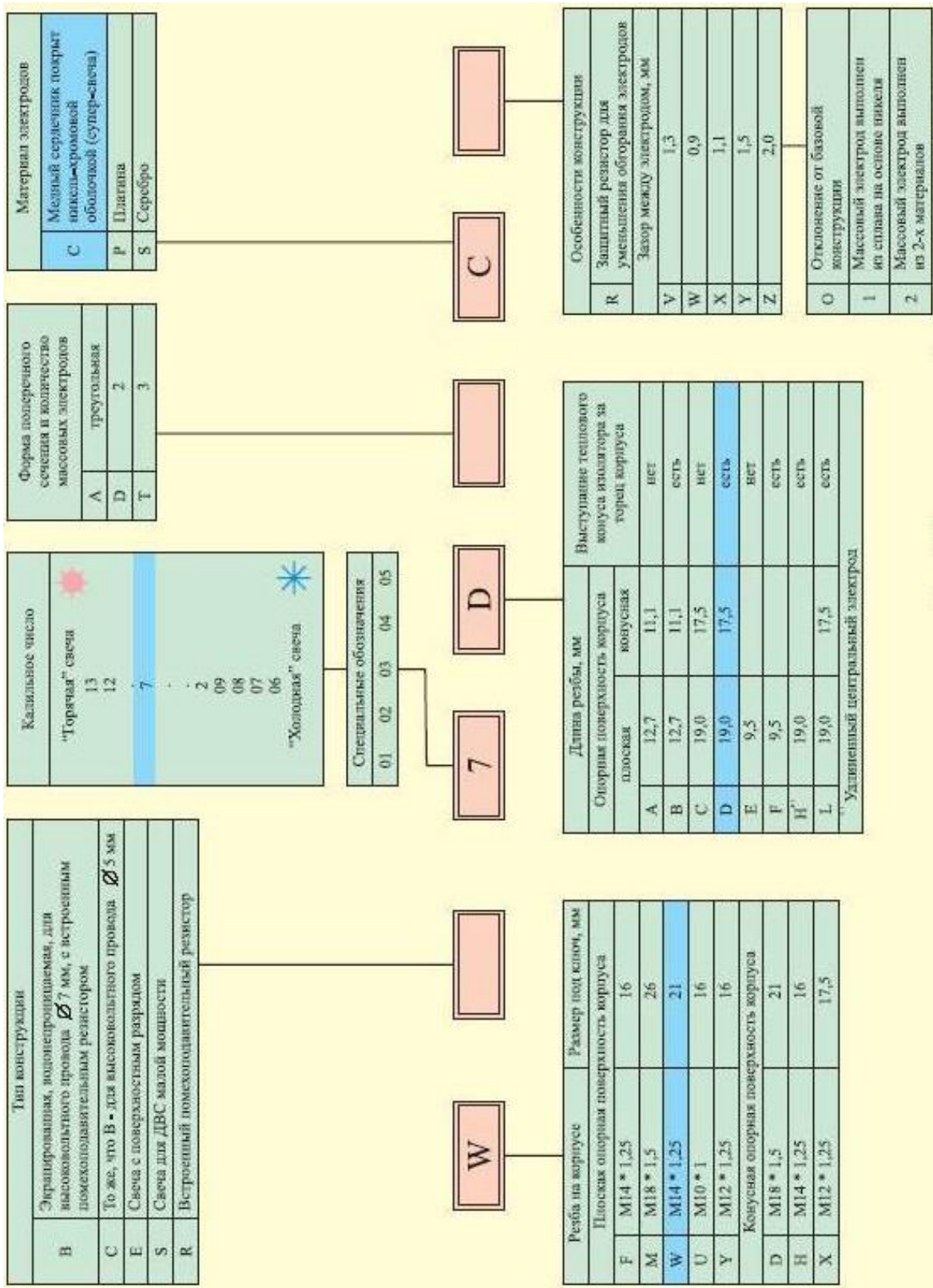


Рисунок 28 – Маркировка свечей зажигания BOSCH



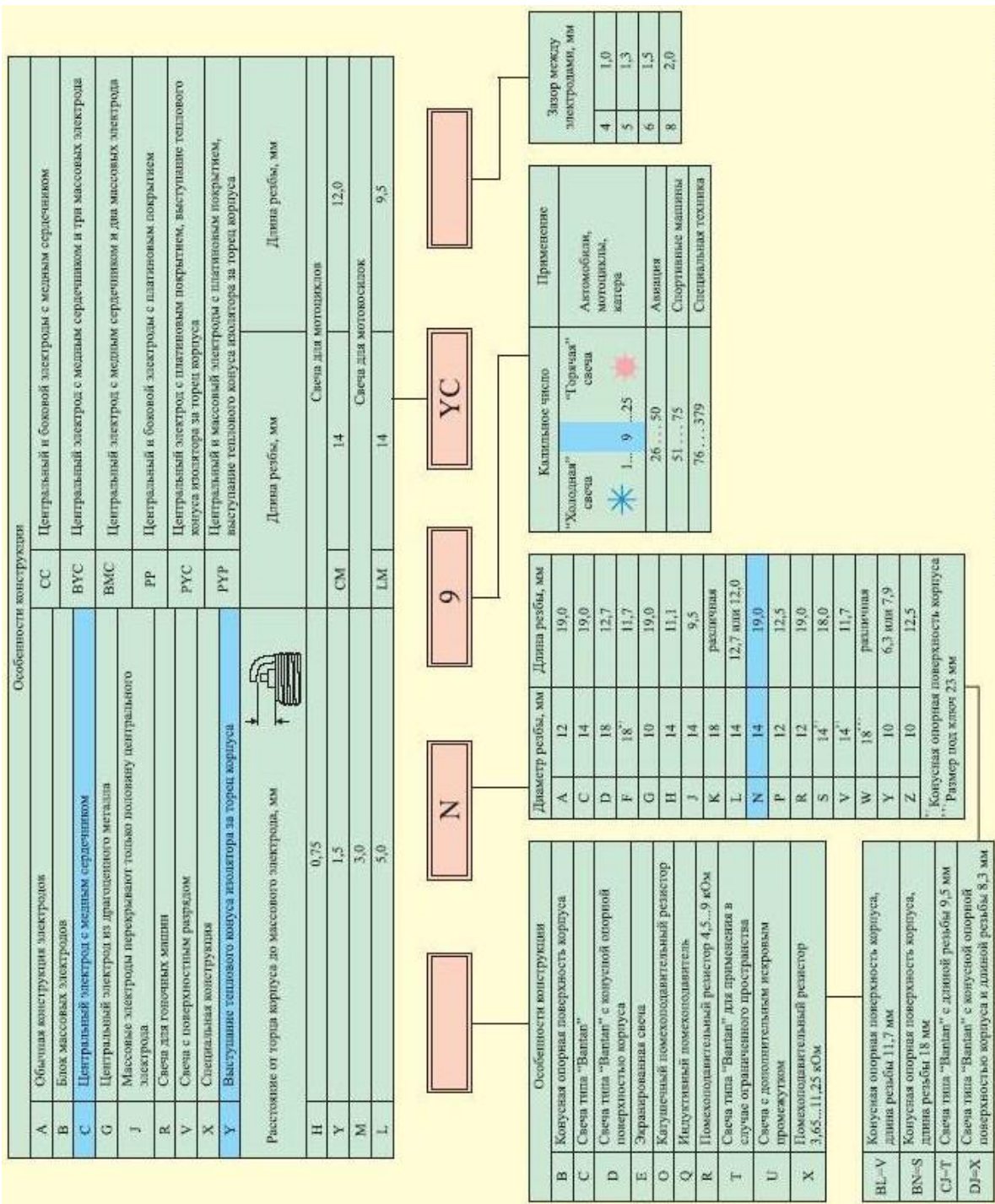


Рисунок 29 – Маркировка свечей зажигания SHAMPION

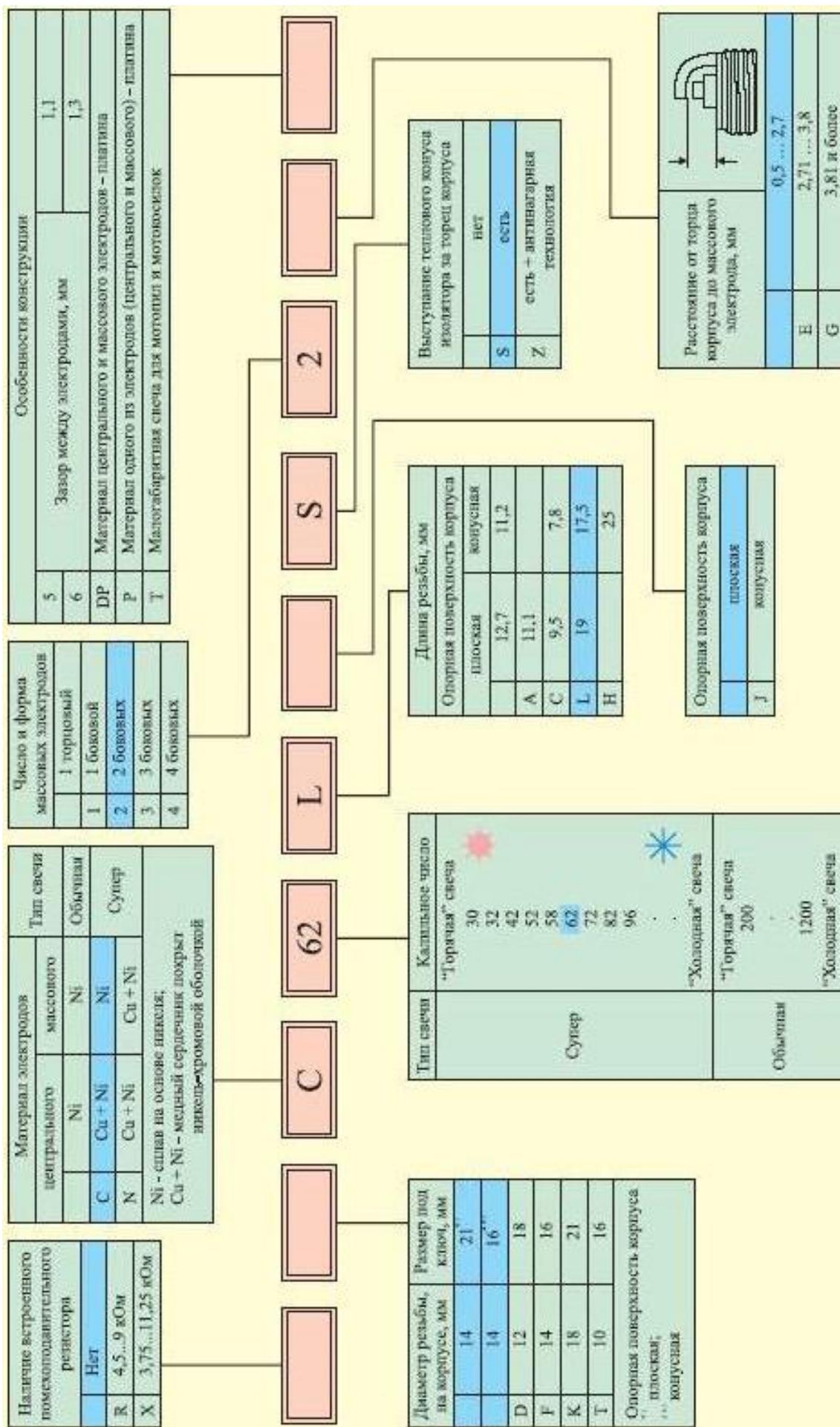


Рисунок 30 – Маркировка свечей зажигания БУQUEM



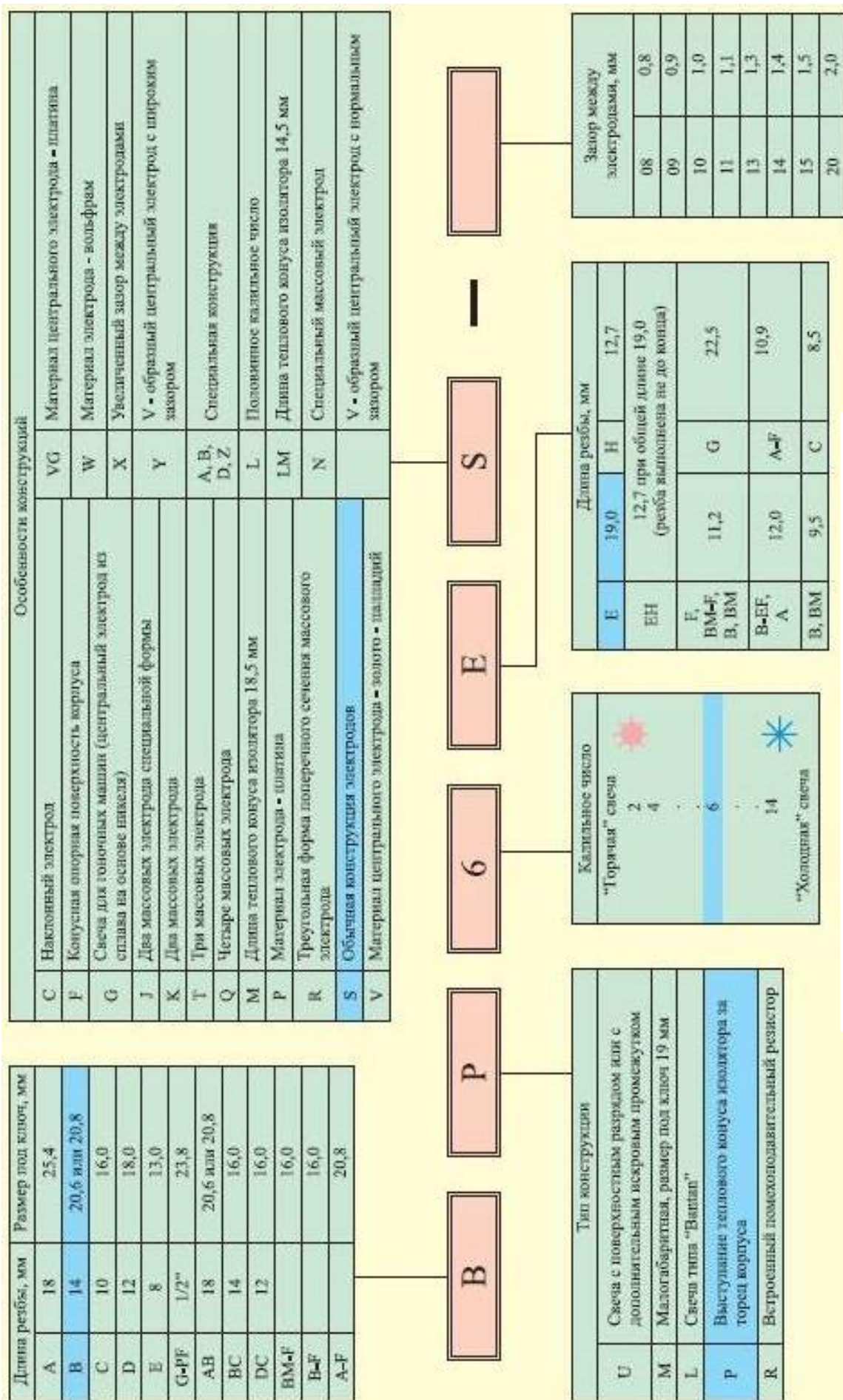
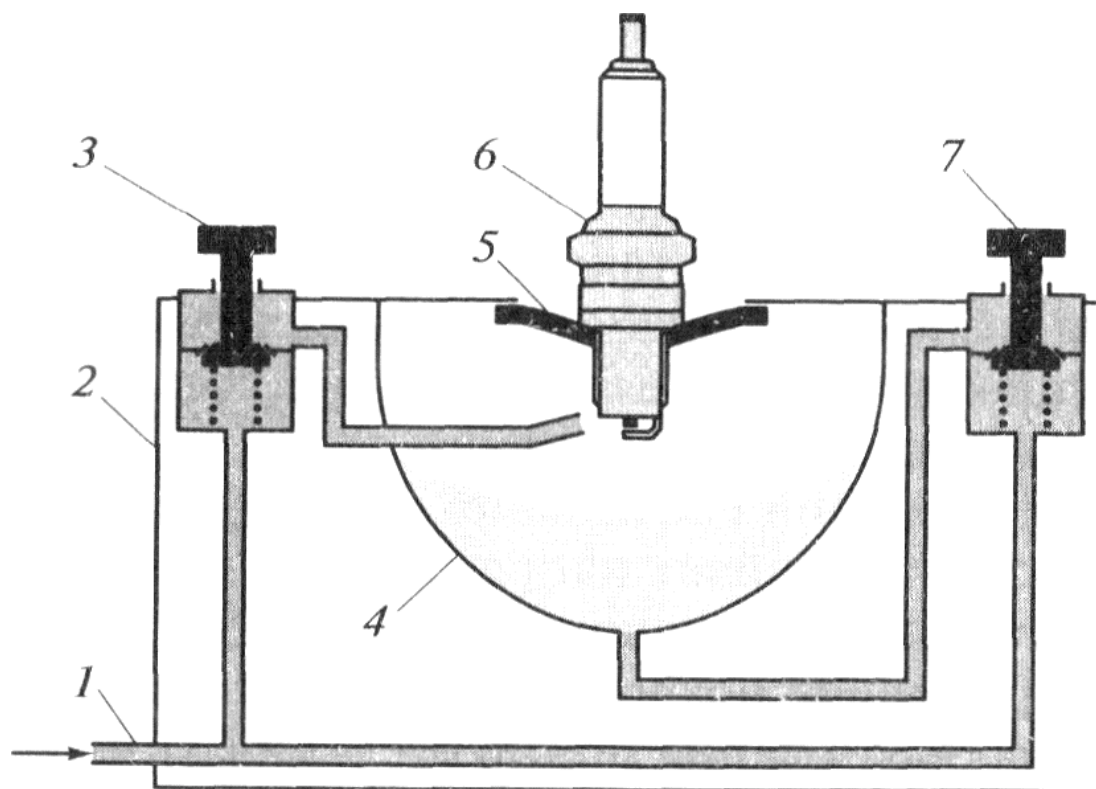


Рисунок 31 – Маркировка свечей зажигания NGK

Для проверки свечей зажигания используют комплект Э-203, в состав которого входят установка Э-203-О для очистки свечей и диагностический прибор Э-203-П. Перед началом диагностики свечу