

**Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО Ульяновский ГУ**

А.А. Глущенко

# **ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ**

(учебное пособие)

**Ульяновск - 2019**

УДК 621.45.02

ББК 39.35

Г-55

**Глушенко, Андрей Анатольевич.** Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебное пособие для студентов инженерно-физического факультета / А.А. Глушенко – Ульяновск: УлГУ, 2019. – 292 с.

Рецензенты: Хусаинов Альберт Шамилевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Проектирование и сервис автомобилей» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

В учебном пособии рассматриваются системы электроснабжения автомобилей и тракторов, требования к ним, конструкция, принцип работы и технические данные устройств и приборов электрооборудования автомобилей и тракторов.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» и направлениям подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», а также может быть полезно для магистров, аспирантов, инженерно-технических работников и научных организаций.

*Рекомендовано к введению в образовательный процесс Ученым советом Инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ (протокол № 11от 18 июня 2019 г.).*

© Глушенко А.А., 2019

© ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет, 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Электрооборудование автомобилей и тракторов представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных электрических и электронных устройств. К автотракторному электрооборудованию относят следующие системы и устройства:

- электроснабжения;
- электростартерного пуска двигателя;
- зажигания;
- освещения, световой и звуковой сигнализации;
- информации и контроля технического состояния автомобиля, трактора и их агрегатов;
- электропривода;
- подавления радиопомех;
- электронного управления системами и агрегатами автомобиля и трактора.

В систему электроснабжения входят генераторная установка и аккумуляторная батарея.

Система электростартерного пуска двигателя включает в себя аккумуляторную батарею, электростартер, реле управления (дополнительные реле и реле блокировки) и электротехнические устройства облегчения пуска двигателя.

Система зажигания обеспечивает воспламенение рабочей смеси в цилиндрах бензиновых двигателей искрой высокого напряжения, возникающей между электродами свечи зажигания. Помимо свечей к системе зажигания относятся катушки зажигания, прерыватели распределители, транзисторные коммутаторы, электронные блоки управления (контроллеры), добавочные резисторы, высоковольтные провода, наконечники свечей и т.д.

Система освещения и световой сигнализации объединяет осветительные приборы (фары головного и рабочего освещения), светосигнальные фонари (габаритные огни, указатели поворота, сигналы торможения, фонари заднего хода и др.) и различные реле управления ими.

Система информации и контроля технического состояния автомобиля, трактора и их агрегатов включает в себя датчики и указатели давления, температуры, уровня топлива в баке, спидометр, тахометр, сигнальные (контрольные) лампы и т.д. На автомобиле может быть установлена бортовая система контроля с компьютером.

Электропривод (электродвигатели, моторедукторы, мотонасосы, электромагниты) находит все большее применение в системах

стеклоочистки, отопления, вентиляции, предпускового подогрева двигателя, в стеклоподъемниках, в системах подъема и опускания антенны, в устройствах блокировки дверей, в исполнительных механизмах электронных систем.

Используется разнообразная коммутационная и защитная аппаратура: выключатели, переключатели, реле различного назначения, контакторы, предохранители и блоки предохранителей, соединительные панели и разъемные соединения.

Расширяется применение электронных систем впрыскивания топлива, антиблокировочных, противобуксовочных и навигационных систем, систем предотвращения столкновений.

Число и мощность потребителей электроэнергии на автомобилях и тракторах постоянно увеличиваются, соответственно возрастает мощность источников электрической энергии. На смену устаревшему электрооборудованию приходят новые, более сложные по конструкции и схемным решениям электрические и электронные изделия и системы.

От совершенства конструкции и технического состояния электрооборудования зависят эксплуатационная надежность и производительность автомобиля и трактора.

Глубокие знания типов и видов электрооборудования, принципов их работы приобретают важное значение в настоящее время, когда при непрерывном усложнении автомобилей и тракторов возрастают требования к их надежности, долговечности, экономичности и экологической безопасности.

Учебное пособие предназначено для подготовки студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Наземные транспортно-технологические средства», а также для аспирантов и инженерных работников.

## ГЛОССАРИЙ

**Аккумулятор** - химический источник тока, способный восстанавливать электрический заряд после разряда.

**Батарея химического источника энергии** - несколько химических источников тока электрически соединенных между собой и снабженных необходимыми для работы устройствами.

**Бесщеточная машина** - вращающаяся электрическая машина, в которой все электрические связи обмоток, участвующих в основном процессе преобразования энергии, осуществляются без скользящих электрических контактов.

**Вентильный генератор переменного тока** - бесколлекторная машина переменного тока, обмотка якоря которой связана с внешними цепями через вентильное коммутирующее устройство и у которой отношение частоты вращения ротора к частоте тока цепи, подключенной к машине, зависит от нагрузки и может быть изменено за счет изменения фазового положения импульсов управления, подаваемых на вентили.

**Генератор** - вращающаяся электрическая машина, предназначенная для преобразования механической энергии в электрическую.

**Герметизирующий компаунд** - материал, используемый для герметизации в местах соединения аккумуляторной крышки с аккумуляторным баком и в выводах аккумулятора.

**Главная цепь** - электрическая цепь, состоящая из элементов, по которым проходит ток, отдаваемый источником во внешнюю цепь или получаемый потребителем из сети и соответствующий полной мощности изделия (машины, прибора, аппарата).

**Емкость аккумулятора (элемента, батареи ХИТ)** - электрический заряд, который аккумулятор (элемент, батарея ХИТ) может отдать в установленном режиме разряда.

**Индукторный генератор** - синхронная машина, у которой статор выполняет функции якоря и индуктора а процесс преобразования энергии обусловлен пульсациями магнитной индукции вследствие зубчатости ротора.

**Клапан ХИТ** - деталь химического источника тока, которая позволяет газу выходить только в одном направлении.

**Кратковременный номинальный режим работы (S2)** - режим, при котором периоды неизменной номинальной нагрузки чередуются с периодами отключения. При этом периоды нагрузки не настолько длительны, чтобы превышения температуры всех частей электрической машины, аппарата или прибора, при практически неизменной темпера-

туре окружающей среды, могли достигать практически установившихся значений, а периоды отключения достаточно длительны для охлаждения всех частей до практически холодного состояния.

**Коммутационная и защитная аппаратура** - выключатели, переключатели, реле разного назначения, предохранители и пр.

**Контрольно-измерительные приборы и вспомогательное оборудование** - спидометры, тахометры, указатели давления и температуры, датчики и другие контрольно-измерительные приборы и устройства; исполнительные устройства с электрическим приводом, в том числе стеклоочистители, стеклоомыватели, стеклоподъемники, насосы, вентиляторы; блоки управления, электрокорректоры фар, антенны, устройства для подавления радиопомех и другие подобные устройства.

**Магнето** - электромашинный генератор импульсов высокого напряжения, предназначенный для зажигания горючей смеси в двигателях внутреннего сгорания.

**Нагрузка электрической машины** - мощность, которую развивает электрическая машина в данный момент времени. Нагрузка может быть выражена как в единицах измерения мощности, так и в процентах или в долях номинальной мощности. Нагрузка также может быть задана током, выраженным в амперах или процентах, или долях номинального тока. Для нагрузки, соответствующей номинальной мощности, используют термин «номинальная нагрузка». Практически неизменной нагрузкой считают такую нагрузку, при которой отклонения тока или мощности от заданного режима составляют не более  $\pm 3\%$ .

**Неизменная температура окружающего воздуха** - температура, изменяющаяся за 1 ч не более чем на 1 °С.

**Номинальная мощность** - мощность, указанная на изделии, а также в технической документации, входящая в номинальные параметры и понимаемая в следующем смысле:

а) для автомобильных генераторов - максимальная полезная мощность, определяемая как произведение номинального напряжения на максимальный ток и измеряемая в ваттах;

б) для тракторных и мотоциклетных генераторов - мощность, определяемая как произведение номинального напряжения на номинальный ток и измеряемая в ваттах;

в) для мотоциклетных и мопедных генераторов с параметрическим регулированием - суммарная мощность потребителей электроэнергии на мотоцикле или мопеде;

г) для стартеров - наибольшая полезная мощность на валу, выраженная в ваттах или киловаттах;

д) для электродвигателей - полезная мощность при номиналь-

ном напряжении с номинальным моментом нагрузки на валу, выраженная в ваттах;

е) для всех остальных потребителей электроэнергии - потребляемая электрическая мощность а входных зажимах изделия, вычисляемая, если нет особых указаний, как произведение номинального напряжения на номинальный ток и измеряемая в ваттах.

**Номинальные параметры** - основные электрические и механические параметры, установленные изготовителем и указанные на изделии или в технической документации и характеризующие номинальный режим его работы.

**Отрицательный вывод ХИТ** - открытая проводящая часть, обеспечивающая связь отрицательного электрода ХИТ с внешней электрической цепью.

**Отрицательная пластина** - часть химического источника тока, содержащая активный материал, в котором во время разряда протекает реакция окисления.

**Положительный вывод ХИТ** - открытая проводящая часть, обеспечивающая связь положительного электрода ХИТ с внешней электрической цепью.

**Пастированная пластина** - пластина химического источника энергии, в которой активный материал в виде пасты нанесен на токовод.

**Переполюсовка** - изменение полярности электродов ХИТ, возникающее чаще всего при глубоком разряде источников тока с низкой емкостью при серийной сборке.

**Повторно-кратковременный номинальный режим (S3)** - режим работы, характеризующийся относительной продолжительностью включения ПВ. Пусковые потери при работе в этом режиме практически не оказывают влияния на превышение температуры отдельных частей.

**Полностью заряженная батарея** - состояние аккумуляторной батареи, при котором отдельные аккумуляторы содержат электролит и пластины которых находятся в заряженном состоянии.

**Полностью разряженная батарея с электролитом** - состояние аккумуляторной батареи, при котором отдельные аккумуляторы батареи содержат электролит, а пластины находятся в разряженном состоянии.

**Положительная пластина** - часть химического источника тока, содержащая активный материал, в котором во время разряда протекает реакция восстановления.

**Практически синусоидальная величина** - величина, коэффи-

циент искажения синусоидальной кривой которой не превышает 10 %.

**Превышение температуры электрических машин, аппаратов или изделия** - разность между фактической температурой и температурой охлаждающей среды.

**Предельная температура окружающей среды** - значение температуры окружающей среды, в пределах которой изделия могут работать при реальных режимах эксплуатации редко и в течение ограниченного времени, указанного в стандартах на изделия конкретного вида.

**Продолжительный номинальный режим работы (S1)** - режим работы при неизменной номинальной нагрузке, продолжающейся столько времени, что превышение температуры всех частей электрической машины, аппарата или прибора, при неизменной температуре окружающей среды, достигает практически установившихся значений.

**Рабочая температура окружающей среды** - естественно изменяющаяся или практически неизменная температура окружающей среды, в пределах которой обеспечивается заданный срок службы изделий в эксплуатации.

**Свинцово-кислотная батарея** - аккумуляторная батарея, состоящая из электролита на базе водного раствора серной кислоты, в которой положительные электроды содержат двуокись свинца, а отрицательные электроды - свинец.

**Сепаратор ХИТ** - составная часть химического источника тока, изготовленная из ионопроницаемого материала и предотвращающая электрический контакт между пластинами противоположной полярности.

**Сигнализирующие устройства, осветительные и светосигнальные приборы** - звуковые сигналы, фары, сигнальные и осветительные фонари, световозвращатели, плафоны и пр.

**Система зажигания** - воспламеняет в нужный момент рабочую смесь.

**Система пуска** - осуществляет пуск двигателя.

**Стартер-генератор** - вращающаяся электрическая машина, предназначенная для работы с газовой турбиной или двигателем внутреннего сгорания в режимах генератора и пускового двигателя.

**Сухозаряженная батарея** - определенное состояние аккумуляторной батареи, в аккумуляторах которой отсутствует электролит и пластины находятся в сухом заряженном состоянии и требуют активации.

**Ток короткого замыкания ХИТ** - максимальный ток, который может отдать отдельный химический источник тока или батарея ХИТ

во внешнюю цепь при нулевом электрическом сопротивлении или когда напряжение на выводах отдельного источника тока или батареи ХИТ понижается приблизительно до нуля вольт.

**Трубчатая пластина** - положительная пластина, состоящая из комплекта пористых трубок из перфорированного металла или футляра из сетчатой ткани с или без проходящего в центре токоотвода и активного материала, помещенного внутри трубок.

**Установившаяся температура отдельной части электрической машины, аппарата или изделия** - температура, изменение которой в течение 30 мин не превышает 1 °С, при условии, что нагрузка и температура охлаждающей среды остаются практически неизменными.

**Установочные электроизделия** - соединительные панели и планки, штепсельные и штекерные разъемы, наконечники и пр.

**Химический источник тока (ХИТ)** - основное функциональное устройство, состоящее из блока электродов, электролита, бака, выводов и сепараторов, в котором электрическая энергия получена путем прямого преобразования химической энергии.

**Холодное состояние** - состояние, при котором температура любой части электрической машины, аппарата или другого изделия отличается от температуры охлаждающей среды не более чем на  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ .

**Шаговый электродвигатель** - вращающийся электродвигатель с дискретными угловыми перемещениями ротора, осуществляемыми за счет импульсов сигнала управления.

**Электрические аппараты** - регуляторы напряжения; аппараты зажигания - катушки зажигания, распределители, датчики-распределители, электронные коммутаторы, делители напряжения, высоковольтные источники напряжения, трансформаторы и т.д.

**Электрические машины** - генераторы переменного тока, стартеры, электродвигатели, моторредукторы, контактные и бесконтактные магнето и другие подобные машины.

**Электродвигатель** - вращающаяся электрическая машина, предназначенная для преобразования электрической энергии в механическую.

**Электрохимическая реакция** - химическая реакция, заключающаяся в окислении или в восстановлении химических компонентов с передачей электронов к или от активных материалов.

# І ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

## 1 КЛАССИФИКАЦИЯ И СОСТАВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

### 1.1 Основные технические требования к электрооборудованию

Автотракторное электрическое оборудование изготавливается в соответствии с ГОСТ 52230- 2004 - Электрооборудование автотракторное. Условия работы электрооборудования зависят от климатической зоны эксплуатации и места установки отдельных изделий на автомобиле и тракторе. Изделия электрооборудования выпускаются в климатическом исполнении следующих типов:

У – для умеренного климата;

ХЛ – для холодного климата;

Т – для тропического климата;

О – общеклиматическое исполнение;

У-ХЛ, У-Т и т.д. – возможность эксплуатации электрооборудования в нескольких макроклиматических районах.

В зависимости от рабочего режима изготавливают в следующих исполнениях:

- продолжительном номинальном - S1;

- кратковременном номинальном - S2 с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 5, 10, 30 мин. При длительности кратковременного режима работы менее 5 мин параметры режима указывают в стандартах или КД на изделия конкретного вида;

- повторно-кратковременном S3 с длительностью включения (ПВ) 15 %, 25 %, 40 % и 60 %. Продолжительность одного цикла указывают в стандартах или КД на изделия конкретного вида.

В зависимости от климатического исполнения электрооборудование должно быть работоспособным в следующих условиях:

Максимальная температура окружающей среды, для изделий, устанавливаемых:

- на двигателе и в двигательном отсеке: 70, 80, 90, 100 °С;

- в кабине или закрытом кузове, а также снаружи 55...65 °С.

Минимальная температура окружающей среды, для изделий, устанавливаемых:

- снаружи, в кабине или закрытом кузове, а также для тех изделий, которые должны работать до предпускового подогрева от -45 до -60 °С.

- на двигателе и в двигательном отсеке и включаемых только после предпускового подогрева -20...-40 °С

Относительная влажность воздуха для всех изделий при температуре 40 °С - 95 %.

Минимальное давление окружающей среды для всех изделий, (на высоте 4000 м над уровнем моря) - 61 кПа.

Кроме того, изделия электрооборудования должны сохранять работоспособность после воздействия температур 60, 50, 45 °С соответственно для исполнений ХЛ, У, Т (во время транспортирования и нерабочих периодов).

Изделия электрооборудования должны выдерживать также значительные вибрационные и ударные нагрузки.

Допустимые значения превышения температуры для электрических машин и аппаратов длительного режима работы при температуре окружающей среды +70 °С

Изделия электрооборудования должны быть защищены от проникновения посторонних тел, пыли, брызг, воды, обеспечивать надежную и безотказную работу в эксплуатации в течение требуемого срока службы.

Ресурс изделий электрооборудования измеряется числом часов работы двигателя или числом включений, а также пробегом автомобиля в километрах. Защита от коррозии должна осуществляться лакокрасочными, гальваническими, химическими покрытиями или их сочетаниями.

Изделия электрооборудования должны быть совместимы между собой и внешней средой и сохранять работоспособность в условиях электромагнитного воздействия.