необходимо очистить от нагара, осмотреть на наличие внешних повреждений, установить зазор между ее электродами. Установка Э-203-О предназначена для очистки рабочих поверхностей свечей зажигания от нагара.

Функциональная схема установки Э-203-О представлена на рисунке 32. Установка смонтирована в металлическом корпусе 2. В корпусе размещена емкость 4 с кварцевым песком, который используется как абразивный материал для ускорения процесса очистки рабочих поверхностей свечей. На лицевой панели корпуса 2 размещены кран 7 для очистки песком свечи от нагара и кран 3 для продувки сжатым воздухом очищенной свечи. Сжатый воздух подводится к установке через штуцер 1.



1 – штуцер для подвода сжатого воздуха; 2 – корпус установки Э-203-О; 3 – кран для продувки очищенной свечи сжатым воздухом; 4 – емкость с песком; 5 – резиновый уплотнитель; 6 – свеча; 7 – кран для очистки свечи от нагара песком

Рисунок 31 – Функциональная схема установки Э-203-О



Для очистки свечу 6 устанавливают в отверстие резинового уплотнителя 5 и нажимают на кнопку крана 7. При этом сжатый воздух перемещается в нижнюю часть емкости 4 и вместе с песком устремляется вверх на рабочие поверхности свечи 6.