Изделия электрооборудования могут быть рассчитаны на продолжительный номинальный режим работы, кратковременный номинальный режим работы с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 5, 10 и 30 мин и повторно кратковременный номинальный режим с продолжительностью включения 15, 25, 40 и 60 %.

Изоляция обмоток и токоведущих деталей изделий электрооборудования относительно корпуса должна выдерживать без повреждений в течение 1 мин воздействие синусоидального переменного напряжения частотой 50 Гц, действующие значения которого указаны

Изделия электрооборудования должны работать в однопроводной схеме, в которой с корпусом автомобиля или трактора соединен отрицательный полюс системы. Допускается изготовление изделий, у которых от корпуса изолированы оба полюса.

Уровень радиопомех изделий электрооборудования не должен

превышать значений, предусмотренных ГОСТ Р 51318.12 - для изделий, проектирование которых начато до 01.07.2000 и ГОСТ Р 41.10 - для изделий, проектирование которых начато с 01.07.2000. Для удовлетворения этих требований изделия электрооборудования имеют следующие исполнения: неэкранированное; с частичным экранированием; экранированное.

Для снижения уровня радиопомех применяются помехоподавляющие устройства:

- неэкранированные или экранированные наконечники искровых свечей зажигания;
- высоковольтные провода с распределенным сопротивлением;
- фильтры радиопомех;
- помехоподавительные резисторы в роторах распределителей или в искровых свечах зажигания.

Направление вращения валов изделий электрооборудования определяется следующим образом:

- электрические машины с одним свободным концом вала (генераторы, стартеры, электродвигатели), магнето, датчики дистанционных спидометров и тахомотосчетчиков – со стороны привода; спидометры – со стороны шкалы;
- электрические машины с двумя свободными концами вала и остальные приборы – со стороны, указанной изготовителем.

В частности:

- со стороны приводного конца вала - для электрических машин с одним выходящим концом вала (стартеров, электродвигателей, генераторов, магнето, датчиков электрических спидометров и тахометров), а также генераторов консольного типа для мототехники;
- со стороны кулачка прерывателя или бегунка - для распределителей зажигания;
- по технической документации на изделия конкретного вида - для электрических машин с двумя выходящими концами валов.

## **1.2 Номинальные параметры электрооборудования**

Номинальные параметры изделий автотракторного электрооборудования (номинальная мощность, номинальная сила тока, номинальное напряжение и др.) относятся к работе при температуре  $25 \pm 10$  °С, относительной влажности 45–80 % и давлении 86,6–106,6 кПа (650–800 мм рт.ст.). В условиях, отличающихся от указанных, номинальные параметры могут быть изменены на величину, оговоренную в стандартах на отдельные виды изделий. Все номиналь-

ные параметры измеряются при номинальном напряжении.

Номинальное напряжение системы электрооборудования следует выбирать из ряда: 6, 12, 24 В.

Номинальные значения напряжения изделий выбирают из ряда:

- 7, 14, 28 В - для генераторов и генераторных установок;

- 6, 12, 24 В - для потребителей тока.

Номинальные параметры для потребителей тока, работающих в предпусковой период, следует устанавливать при номинальном значении напряжения.

Номинальные параметры для потребителей тока, используемых при работающем двигателе, следует устанавливать при напряжении, выбираемом из ряда: 6,7; 13,5; 27,0 В.

Номинальные параметры для потребителей тока, используемых в предпусковой период и при работающем двигателе, следует устанавливать при напряжении, указанном в стандартах или КД на изделия конкретного вида.

Номинальные значения параметров допускается определять при расчетном напряжении, что должно быть указано в стандартах или конструкторской документации на изделия конкретного вида.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Расскажите о классификации электрооборудования.*
- 2. Что такое номинальные параметры электрооборудования?*
- 3. Как электрооборудование классифицируется по климатическому исполнению?*
- 4. Какие помехоподавляющие устройства применяются для снижения уровня радиопомех?*
- 5. Какие режимы работы электрооборудования регламентируются?*
- 6. Как определяется направление вращения валов изделий электрооборудования.*

## **2 АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ**

Аккумуляторная батарея обеспечивает электроснабжение электростартера при пуске двигателя, а также электроснабжение других потребителей электроэнергии на автомобиле и тракторе при неработающем генераторе или его недостаточной мощности. Во втором случае аккумуляторная батарея работает параллельно с генератором. Основным потребителем энергии аккумуляторной батареи является электростартер. Работа в стартерном режиме определяет тип и конструк-

цию аккумуляторных батарей и выделяет их в особый класс стартерных батарей.

На автомобилях и тракторах в качестве стартерных применяются свинцовые аккумуляторные батареи. По конструктивно-функциональному признаку различают батареи:

- обычной конструкции – в моноблоке с ячеечными крышками и межэлементными перемычками над крышками;
- в моноблоке с общей крышкой и межэлементными перемычками под крышкой;
- необслуживаемые – с общей крышкой, не требующие технического обслуживания в эксплуатации.

1. По назначению:

- стартерные - для запуска двигателей внутреннего сгорания (тип SLI (зажигание, свет), тип ICE для запуска двигателя внутреннего сгорания и как источник электропитания автомобилей и тракторов);
- тяговые - для работы погрузочной техники, самоходных колесок и тележек;
- для портативной техники и устройств;
- промышленные стационарные - для объектов связи, энергетики, промышленности.

2. По состоянию электролита:

- с жидким электролитом (GroE, OPzS, PzS, OGi, OP);
- с гелеобразным электролитом (OPzV, PzV, PzB, OGiV);
- с абсорбированным электролитом (VRLA).

3. По виду обслуживанию:

- мало обслуживаемые (открытого типа), требуется долив воды в течение срока эксплуатации (GroE, OPzS, PzS, OGi, OP);
- герметизированные (закрытого типа), иногда называют необслуживаемыми; не требуется долив воды в течение срока эксплуатации (OPzV, PzV, PzB, OGiV, VRLA).

4. По типу положительной пластины (рис. 1):

- Plante (GroE);
- панцирная трубчатая (OPzS, PzS, OPzV, PzV, PzB);
- стержневая намазная (OGi, OGiV);
- решетчатая намазная (OP, VRLA).



**Рис. 1 - Общий вид положительных пластин:**

*а - поверхностная (Plante); б - решетчатая намазанная; в - панцирная трубчатая; г - стержневая намазанная*

**5. По типу положительных и отрицательных пластин:**

- GroE - стационарные аккумуляторные батареи; поверхностные положительные пластины; традиционная или узкая компоновка (DIN 40732, DIN 40738);

- OPzS - стационарные аккумуляторные батареи; панцирные положительные пластины с разделителем (DIN 40736);

- OPzV - стационарные аккумуляторные батареи; панцирные положительные пластины с разделителем; герметизированные с гелевым электролитом (DIN 40742);

- OGi - стационарные аккумуляторные батареи; решетчатые стержневые положительные пластины (DIN 40734, DIN 40739);

- OgiV - стационарные аккумуляторные батареи; решетчатые стержневые положительные пластины; герметизированные с гелевым электролитом (DIN 40737 ч. 3);

- GiV - моноблочные аккумуляторные батареи; решетчатые положительные пластины (DIN 43534);

- SpzV - специальные аккумуляторные батареи; панцирные положительные пластины с разделителем; герметизированные с гелевым электролитом (DIN 43534, DIN 43539);

- PzS - тяговые аккумуляторные батареи; панцирные положительные пластины с разделителем (DIN 43531-5);

- PzV - тяговые аккумуляторные батареи; панцирные положительные пластины с разделителем; герметизированные с гелевым элек-

тролитом (DIN 43531-5);

- VRLA - необслуживаемых батарей с рекомбинацией выделяющихся газов и встроенными в крышки регулировочными клапанами, которые открываются при избыточном давлении газов.

6. По составу сплава решетки положительной пластины

- *Pb-Sb сплав (6% Sb)* - более прочный (лёгкий в обращении), пониженная текучесть, высокие потери воды в батарее, только для использования в батареях открытого типа.

- *Pb-Sb сплав с низким содержанием сурьмы (2% Sb)*;

- *Pb-Ca-Sn сплав*: - очень прочный, низкие потери воды, используется для VRLA батарей.

## 2.1 Условия эксплуатации и технические требования

Работая параллельно с генераторной установкой, аккумуляторная батарея устраняет перегрузки генератора и перенапряжения в системе электрооборудования. После разряда на электростартер и другие потребители электроэнергии аккумуляторная батарея подзаряжается от генераторной установки с определенным уровнем регулируемого напряжения. Генератор должен восполнить энергию, отданную батареей при разряде. Чередование режимов разряда и заряда (циклирование) – одна из характерных особенностей работы аккумуляторных батарей на автомобилях и тракторах.

Аккумуляторная батарея является не только элементом систем электроснабжения и электростартерного пуска, но и составной частью других систем в электрооборудовании.

Условия, в которых работает аккумуляторная батарея, зависят от типа, назначения и климатической зоны эксплуатации, а также от места ее установки на автомобиле и тракторе. На эксплуатационную надежность и срок службы батареи влияют температура окружающей среды, уровень вибрации и тряски, периодичность, объем и качество технического обслуживания, параметры стартерного разряда, сила токов и продолжительность разряда и заряда при циклировании, уровень надежности и исправности электрооборудования, продолжительность работы и перерывов в эксплуатации. Стартерные свинцовые аккумуляторные батареи могут эксплуатироваться при температуре окружающей среды от 40 до 60 °С (аккумуляторные батареи группы I) и от 50 до 60 °С (батареи группы II). При этом рабочая температура электролита должна быть не выше 50 °С.

При повышении температуры электролита батареи разрушаются электроды, ускоряется сульфитация. Для уменьшения химической ак-

тивности электролита его плотность в жарких и теплых влажных климатических районах понижают до  $1,25-1,27 \text{ г/см}^3$ . Рост температуры вызывает интенсивное испарение воды из электролита. Под действием солнечных лучей и высокой температуры в батареях обычной конструкции уменьшается прочность эбонитовых моноблоков, крышек и герметизирующей мастики.

При низких температурах герметизирующая мастика теряет эластичность, растрескивается и отслаивается от поверхности крышек и моноблоков. Моноблоки, крышки и пробки становятся хрупкими. При таянии снега на поверхности батареи образуется влага. Лед на поверхности пробок может закрыть вентиляционные отверстия. При недостаточной плотности электролита и значительной разряженности батареи возможно замерзание электролита. Поэтому батареи, эксплуатируемые при низких температурах, рекомендуется заполнять электролитом большей плотности ( $1,29-1,31 \text{ г/см}^3$ ) и содержать в заряженном состоянии.

Низкие температуры значительно ухудшают условия заряда аккумуляторных батарей. Уже при температуре  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  разряженная на 50 % батарея может быть заряжена только на 60–65 % номинальной емкости. В условиях зимней эксплуатации увеличивается число включенных потребителей. Резко возрастает сила тока, потребляемого электростартером.

Все это затрудняет обеспечение положительного зарядного баланса батареи на автомобиле. При температуре ниже  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  для поддержания батареи в заряженном состоянии необходимо повышать регулируемое напряжение генераторной установки трактора. Зарядное напряжение должно соответствовать значению, указанному в техническом описании и инструкции по эксплуатации трактора. Максимальное регулируемое напряжение генераторной установки не должно превышать 15,5 и 31,0 В соответственно для 12 и 24 вольтных систем электрооборудования.

Высокая механическая прочность, достаточный срок службы, необходимая емкость при небольших размерах и массе, работоспособность в широком диапазоне температур и значений силы разрядного тока, небольшие потери энергии при длительном бездействии, минимальное внутреннее сопротивление и внутреннее падение напряжения при большой силе тока разряда в стартерном режиме – это не полный перечень требований к стартерным аккумуляторным батареям на тракторе. Аккумуляторные батареи должны выдерживать кратковременные разряды стартерными токами большой силы без разрушения электродов и ухудшения характеристик при дальнейшей эксплуатации, а

также иметь достаточный запас энергии для питания потребителей в случае выхода из строя генераторной установки и для других нужд, возникающих в аварийных ситуациях.

К аккумуляторным батареям на тракторах должен быть обеспечен свободный доступ для осмотра и технического обслуживания. Аккумуляторные батареи размещают ближе к стартеру с целью уменьшения длины стартерного провода и падения напряжения на нем. Массовый провод батареи крепят к двигателю или жесткой раме.

Уровень вибрации в местах установки аккумуляторных батарей не должен превышать  $1,5g$  (ускорение  $14,7 \text{ м/с}^2$ ) в диапазоне частот до 60 Гц. Допускается кратковременная вибрационная нагрузка при ускорении  $49 \text{ м/с}^2$  ( $5g$ ) с частотой до 30 Гц. При вибрации и тряске батарея не должна перемещаться по опорной площадке. Посадочные места должны иметь амортизаторы и амортизационные прокладки.

Саморазряд заряженной батареи, кроме необслуживаемой, после бездействия в течение 14 сут при температуре окружающей среды не должен превышать 10 %, а после бездействия в течении 28 сут 20 % номинальной емкости. Саморазряд необслуживаемой батареи после бездействия в течении 90 сут не должен превышать 10 % номинальной емкости, а после бездействия в течении года – 40 %.

Минимальный срок службы аккумуляторной батареи в эксплуатации считается до момента уменьшения разрядной емкости ниже 40 % номинальной емкости или снижения продолжительности стартерного разряда до 1,5 мин при температуре  $(25 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  до конечного разрядного напряжения 4,5 и 9,0 В соответственно для 6 и 12 вольтных батарей.

Минимальный срок службы батарей обычной конструкции и с общей крышкой в эксплуатации должен составлять один год при наработке транспортного средства не более 90 тыс. км пробега.

Минимальный срок службы необслуживаемых батарей в эксплуатации должен составлять три года при наработке транспортного средства не более 100 тыс. км пробега.

Гарантийный срок сохраняемости не залитых электролитом батарей – три года с момента изготовления. Гарантийный срок сохраняемости сухозаряженных батарей – один год с момента изготовления.

Для необслуживаемых батарей, залитых электролитом, устанавливается срок сохраняемости два года при условии промежуточного заряда в пределах минимального срока службы.

Химический источник тока должен удовлетворять следующим требованиям:

– максимальная ЭДС электрохимической системы;

- максимальное количество электрической энергии, снимаемой с единицы массы или объема;
- минимальный саморазряд;
- максимальный срок службы;
- минимальная стоимость материалов и изготовления;
- возможность обеспечения работы в наиболее широких температурных пределах.

## 2.2 Принцип действия свинцово-кислотного аккумулятора

Аккумуляторные батареи являются вторичными химическими источниками тока, которые могут использоваться многократно. Активные вещества, израсходованные в процессе разряда, восстанавливаются при последующем заряде. При протекании разрядной химической реакции в аккумуляторе отрицательный электрод окисляется, а положительный восстанавливается. При окислении происходит отдача электронов, при восстановлении – присоединение электронов.

В свинцовом аккумуляторе в токообразующих процессах участвуют диоксид свинца  $PbO_2$  (окислитель) положительного электрода, губчатый свинец  $Pb$  (восстановитель) отрицательного электрода и электролит – водный раствор серной кислоты  $H_2SO_4$ . Активные вещества электродов представляют собой относительно жесткую электропроводящую массу с диаметром пор 1–5 мкм у диоксида свинца и 5–10 мкм у губчатого свинца. Объемная пористость активных веществ в заряженном состоянии составляет около 50 %.

Часть серной кислоты в электролите диссоциирована на положительные ионы водорода  $H^+$  и отрицательные ионы кислотного остатка  $SO_4^{2-}$  (рис. 2).

При подключении к аккумулятору нагрузки под действием ЭДС во внешней цепи будет протекать ток, обусловленный перемещением электронов от отрицательного электрода, присоединяя на свой внешний энергетический уровень по два электрона, становятся двухвалентными ионами, которые, вступая в реакцию с отрицательными ионами кислотного остатка, образуют молекулы сульфата свинца.

Губчатый свинец при разряде аккумулятора выделяет в электролит положительные ионы двухвалентного свинца  $Pb^{2+}$ . Избыточные ионы отрицательного электрода по внешнему участку замкнутой электрической цепи перемещаются к положительному электроду, где восстанавливают четырехвалентные ионы свинца  $Pb^{4+}$  до двухвалентного свинца  $Pb^{2+}$ .