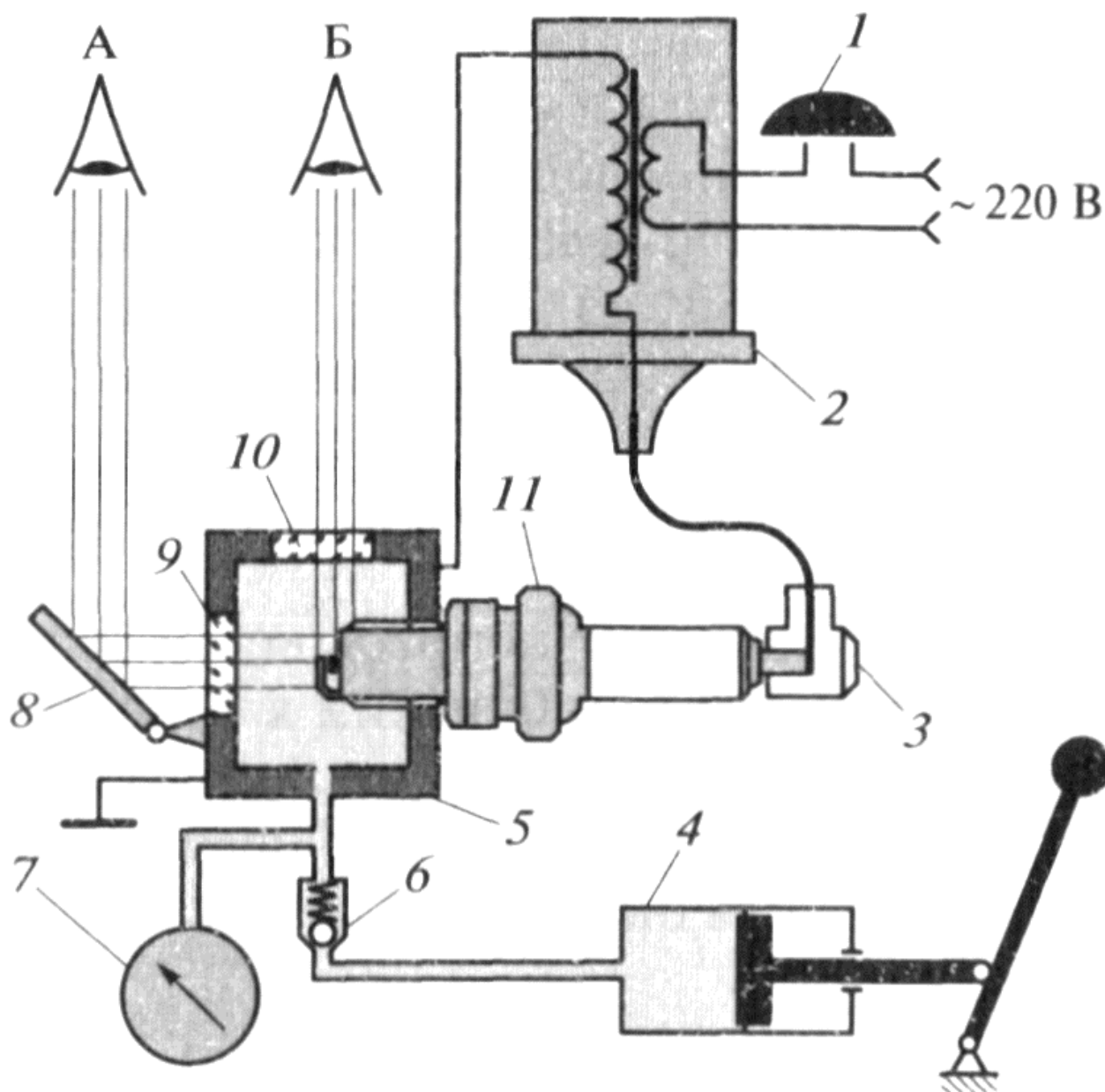
После полной очистки свечи от нагара ее продувают сжатым воздухом, очищая от частичек песка, для чего нажимают на кнопку крана 3. Затем производят внешний осмотр, измерение и регулировку зазора между электродами свечи.

Прибор Э-203-П предназначен для проверки технического состояния свечей и высоковольтных элементов системы зажигания автомобиля. Он состоит из барокамеры с ручным насосом и электронного устройства, подающего на диагностируемый объект высокое напряжение (около 23 кВ).

Прибор Э-203-П работает от сети переменного тока напряжением 220 В. Для контроля качества искрообразования на свече зажигания в барокамере прибора предусмотрены два стеклянных окна и боковое зеркало.

Для диагностирования свечи зажигания 11 ее вкручивают в боковое отверстие барокамеры 5 прибора Э-203-П (рисунок 33). На свечу 11 устанавливают наконечник высоковольтного провода 3, идущего от катушки зажигания 2. Затем с помощью ручного насоса 4 в барокамеру закачивают воздух под давлением 0,7 МПа для свечей, работающих с контактными системами зажигания, или 1,0 МПа для свечей, работающих с бесконтактными системами зажигания. Контроль давления воздуха в барокамере 5 осуществляют по манометру 7. Для предотвращения утечки сжатого воздуха из барокамеры через насос 4 в ней предусмотрен обратный клапан 6.

Для диагностирования свечи необходимо нажать кнопку 1. При этом на катушку 2 поступает напряжение 220 В, а от катушки на свечу 11 подается высокое напряжение. Между электродами свечи начинается непрерывное искрообразование.



1 – кнопка для подачи напряжения на катушку; 2 – катушка зажигания; 3 – наконечник высоковольтного провода; 4 – ручной насос; 5 – барокамера; 6 – обратный клапан; 7 – манометр; 8 – зеркало; 9 и 10 – окна барокамеры; 11 – свеча зажигания

Рисунок 33 – Функциональная схема прибора Э-203-П

Процесс искрообразования можно отслеживать через два стеклянных окна 9 и 10, вмонтированных в корпус барокамеры и зеркало 8. Наблюдая за процессом из точек А и Б (см. рисунок 33), анализируют качество искрообразования и оценивают техническое состояние свечи зажигания.

Если посмотреть на свечу из точки А, то можно увидеть нижнюю ее часть. У работающей свечи снизу бывают видны искровые разряды от центрального электрода на корпус через керамический изолятор. Если разряды есть, то это однозначно свидетельствует о наличии трещин в изоляторе. Такая свеча выбраковывается как неисправная.