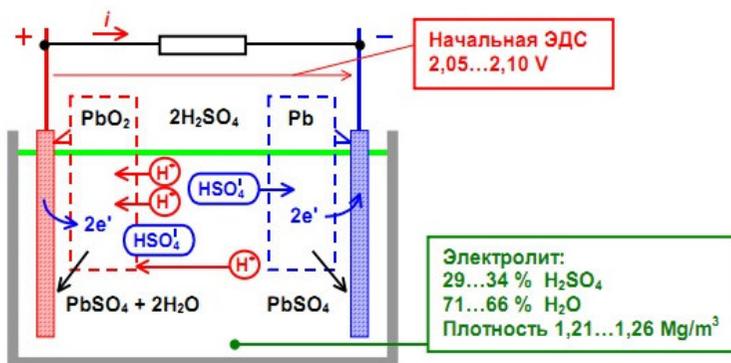


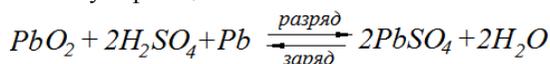
Рис. 2 - Электрохимическая схема разрядного процесса

Положительные ионы свинца  $Pb^{2+}$  соединяются с отрицательными ионами кислотного остатка  $SO_4^{2-}$ , образуя на обоих электродах сернокислый свинец  $PbSO_4$  (сульфат свинца).

При уменьшении числа электронов на отрицательном электроде нарушается равновесное состояние, в результате чего новые положительные ионы свинца ( $Pb^{++}$ ) переходят в раствор электролита и вступают в реакцию с ионами кислотного остатка. Ток внутри аккумулятора обусловлен перемещением положительных ионов водорода к положительному электроду. При этом в результате взаимодействия ионов водорода с отрицательными ионами гидроксида образуются молекулы воды. Следовательно, при разряде аккумулятора на обоих электродах выделяется сульфат свинца и уменьшается плотность электролита.

При подключении к зарядному устройству электроны движутся к отрицательному электроду, нейтрализуя двухвалентные ионы свинца  $Pb^{2+}$ . На электроде выделяется губчатый свинец  $Pb$ . Отдавая под влиянием напряжения внешнего источника тока по два электрона, двухвалентные ионы свинца  $Pb^{2+}$  у положительного электрода окисляются в четырехвалентные ионы  $Pb^{4+}$ . Через промежуточные реакции ионы  $Pb^{4+}$  соединяются с двумя ионами кислорода и образуют диоксид свинца  $PbO_2$ .

Химические реакции в свинцовом аккумуляторе описываются уравнением двойной сульфатации:



Содержание в электролите серной кислоты и плотность элек-

тролита уменьшаются при разряде и увеличиваются при заряде. Образование воды при разряде происходит у положительного электрода, в результате плотность электролита у положительных электродов падает быстрее, чем у отрицательных. При заряде серная кислота образуется у положительного электрода, поэтому плотность электролита у положительного электрода растет быстрее, чем у отрицательного. На 1 А·ч электрической емкости расходуется: при разряде –3,86 г свинца, 4,44 г диоксида свинца, 3,67 г серной кислоты, а при заряде – 0,672 г воды, 11,6 г сульфата свинца.

Расход кислоты у положительных электродов больше, чем у отрицательных. Если учитывать количество воды, образующейся у положительных электродов, то количество кислоты, необходимой для них в течении разряда, в 1,6 раза больше, чем для отрицательных. Это является основной причиной того, что сепаратор со стороны положительного электрода имеет желоба с целью увеличения объема кислоты около такого электрода. При заряде происходит незначительное увеличение объема электролита, а при разряде – уменьшение.

По плотности электролита можно судить о степени разряженности  $C_p$  (%) свинцового аккумулятора:

$$\Delta C_p = \frac{100 \cdot (\rho_3 - \rho_{25})}{\rho_3 - \rho_p}$$

где  $\rho_3$  и  $\rho_p$  – плотность электролита соответственно полностью заряженного и полностью разряженного аккумуляторов при температуре 25 С, г/см<sup>3</sup> ( $\rho_3 - \rho_p = 0,16$  г/см<sup>3</sup>);  $\rho_{25}$  – измеренная плотность электролита, приведенная к плотности при температуре 25 С, г/см<sup>3</sup> (далее плотность, приведенная к температуре).

Для приведения плотности электролита к температуре 25 С используют формулу:

$$\rho_{25} = \rho_t - 0,0007(25 - t)$$

где  $t$  – температура электролита в момент измерения плотности, град..

Степень разряженности батареи по измеренной плотности определяют с учетом начальной плотности электролита полностью заряженной батареи (табл. 1). Батареи, степень разряженности которых больше 50 % летом и 25 % зимой, необходимо снять с эксплуатации и зарядить в стационарных условиях.

Таблица 1

## Степень разряженности батареи по измеренной плотности

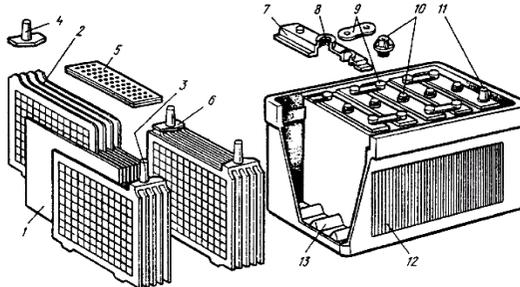
Плотность электролита, приведенная к температуре 25 °С, г/см <sup>3</sup>		
Полностью заряженная батарея	Разряженная батарея	
	на 25 %	на 50 %
1,30	1,26	1,22
1,28	1,24	1,20
1,26	1,22	1,18
1,24	1,20	1,16
1,22	1,18	1,14

17

## 2.3 Устройство стартерных аккумуляторных батарей

Батарея в зависимости от требуемого напряжения содержит три или шесть последовательно соединенных аккумуляторов.

Стартерная свинцовая аккумуляторная батарея обычной конструкции с межэлементными перемычками над ячеичными крышками состоит из собранных в полублоки 2 и 3 (рис. 3) положительных и отрицательных электродов (пластин), сепараторов 1, моноблока 12 (корпуса), крышек 7 с пробками 10, межэлементных перемычек 9, полюсных выводов 11 и предохранительного щитка 5.

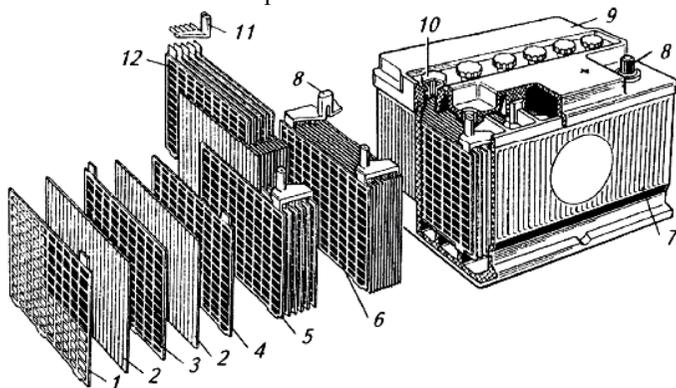


**Рис. 3 - Устройство обычной стартерной аккумуляторной батареи:**

1 - сепаратор; 2, 3 - соответственно, полублоки положительных и отрицательных электродов; 4 - баретка; 5 - предохранительный щиток; 6 - мостик; 7 - крышка; 8 - заливное отверстие; 9 - межэлементная перемычка; 10 - пробка; 11 - полюсный вывод; 12 - моноблок; 13 - опорная призма

Аккумуляторная батарея с общей крышкой и межэлементными

перемычками под крышкой дана на рисунке 4. Положительные 3 и отрицательные 4 электроды имеют решетку 1 с нанесенной на нее активной массой. Для предохранения от коротких замыканий электроды разделены сепараторами 2. Положительные и отрицательные электроды соединены бареткой в полублоки 12 и 5. Полублоки объединяются в блоки, которые опускаются в секции моноблока и соединяются между собой межэлементными перемычками.



**Рис. 4 - Устройство аккумуляторной батареи с общей крышкой:**

*1 - решетка; 2, 4 - положительный и отрицательный электроды; 5, 12 - полублоки положительных и отрицательных электродов; 6 - блок электродов с сепараторами; 7 - моноблок; 8 - полюсный вывод; 9 - общая крышка; 10 - пробка; 11 - мостик с борном*

Традиционные стартерные батареи имеют достаточно высокие значения электрических характеристик, однако обладают рядом существенных недостатков. В процессе эксплуатации батареи снижается уровень электролита, что требует периодического (1–2 раза в месяц) добавления дистиллированной воды, проверки плотности электролита и в случае необходимости – выравнивания значений плотности в отдельных аккумуляторах. Снижение уровня электролита происходит, в первую очередь, в результате электролиза воды при прохождении тока в конце заряда и при перезарядке батареи. У необслуживаемых батарей такое снижение уровня электролита по указанной причине значительно меньше, так как меньше перезаряд батареи.

Снижение уровня электролита также происходит в результате его испарения и зависит от температуры батареи, т.е. в основном от места установки батареи на автомобиле (под капотом или снаружи) и

от климатических условий эксплуатации. При хранении происходит саморазряд батареи, который обычно составляет 0,5–0,8 % в сутки, увеличиваясь с повышением температуры. В случае хранения батареи при положительных температурах ее следует подзарядить. Интенсивность электролиза электролита и сопутствующей ему коррозии решеток возрастает при перезарядке, повышении температуры и длительном использовании батареи.

Выделяемая при работе свинцовой батареи кислородно-водородная смесь взрывоопасна, газы и пары электролита могут вызвать коррозию металлических деталей автомобиля, расположенных рядом с батареей, а также полюсных выводов и деталей крепления самой батареи. Некоторые вещества, образующиеся при эксплуатации батареи, например, стибин-сурьмянистый водород, токсичны.

Отмеченные недостатки, характерные для обычных (традиционных) батарей, связаны с содержанием 4–6 % сурьмы в сплаве свинца, из которого отливают решетки электродов.

Сурьма в решетках положительных электродов способствует более интенсивному выделению кислорода и одновременно электрохимическому переносу и отложению сурьмы на поверхности отрицательного электрода. Присутствие даже небольшого количества сурьмы на поверхности отрицательного электрода приводит к заметному росту газовыделения и снижению уровня электролита. Перенос сурьмы на поверхность отрицательного электрода приводит к повышению его потенциала, уменьшению ЭДС, повышению силы зарядного тока, увеличению потерь воды и сокращению срока службы батареи.

Появление необслуживаемых батарей стало возможным благодаря применению решеток из свинцово-кальциевого сплава или свинцово-сурьмянистого сплава с уменьшенным содержанием сурьмы.

Необслуживаемые батареи со свинцово-кальциевыми решетками отличаются не только малым газовыделением и саморазрядом, но и другими преимуществами. Такие батареи можно устанавливать в местах, не требующих удобного доступа для технического обслуживания. Коррозия решеток электродов меньше. Батареи имеют лучшие характеристики стартерного режима разряда. Добавление воды в процессе эксплуатации не требуется, что в конструкции батареи не предусмотрено.

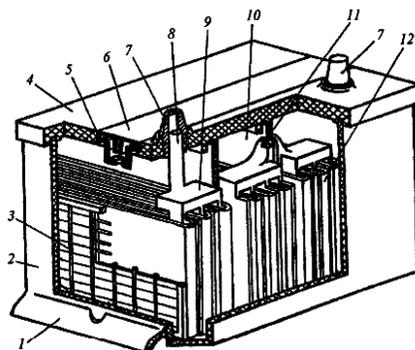
Технологические трудности изготовления решеток электродов из сплава свинца и кальция заставили разрабатывать батареи с ограниченным объемом обслуживания на основе электродов с пониженным содержанием сурьмы в решетках. Интенсивность газовыделения существенно снижается только при уменьшении содержания сурьмы в

сплаве решетки до 2,0–2,5 %. Но уже при содержании сурьмы ниже 4 % резко ухудшаются литейные свойства свинцово-сурьмянистого сплава, снижается механическая прочность решетки, возрастает скорость коррозии электродов. Для сохранения необходимых технологических и эксплуатационных свойств малосурьмянистых сплавов в них добавляют медь (0,02–0,05 %), серу и селен (до 0,01 %). На свойства литейных сплавов благоприятно влияет присадка олова (до 0,01 %).

Батареи с решетками электродов из малосурьмянистых сплавов, содержащих легирующие добавки, имеют несколько худшие показатели саморазряда по сравнению с батареями, в которых решетки выполнены из свинцово-кальциевого сплава. Такие батареи имеют достаточно высокий срок службы и малочувствительны к глубоким разрядам, однако требуют один раз в год долива воды.

В отечественных необслуживаемых (зарубежные батареи с электродами такого типа называются малообслуживаемыми) батареях по сравнению с обычными батареями уменьшено содержание сурьмы в сплаве решеток электродов. Поэтому значительно снизилась интенсивность саморазряда батареи (до 0,08–0,01 % в сутки). К отличительным особенностям необслуживаемых батарей относятся:

- применение сепараторов-конвертов (рис. 5);
- установка блока электродов с сепараторами-конвертами на дно моноблока и их приклейка к дну, что позволяет повысить стойкость к вибрации и увеличить объем электролита;



**Рис. 5 - Устройство аккумуляторной батареи с сепараторами-конвертами:**

*1 - выступ моноблока; 2 - моноблок; 3 - электрод; 4 - крышка; 5 - пробка; 6 - планка; 7 - вывод; 8 - борн; 9 - мостик; 10 - перегородка; 11 - перемычка; 12 - сепаратор-конверт*

- уменьшение толщины и сопротивления решеток электродов;
- применение укороченных межэлементных соединений, проходящих через перегородки пластмассовых моноблоков;
- расположение ушек электродов не около их краев, а ближе к середине, что обеспечивает лучшее токораспределение при разряде и заряде;
- использование полипропилена для изготовления моноблоков и общих крышек;
- наличие индикаторов состояния батареи;
- применение выводов из коррозионностойкой стали под болт или гайку;
- прикрепление блока электродов к баретке с помощью полиуретана для повышения стойкости к вибрации.

Недостатками необслуживаемых батарей со свинцово-кальциевыми решетками электродов являются:

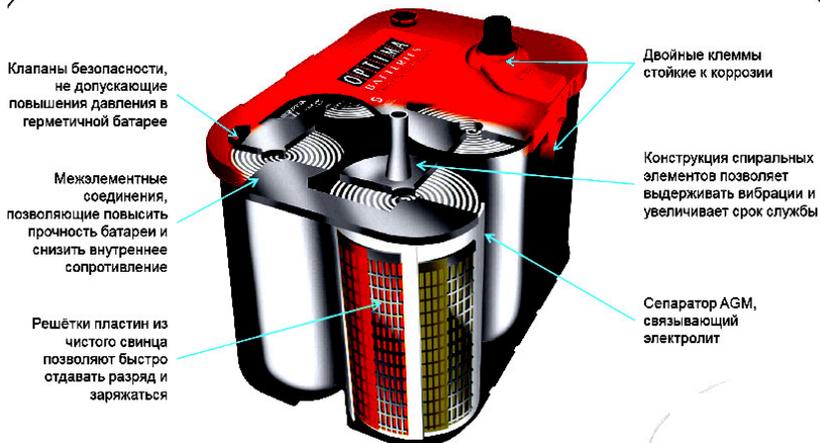
- невозможность определить состояние батареи по плотности электролита, так как отсутствуют пробки заливочных отверстий;
- заряженность таких батарей определяется только по индикатору заряженности;
- возможно снижение емкости при интенсивном заряде, поэтому рекомендуется регулировать напряжение генератора в пределах 14,2–14,4 В.

Перспективно применение на автомобилях конструкций герметичных необслуживаемых батарей с рекомбинацией выделяющихся газов и встроенными в крышки регулировочными клапанами, которые открываются при избыточном давлении газов. Такие батареи имеют обозначение VRLA.

Принципиально новой конструкцией является стартерная аккумуляторная батарея ОПТИМА-850 (рис. 6), выполненная по технологии "ячеистых спиралей". Размеры батареи не больше традиционной аккумуляторной батареи номинальной емкостью 55 А·ч. При этом по количеству выделяемой энергии в стартерном режиме разряда она сопоставима с аккумуляторной батареей номинальной емкостью 190 А·ч. Максимальная сила тока ("ток холодной прокрутки"), который батарея отдает в течении 30 с при температуре 18 °С и при условии, что напряжение на ее выводах не ниже 7,2 В, составляет 850 А. Батарея отдает стартерный ток достаточно большой силы даже при температуре 40 °С.

Благодаря большей площади поверхности электродов данная батарея быстрее заряжается. По данным фирмы изготовителя от разряженного до полностью заряженного состояния батарея может быть

доведена менее, чем за 1 ч. Для этого сила тока заряда должна быть равна 100 А при напряжении заряда 14,4 В.



**Рис. 6 - Устройство аккумуляторной батареи с рулонными элементами**

Батарея полностью герметизирована. Электролит находится в абсорбированном состоянии в микропорах ленты из специального стекловолокна (сепараторе), расположенной между свитыми в рулон электродами (пластинами) из высокочистых свинца и диоксида свинца, размещаемыми в прочные изолированные секции.