У работающей свечи сбоку, из точки Б, можно видеть искрообразование между электродами свечи. Осмотр позволяет анализировать цвет искры, а также бесперебойность искрообразования. Свеча считается работоспособной, если выполняются следующие условия:

- искрообразование происходит непрерывно и без перебоев;
- искра имеет ярко-голубой или близкий к белому цвет;
- нет разрядов от центрального электрода через керамику;
- нет разрядов от контакта 6 на корпус 4 свечи.

Если не выполняется хотя бы одно из данных условий, свеча подлежит выбраковке.

В процессе диагностики свечей зажигания следует помнить, что нарушение вышеперечисленных условий снижает эффективность их работы и свечи зажигания могут работать, обеспечивая лишь 90, 70 или 25 % и менее своей эффективности. Это значительно снижает мощностные, топливно-экономические, экологические и пусковые характеристики двигателей, и особенно в холодное время года.

## 6 Контрольные вопросы

1. Как классифицируют катушки зажигания?
2. Для чего предназначена катушка зажигания?
3. Для чего в катушках зажигания используют трансформаторное масло?
4. Назовите параметры первичной и вторичной катушки зажигания.
5. Опишите устройство маслonaполненной катушки зажигания.
6. Что такое автотрансформаторная связь катушек зажигания?
7. Что называют модулем зажигания?
8. Опишите устройство двухвыводной катушки зажигания.
9. Что такое принцип «холостой искры»?
10. Опишите устройство индивидуальной катушки зажигания.
11. В каком случае маслonaполненная катушка зажигания снабжается тремя низковольтными выводами?
12. Назовите достоинства и недостатки маслonaполненных катушек зажигания.
13. Назовите достоинства и недостатки двухвыводных катушек зажигания.
14. Назовите достоинства и недостатки модулей зажигания.
15. Назовите достоинства и недостатки индивидуальных катушек зажигания.
16. Что называют модулем зажигания?
17. Что называют трансформатором зажигания?
18. Каковы тенденции развития конструкции свечей зажигания?
19. Какие материалы используются при производстве свечей зажигания?
20. Опишите устройство свечей зажигания.
21. Для чего изолятор свечи зажигания снабжают ребрами?
22. Каким образом герметизируются свечи зажигания?

23. Каково назначение помехоподавительного резистора свечей зажигания?
24. Для чего электроды свечей зажигания выполняют из благородных материалов?
25. Какую форму придают центральным электродам свечей зажигания?
26. Какую форму придают массовым электродам свечей зажигания?
27. Каковы преимущества многоэлектродных свечей зажигания?
28. К чему приводит отклонение величины искрового промежутка от установленного значения?
29. Какую форму может иметь искровой промежуток свечей зажигания?
30. Как оценивают тепловые свойства свечей зажигания?
31. Что называют калильным числом свечи зажигания?
32. Что называют калильным зажиганием?
33. Какие свечи зажигания называют горячими/холодными?
34. Какие факторы влияют на искрообразование в свече зажигания?
35. Назовите температурный диапазон оптимальной работы свечей зажигания.
36. Назовите температурный диапазон возникновения углеродистых загрязнений свечей зажигания.
37. Назовите температурный диапазон возникновения калильного зажигания свечей зажигания.
38. Перечислите методы улучшения тепловых характеристик свечей зажигания.
39. Для чего в двигателе могут устанавливаться две свечи зажигания на один цилиндр.
40. Какие параметры указывают в маркировке свечей зажигания?
41. Какие элементы системы зажигания неисправны если двигатель не пускается?

42. Назовите основные неисправности свечи зажигания.
43. Какие неисправности системы зажигания могут вызвать перебои в работе двигателя?
44. Каково назначение конденсатора контактной системы зажигания?
45. Как корректируют угол опережения зажигания при возникновении детонации?
46. К каким последствиям приводит слишком раннее зажигание топливовоздушной смеси?
47. К каким последствиям приводит позднее зажигание топливовоздушной смеси?
48. В чем заключается техническое обслуживание системы зажигания?
49. Какое заключение можно сделать по внешнему виду нагара свечи зажигания?
50. В каких случаях на изоляторе свечи зажигания появляется матовая черная копоть?
51. В каких случаях на изоляторе свечи зажигания появляется блестящий черный нагар?
52. В каких случаях на изоляторе свечи зажигания появляется толстый слой рыхлых отложений?
53. К чему приводит негерметичность камеры сгорания?
54. Опишите устройство реактивных высоковольтных проводов.
55. Опишите устройство медных высоковольтных проводов.
56. Опишите устройство углеродных высоковольтных проводов.
57. Для чего служат высоковольтные провода?
58. Какие требования предъявляют к высоковольтным проводам?
59. Какие датчики входят в состав микропроцессорной системы зажигания?
60. Назначение и принцип действия датчика детонации.
61. Назначение и принцип действия датчика абсолютного давления.

62. Назначение и принцип действия датчика положения дроссельной заслонки.
63. Назначение и принцип действия датчика положения коленчатого вала.
64. Назначение и принцип действия датчика Холла.
65. Назначение и принцип действия магнитоэлектрического датчика.
66. Каково наивыгодное значение угла опережения зажигания?
67. Назначение и устройство центробежного регулятора зажигания.
68. Назначение и устройство вакуумного регулятора зажигания.
69. Назначение и устройство октан-корректора.
70. Назначение транзисторного коммутатора.
71. Назначение и устройство прерывателя зажигания.
72. Назначение и устройство высоковольтного распределителя.
73. Опишите рабочий процесс батарейной системы зажигания.
74. Опишите структурную схему батарейной системы зажигания.
75. Назначение и устройство магнето.
76. Опишите устройство и работу контактной системы зажигания.
77. Опишите устройство и работу контактно-транзисторной системы зажигания.
78. Опишите устройство и работу бесконтактной системы зажигания.
79. Опишите устройство и работу микропроцессорной системы зажигания.
80. Что называют углом опережения зажигания?
81. Что служит накопителем энергии в системе зажигания?
82. Что служит устройством управления накопителем энергии в системе зажигания?
83. Какова роль добавочного резистора контактной системы зажигания?
84. Перечислите требования, предъявляемые к системам зажигания.

## **7 Тесты для самоконтроля**

### **Воспламенение рабочей смеси искрой:**

- 1) высокого напряжения;
- 2) низкого напряжения.

### **Его источник:**

- 3) генератор;
- 4) аккумулятор;
- 5) прерыватель;
- 6) распределитель;
- 7) катушка зажигания.

### **Конденсатор контактной системы зажигания защищает:**

- 1) контакты от обгорания;
- 2) катушку зажигания от пробоя.