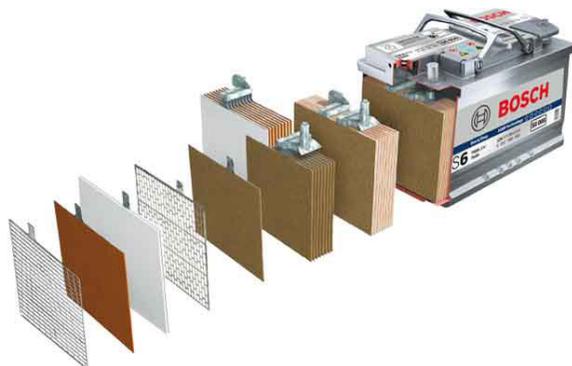
Аккумуляторы с абсорбированным электролитом в микропористом стекловолокне абсолютно безопасны. Батарея таких аккумуляторов может работать при любых углах наклона, даже при полном перевороте батареи вверх дном, без какого-либо риска вытекания электролита. Невелик и риск перезаряда батареи, так как она способна принимать заряд в широком диапазоне зарядного напряжения и силы зарядного тока. На случай нестандартной ситуации при заряде в батарее предусмотрены клапаны безопасности.

Аккумуляторная батарея обладает высокой механической прочностью, устойчива к вибрации с ускорением 4g при частоте 33 Гц в течении 12 ч и с ускорением 6g при частоте 50 Гц в течении 4 ч.

Батарея не требует технического обслуживания в эксплуатации, обеспечивает не менее 12000 циклов стартерного режима разряда, тогда как традиционные стартерные аккумуляторные батареи – не более 4000 циклов. Резервная емкость батареи составляет 120 мин.

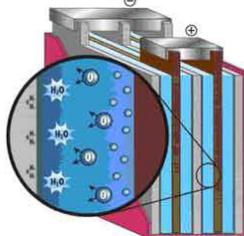
Для обеспечения работы системы стоп-старт используются ак-

кумуляторные батареи AGM (рис. 7) и EFB (рис. 9).



**Рис. 7 - Устройство аккумулятора AGM**

Технология Absorbent Glass Mat (AGM) переводе с английского -«абсорбирующее стекловолокно». Этот материал представляет собой своеобразную губку, впитывающую электролит, и не дающую ему разливаться внутри аккумуляторной полублока активных пластин. Смесь серной кислоты и дистиллированной воды (электролит) не может вылиться, что значительно расширяет сферу применения батареи, делает ее безопасной. Устанавливать аккумуляторы AGM можно в любом положении, они не «боятся» переворачивания, что особенно актуально при комплектации мотоциклов, катеров и другой техники. Технология, имеющая еще одно название – связанный электролит, поглощающего стекловолокна основана на повышении срока службы аккумуляторов, увеличении мощности тока холодной прокрутки, повышении устойчивости к критическим разрядам.

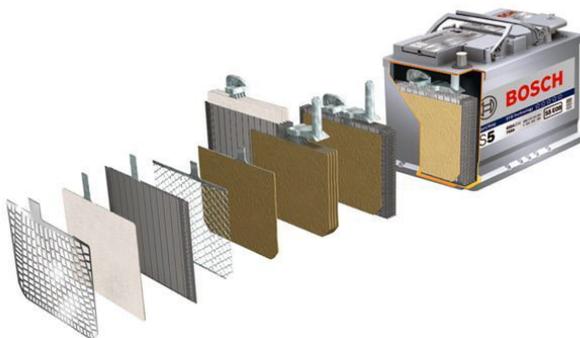


**Рис. 8 - Устройство полублока активных пластин аккумуляторов AGM**

Это было достигнуто за счет существенного снижения внутреннего сопротивления. Кроме того, аккумуляторы AGM не требуют об-

служивания. Ресурс батарей типа AGM в полтора раза превышает срок службы обычных свинцово-кислотных аккумуляторов для автомобилей.

Enhanced Flooded Battery в переводе с английского означает «улучшенная жидкозаполненная батарея» (рис. 9).



**Рис. 9 - Устройство аккумулятора EFB**

Свинцовые пластины, в отличие от традиционных АКБ, в EFB почти в половину толще, подвержены серебряному легированию, что увеличивает их емкость и скорость зарядки. Каждая пластина заключена в отдельный конверт из специального микроволокна, заполненный жидким сернокислотным электролитом. Подобная мера помогает обеспечивать постоянный контакт электродов с электролитом, защитить поверхность пластин от сульфатации, а в случае осыпания активной массы - от короткого замыкания и преждевременного выхода из строя АКБ.

Существенным преимуществом системы фирмы «Bosch» являются компактные элементы, позволяющие установить ее почти в любой серийно выпускаемый автомобиль или трактор.

### **Виды электродов батарей**

В полностью заряженной свинцовой батарее активным веществом положительных электродов является диоксид свинца  $PbO_2$  (темно-коричневого цвета), а отрицательных – губчатый свинец  $Pb$  (серого цвета).

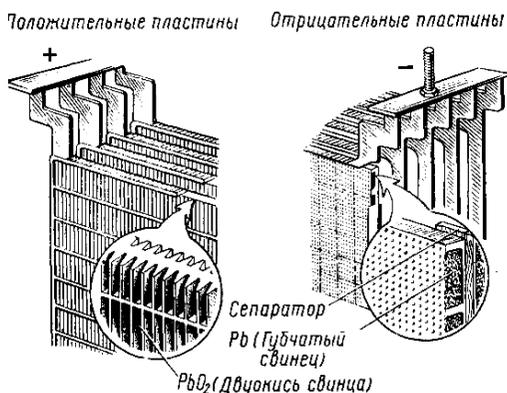
Решетки электродов выполняют функции подвода тока к активной массе при ее заряде и токоотвода при ее разряде, а также механического удержания активной массы.

Одинаковые по конструкции решетки положительных и отрица-

тельных электродов имеют уши, рамку с вертикальными ребрами и горизонтальными жилками, опорные ножки. В некоторых решетках в случае применения сепараторов-конвертов ножки имеют меньшую высоту или отсутствуют.

Профиль ребер и жилок обеспечивает легкое извлечение решетки из литейной формы и хороший контакт между активной массой и решеткой.

Освинцованная сетка металлической решетки с увеличенной поверхностью имеет лучшее сцепление с активным веществом электрода, что уменьшает действие коррозии и увеличивает срок службы батареи.



**Рис. 10 - Пластины свинцового аккумулятора**

Решетки электродов должны обеспечивать равномерное токораспределение по всей массе активных веществ. Степень неравномерности токораспределения на электродах зависит от отношения высоты к ширине электродов. С приближением данного отношения к единице (квадратный электрод) степень неравномерности токораспределения снижается. В стартерных батареях обычной конструкции применяют электроды шириной 143 мм и высотой без ножек 119 и 133,5 мм.

Толщина решеток электродов зависит от режимов работы и установленного срока службы батареи. Для автомобильных батарей толщина решеток равна 1,5–2 мм.

Решетки отрицательных электродов имеют меньшую толщину, так как они менее подвержены коррозии. Масса решетки составляет до 50 % массы электрода (рис. 10).

Решетки электродов отливают из сплава свинца и сурьмы (4–6 %) с добавлением мышьяка (0,1–0,2 %). Сурьма увеличивает механи-

ческую прочность и коррозионную стойкость решетки, повышает ее твердость, улучшает текучесть сплава при изготовлении решеток, снижает их окисливание при хранении. Добавка мышьяка увеличивает коррозионную стойкость решеток, заметно повышает предел прочности на разрыв и твердость. Легирование мышьяком свинцово-сурьмянистых сплавов решеток электродов позволяет увеличить срок службы батарей.

Ячейки решеток электродов заполнены пористой активной массой. Основой пасты электродов является свинцовый порошок, замешиваемый в водном растворе серной кислоты. Для увеличения прочности активной массы в пасту положительных электродов добавляют полипропиленовое волокно, капрон (0,4 % сухой массы активного вещества). Уплотнение активного вещества отрицательных электродов в процессе эксплуатации предотвращается благодаря добавлению в пасту расширителей (сажа, дубитель БНС, гумматы, получаемые из торфа, и т.д.) в смеси с сернокислым барием.

Пористая структура активной массы электродов обеспечивает лучшее проникновение электродов в глубинные слои и повышает коэффициент использования активных веществ. Активная поверхность пористой массы (поверхность, непосредственно контактирующая с электролитом) в сотни раз превышает геометрическую поверхность электрода.

Губчатый свинец отрицательного электрода имеет меньшее удельное сопротивление (1,83–10 Ом/см) по сравнению с диоксидом свинца положительного электрода, поэтому отрицательный электрод обладает большей механической прочностью, меньше подвержен коррозии и коррозии.