### **Поглощает ЭДС самоиндукции:**

- 3) первичной обмотки;
- 4) вторичной обмотки.

### **Установлен с контактами:**

- 5) параллельно;
- 6) последовательно.

### **Факторы, влияющие на искрообразование в свече:**

- 1) температура;
- 2) состав рабочей смеси;
- 3) давление в цилиндре;
- 4) зазор между электродами;
- 5) количество электродов свечи;
- 6) величина вторичного напряжения.



**Условия появления вторичного напряжения:**

- 1) контакты замкнуты;
- 2) контакты разомкнуты;
- 3) контакты размыкаются;
- 4) наличие первичного тока;
- 5) отсутствие первичного тока;
- 6) исчезновение первичного тока.

**Величина вторичного напряжения зависит от:**

- 1) емкости конденсатора;
- 2) величины первичного тока;
- 3) угла опережения зажигания;
- 4) характеристик катушки зажигания;
- 5) зазора между контактами прерывателя;
- 6) частоты вращения кулачка прерывателя.

**Искра в цилиндр подается при нахождении поршня:**

- 1) в ВМТ;
- 2) до прихода в ВМТ;
- 3) после прохождения ВМТ.

**Это регулируется:**

- 4) предварительной установкой угла опережения зажигания;
- 5) автоматическим изменением угла опережения зажигания.

**В зависимости от:**

- 6) частоты вращения;
- 7) нагрузки двигателя;
- 8) теплового состояния двигателя.

**При помощи регулятора:**

- 9) вакуумного;
- 10) центробежного;

11) гидравлического.

**Контакт между крышкой и ротором высоковольтного распределителя посредством:**

- 1) графитных щеток;
- 2) угольного стержня;
- 3) воздушного зазора;
- 4) медного проводника;
- 5) силиконовой прокладки.

**Тепловая характеристика свечи оценивается:**

- 1) калильным числом;
- 2) рабочей температурой двигателя;
- 3) температурой самоочистки свечи.

**Влияет на:**

- 4) калильное зажигание;
- 5) детонацию двигателя;
- 6) образование нагара на тепловом конусе.

**Зависит от длины:**

- 7) изолятора;
- 8) теплового конуса;
- 9) резьбовой части корпуса.

**Дополнительное сопротивление контактной системы зажигания:**

- 1) шунтируется при пуске двигателя;
- 2) защищает катушку зажигания от перегрева;
- 3) «снимает» ЭДС самоиндукции первичной обмотки;
- 4) снижает напряжение в катушке при работе двигателя;
- 5) повышает напряжение в катушке при пуске двигателя.

**Прерывание первичной цепи в электронной системе зажигания:**

- 1) датчиком Холла;
- 2) не производится;
- 3) контактами прерывателя;
- 4) транзисторным коммутатором;
- 5) магнитоэлектрическим датчиком.

**Транзисторный коммутатор управляет:**

- 1) датчиком Холла;
- 2) первичной обмоткой катушки;
- 3) вторичной обмоткой катушки;
- 4) магнитоэлектрическим датчиком;
- 5) электронным блоком управления (ЭБУ).

**Транзисторный коммутатор управляется:**

- 1) датчиком Холла;
- 2) первичной обмоткой катушки;
- 3) вторичной обмоткой катушки;
- 4) магнитоэлектрическим датчиком;
- 5) электронным блоком управления.

**Магнитоэлектрический датчик содержит:**

- 1) статор с обмоткой;
- 2) ротор с прорезями;
- 3) неподвижный магнит;
- 4) ротор с постоянным магнитом;
- 5) полупроводниковая пластинка.

**Создает:**

- 6) ЭДС Холла;
- 7) переменную ЭДС,

**Которая:**

- 8) должна быть усилена;
- 9) в усилении не нуждается.

**Датчик Холла содержит:**

- 1) статор с обмоткой;
- 2) ротор с прорезями;
- 3) неподвижный магнит;
- 4) ротор с постоянным магнитом;
- 5) полупроводниковая пластинка.

**Создает:**

- 6) ЭДС Холла;
- 7) переменную ЭДС,

**Которая:**

- 8) должна быть усилена;
- 9) в усилении не нуждается.

**Состав микропроцессорной системы зажигания:**

- 1) датчики;
- 2) прерыватель;
- 3) распределитель;
- 4) свечи зажигания;
- 5) катушки зажигания;
- 6) транзисторные коммутаторы;
- 7) блок управления (контроллер).

**Состав модуля зажигания:**

- 1) датчики;
- 2) прерыватель;
- 3) свечи зажигания;

- 4) катушки зажигания;
- 5) силовые транзисторы;
- 6) транзисторные коммутаторы.

**ЭБУ микропроцессорной системы зажигания управляет:**

- 1) коммутаторами;
- 2) датчиком Холла;
- 3) модулем зажигания;
- 4) катушками зажигания;
- 5) магнитоэлектрическим датчиком.

## Список использованных источников

1. **Набоких, В.А.** Аппараты систем зажигания: справочник: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.А. Набоких. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 320 с.
2. **Ютт, В.Е.** Аппараты систем управления зажиганием и впрыском топлива: учеб. пособие / В.Е. Ютт, В.В. Морозов, В.И. Чепланов. – М.: МАДИ, 2013. – 112 с.
3. **Данов, Б. А.** Системы управления зажиганием автомобильных двигателей / Б.А. Данов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. – 184 с.
4. **Волков, В.С.** Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.С. Волков – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 384 с.
5. **Пузаков, А. В.** Электрооборудование транспортных машин: электронный курс лекций / А. В. Пузаков. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 557 МБ). – Оренбург: ОГУ, 2013. – Режим доступа: [http://ufer.osu.ru/index.php?option=com\\_uferdbsearchview=uferdbsearchaction=detailsufer\\_id=876](http://ufer.osu.ru/index.php?option=com_uferdbsearchview=uferdbsearchaction=detailsufer_id=876)
6. **Набоких, В. А.** Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. А. Набоких. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 400 с.
7. **Набоких, В. А.** Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов: учебное пособие / В. А. Набоких – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА, 2013. – 288 с.
8. **Смирнов, Ю. А.** Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей / Ю. А. Смирнов, А. В. Муханов – М.: Издательство «Лань», 2012. – 624 с.

9. Автомобильный справочник / пер. с англ. ООО «СтарСПб» – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.
10. **Соснин Д. А.** Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей: учебник для вузов / Д.А. Соснин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2015. – 416 с.
11. **Федотов А. И.** Технология и организация диагностики при сервисном сопровождении: учебник для студ. учреждений высш. образования / А.И. Федотов. – М.: Издательский центр «Академия», 2015. – 352 с.
12. **Пузаков, А. В.** Цифровые системы зажигания: учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 190600.62 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / А.В. Пузаков, А.М. Федотов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург: Университет, 2015. – 118 с.
13. **Басс, Б.А.** Свечи зажигания. Краткий справочник / Б.А. Басс – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2007. – 112 с.

# Приложение А

(рекомендуемое)

## Бланки лабораторной работы

### Лабораторная работа №4

#### Испытание катушек и свечей зажигания

**А.1 Цель работы:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### А.2 Оценка технического состояния катушек зажигания

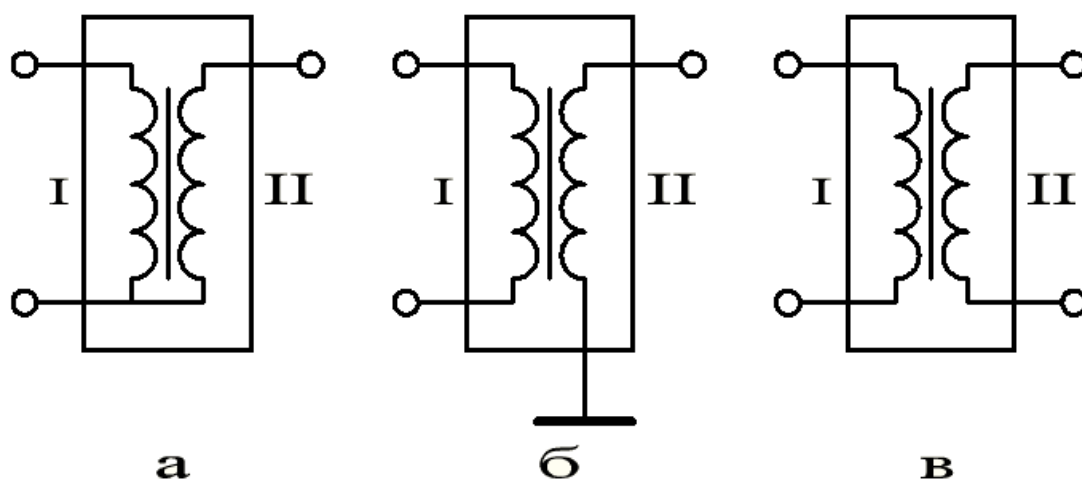


Рисунок А.1 – Электрические схемы катушек зажигания

Таблица А.1

Модель катушки зажигания	Электрическая схема	Сопротивление первичной обмотки, Ом		Сопротивление вторичной обмотки, Ом		На каких автомобилях используется
		измеренное	паспортное	измеренное	паспортное	



### А.3 Испытание катушки зажигания на искрообразование

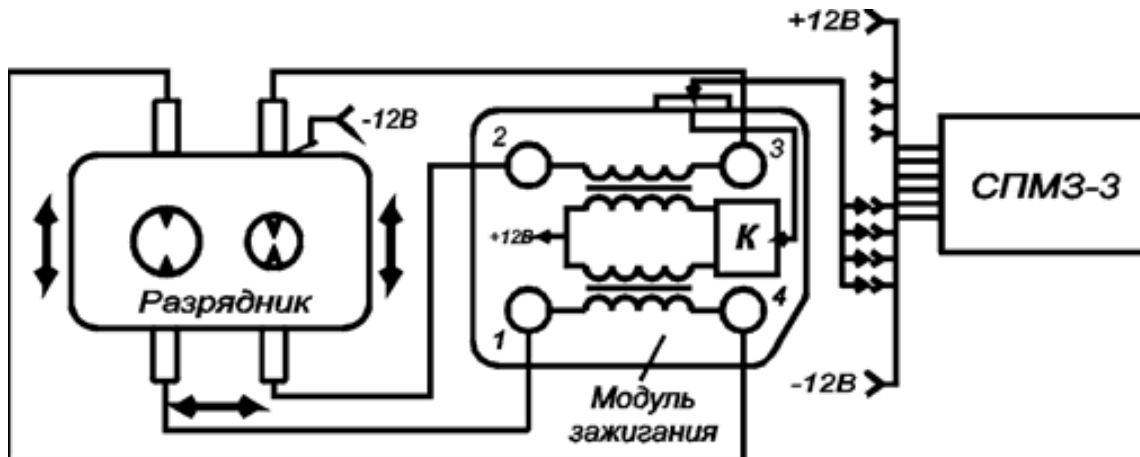


Рисунок А.2 – Схема испытания катушки зажигания

Таблица А.2

Параметр	Частота вращения				
	600	1000	2000	4000	6000
$n, \text{мин}^{-1}$					
$\delta, \text{мм}$					
$I_1, \text{А}$					


Рисунок А.3 – Зависимость силы тока от частоты вращения

#### А.4 Оценка технического состояния свечей зажигания

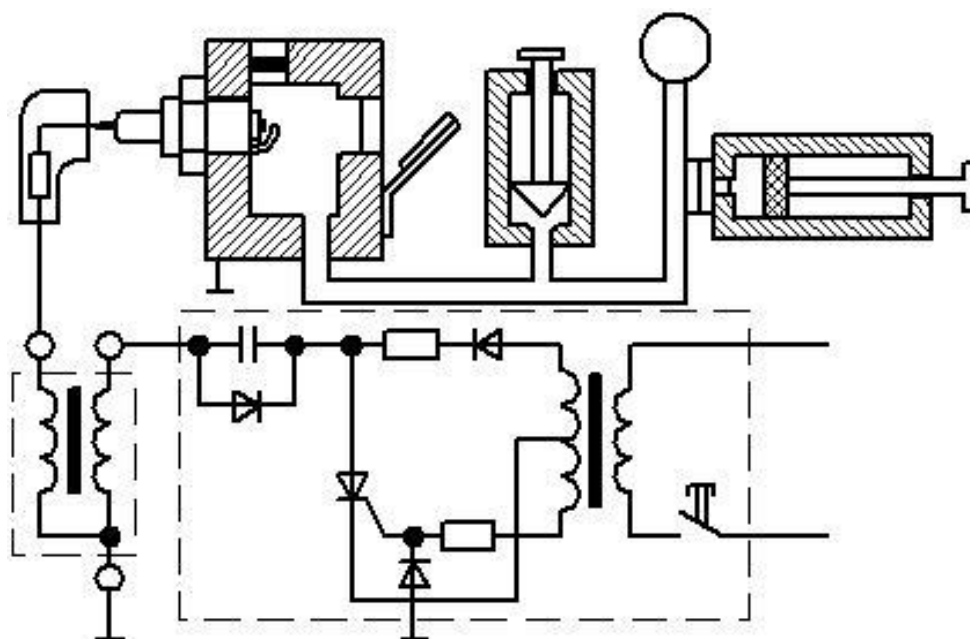


Рисунок А.4 – Схема испытания свечей зажигания

Таблица А.3

Объект исследования	1	2	3	4	5	6
Маркировка свечи зажигания						
Производитель						
Длина резьбы						
Диаметр резьбы						
Размер «под ключ»						
Калильное число						
Форма и число электродов						
Материал электродов						
Наличие резистора						
Выступание изолятора						
Особенности конструкции						
Искровой зазор:						
измеренный						
допустимый						
Состояние изолятора и электродов						
На каких автомобилях используется						

## **А.5 Испытание свечей зажигания на герметичность**

Таблица А.4

Маркировка свечи зажигания	Испытательное давление, МПа	Время испытания, мин	Падение давления, МПа	Результаты испытания

## **А.6 Испытание свечей зажигания на искрообразование**

Таблица А.5

Маркировка свечи зажигания	Искровой зазор, мм	Испытательное давление, МПа	Результаты испытания

## **А.7 Выводы и анализ полученных результатов**

---

---

---

---

---

---

---

---

## Приложение Б

(справочное)

### Приборы, применяемые для выполнения работы

#### Б. 1 Назначение

Стенд проверки модуля зажигания «ЦНТ-СПМЗ-3» 4578 – 001 – 57581962 – 06 ТУ предназначен для проверки:

- модулей зажигания 42. 3705 (или аналогичных),
- катушек зажигания 043.3705 (или аналогичных),
- систем зажигания (в дальнейшем – СЗ) «ЦНТ-Модуль»,
- высоковольтных проводов.

В режиме искрообразования при регулируемой частоте искрообразования от режима холостого хода до максимальных оборотов двигателя, как на автомобиле, так и при предпродажной проверке систем, модулей и катушек зажигания и высоковольтных проводов.

Стенд предназначен для работы в схеме незранированного электрооборудования автомобиля.

#### Б. 2 Технические характеристики

1) Стенд соответствует требованиям технических условий 4578 – 001 – 57581962 – 02 ТУ и габаритного чертежа.

2) Стенд выпускается с номинальным напряжением 12 В, в климатическом исполнении У по ГОСТ 15150.

3) Режим работы стенда кратковременный в диапазоне частот искрообразования (по коленчатому валу двигателя) 60 - 6000 об/мин. Зазоры в разряднике соответствуют номинальному уровню мощности искры с напряжением 23 - 24 кВ и пониженной мощности искры с напряжением 15 - 16 кВ.

### Б.3 Основные параметры

1) Напряжение питания, В .....	12,6
2) Максимальный ток потребления (при 6000 об/мин.), А .....	5
3) Время накопления энергии в катушках зажигания (в диапазоне частот 600 - 6000 об/мин.), мс .....	$4 \pm 0,2$
4) Диапазон частоты генератора, Гц .....	2 - 200
5) Зазоры в разрядниках:	
– номинальной мощности искры (23 - 24 кВ), мм .....	15 - 16
– пониженной мощности искры (15 - 16кВ), мм .....	6 - 7
6) Габаритные размеры, мм:	
– блока генератора .....	96 x 66 x 30
– разрядника .....	128 x 113 x 44
7) Диапазон рабочих температур .....	от минус 20°С до плюс 70°С
8) Масса стенда (без ВВ проводов), кг, не более .....	0,6

### Б.4 Состав стенда

В состав стенда входят:

– блок генератора (см. рисунок Б.1) с проводами подключения к источнику питания 12В и разъемами, присоединяемым к модулю зажигания или к коммутатору системы зажигания «ЦНТ-Модуль» (4х-контактный), и к катушке зажигания 043.3705 (3х-контактный).

– сдвоенный разрядник (см. рисунок Б.2) «ЦНТ-РК-1» с зазорами 15 - 16 мм и 6 - 7 мм, с четырьмя выводами, снабженными наконечниками от свечей зажигания, два из которых заземляются, а два – рабочие.



Рисунок Б.1 – Блок генератора



Рисунок Б.2 – Разрядник

## **Б.5 Устройство и работа составных частей стенда**

1) Блок генератора включает в себя:

- стабилизатор внутреннего питания 5 В,
- задающий генератор импульсов с регулируемой частотой,
- формирователь времени накопления энергии в катушках зажигания,
- два выходных каскада для каналов управления «2 - 3» и «1 - 4»

модуля зажигания 42.3705 или коммутатора системы зажигания «ЦНТ-Модуль»,

- внутренний 2х-канальный коммутатор для проверки катушки зажигания 043.3705,
- тумблер и индикатор включения,
- внешний защитный предохранитель от переплюсовки питания.

На панель управления блока генератора выведены: ручка тумблера включения генератора и индикатор включения, ручка регулировки частоты генератора.

Из корпуса блока генератора выходит жгут с 4х-контактным разъёмом подключения к модулю 42.3705 или СЗ «ЦНТ-Модуль» и 3х-контактным разъёмом подключения катушки зажигания 043.3705, а также два провода с зажимами для подключения к аккумуляторной батарее (АБ)  $\pm 12$  В.

2) Разрядник представляет собой пластмассовый корпус, в котором находятся: два искровых промежутка между иглами разрядников 15 - 16 мм (23 - 24 кВ) и 6 - 7 мм (15 - 16 кВ), четыре вывода для присоединения ВВ проводов, снятых со свечей зажигания (причем два из них – заземляются на массу автомобиля зажимом типа «крокодил»).

При работе стенда искрообразование может непосредственно наблюдаться в окошках разрядников.

## Б.6 Комплект приборов Э 203

Э 203-О – прибор для очистки свечей зажигания. Обеспечивает удаление нагара и других загрязнений при помощи пескоструйной очистки и продувки сжатым воздухом. Для очистки применяется формовочный песок с размером зерна 0,14-0,18 мм. Подключается к сети сжатого воздуха.

Э 203-П – прибор для проверки искровых свечей зажигания. Позволяет проводить испытания свечи на герметичность и на бесперебойность искрообразования при заданном давлении в испытательной камере. Давление создается ручным насосом, а искрообразование инициируется встроенным источником высокого напряжения. Для удобства пользования на панели прибора имеется таблица значений испытательного давления в зависимости от зазора между электродами свечи. В комплект входят комбинированный щуп от 0,6 до 1 мм через 0,1 мм и специальный ключ для регулировки искрового промежутка свечей.



Рисунок Б.3 – Комплект приборов Э-203