Омическое сопротивление решеток стартерных батарей толщиной 2,2–2,5 мм находится в пределах 1,8–2,4 мОм, толщиной 1,6–1,8 мм – в пределах 2,4–3,0 мОм. В заряженном состоянии сопротивление отрицательного электрода составляет 62–70 % сопротивления решетки, а положительного – 92–98 %. По мере разряда батареи сопротивление электродов приближается к сопротивлению решеток.

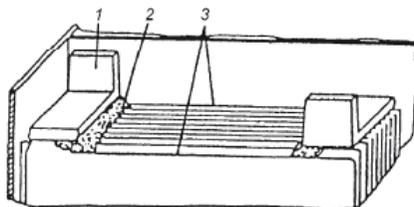
Отрицательные и положительные электроды с помощью бареток соединены в полублоки. Баретки имеют мостики, к которым ушками приварены решетки электродов, и выводные штыри (борны). Борны являются токоотводами полублоков электродов. Мост и мостики обеспечивают необходимый зазор между электродами. С увеличением числа параллельно соединенных электродов в полублоках увеличивается номинальная емкость аккумулятора.

Полублоки объединены в блоки электродов. В зависимости от

предъявляемых к батарее требований соотношение между числом положительных и отрицательных электродов может быть различным. Однако число разнополярных электродов отличается не более чем на единицу: обычно отрицательных электродов в блоках на один больше, чем положительных. В токообразующих реакциях участвует большее количество активного вещества положительных электродов. Находясь между двумя отрицательными электродами, положительный электрод при заряде и разряде подвергается меньшим изменениям активной массы и меньше деформируется. При таком соотношении толщина положительных электродов, как правило, на 10–20 % больше толщины отрицательных, а толщина крайних отрицательных электродов на 40 % меньше толщины положительных. В некоторых батареях число разнополярных электродов одинаково. В таких случаях оба электрода имеют одинаковую толщину.

### Типы сепараторов

Электроды в блоках разделены сепараторами, которые, предотвращая короткое замыкание между разнополярными электродами, обеспечивают необходимый для высокой ионной проводимости запас электролита в междуэлектродном пространстве и возможность переноса электрического заряда от одного электрода к другому. Кроме того, сепараторы фиксируют положение электродов, предупреждая их перемещение при тряске и вибрации. В некоторых конструкциях аккумуляторных батарей блок электродов 3 (рис. 11) крепится дополнительно к баретке 1 с помощью полиуретана 2, что значительно повышает стойкость аккумуляторной батареи к вибрации.



**Рис. 11 - Крепление электродов к баретке:**

*1 - баретка; 2 - полиуретан; 3 - блок электродов*

Технические показатели сепараторов существенно влияют на работу свинцовой аккумуляторной батареи. От омического сопротивления сепараторов зависит внутреннее падение напряжения в аккумуляторной батарее. Сепараторы замедляют оплывание активной массы

положительных электродов и сульфатацию отрицательных электродов, продлевая срок службы аккумуляторной батареи.

Сепараторы должны обладать высокой пористостью, достаточными механической прочностью, кислотостойкостью, эластичностью, минимальной гигроскопичностью при длительном хранении аккумуляторной батареи в сухозаряженном состоянии и должны сохранять свои свойства в широком диапазоне температур. Сопротивление сепаратора, пропитанного электролитом, должно быть меньше, чем сопротивление такого же по объему и геометрическим размерам слоя электролита.

В стартерных свинцовых батареях устанавливают сепараторы из мипора, мипласта, поровинила, пластипора.

**Мипор** (микropористый эбонит) получают в результате вулканизации смеси натурального каучука с силикагелем и серой. Промышленность выпускает сепараторы из мипора толщиной 1,1; 1,5; 1,9 мм. К недостаткам сепараторов из мипора относятся хрупкость, малая скорость пропитки электролитом, дефицитность сырья и высокая стоимость.

**Мипласт** или микropористый полихлорвинил изготавливают из полихлорвиниловой смолы путем спекания. Сепараторы из мипласта выпускают толщиной 1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9 мм. Технологический процесс изготовления сепараторов из мипласта проще. Мипласт быстро пропитывается электролитом, обладает низким относительным сопротивлением и достаточной механической прочностью. Мипласт менее стоек к образованию игольчатых токопроводящих мостиков между электродами, так как имеет меньшую пористость и больший диаметр пор по сравнению с мипором. Срок службы батарей с сепараторами из мипласта меньше.

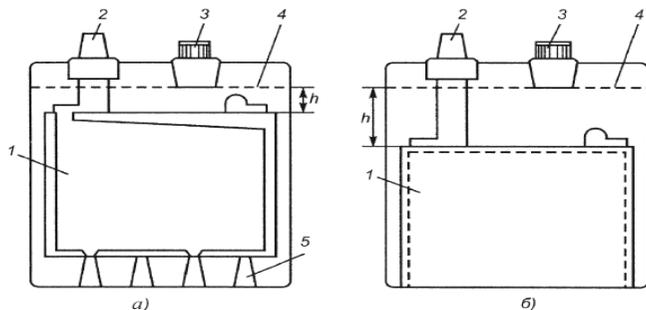
**Поровинил** получают из пористого полихлорвинила, а **пластипор** – из перхлорвиниловой смолы.

Влажность сепараторов из мипора и мипласта при сборке, а также сквозных микроотверстий, которые можно обнаружить при просвечивании электрической лампой мощностью 100 Вт, расположенной на расстоянии 100 мм от сепаратора, не должна быть более 2 %.

Механическую прочность сепараторов оценивают по сопротивлению при разрыве, изгибе вокруг валика диаметром 45–60 мм.

Сепараторы представляют собой тонкие (1–2 мм) прямоугольные пластины с вертикальными ребрами, которые обращены к положительному электроду для лучшего доступа к нему электролита. Небольшие ребра высотой 0,15–0,20 мм со стороны, обращенной к отрицательному электроду, снижают вероятность "прорастанания" сепарато-

ра, улучшают условия диффузии и конвекции электролита около отрицательного электрода.



**Рис. 12 - Типы расположения электродов в аккумуляторной батарее:**

*а - обычных; б - необслуживаемых с сепараторами-конвертами; 1 - блок электродов; 2 - полюсный вывод; 3 - пробка; 4 - призма моноблока; h - уровень электролита*

Сепараторы из мипора и мипласта больше электродов по ширине на 3–5 мм, по высоте на 9–10 мм, что исключает появление токопроводящих мостиков по торцам электродов и сепараторов.

В последнее время в необслуживаемых аккумуляторных батареях применяют также сепараторы-конверты (рис. 12 б).

При установке одного из электродов в сепаратор-конверт исключается замыкание электродов разноименной полярности шламом.

### **Моноблоки, крышки, пробки**

**Моноблок** (корпус) стартерных батарей изготавливают из эбонита (ГОСТ 6980–76) или пластмассы (ГОСТ Р 51977–2002). Тяжелые и хрупкие моноблоки из эбонита в настоящее время заменяют моноблоками из термопласта (наполненного полиэтилена) или тонкостенными моноблоками из морозостойкого сополимера пропилена с этиленом. Высокая прочность в широком интервале температур, стойкость к кислотам, маслам, растворителям и теплостойкость новых моноблоков позволили уменьшить толщину их стенок до 1,8–2,5 мм (вместо 6–8 мм для моноблока из эбонита), а перегородок – до 1,2–2,5 мм (вместо 2,65–5,6 мм).

Внутри моноблок разделен прочными непроницаемыми перегородками на отдельные ячейки по числу аккумуляторов в батарее. В ячейках моноблока размещают собранные в блоки электроды, разде-

ленные сепараторами. В аккумуляторных батареях с обычными сепараторами на дне каждой ячейки предусмотрены четыре призмы, образующие пространство для оседающих на дно ячеек батареи активных веществ электродов (шлама). На каждые две опорные призмы устанавливаются разнополярные электроды на опорах, что исключает их короткое замыкание шламом. На перегородках моноблока предусмотрены вертикальные выступы (пилястры) для лучшей циркуляции электролита у электродов, прилегающих к перегородкам.

Плотность пропилена равна  $0,9 \text{ г/см}^3$ , а эбонита –  $1,4 \text{ г/см}^3$ . За счет уменьшения толщины стенок масса полипропиленового моноблока на 80 % меньше массы эбонитового, что делает батарею более транспортабельной в процессе эксплуатации.

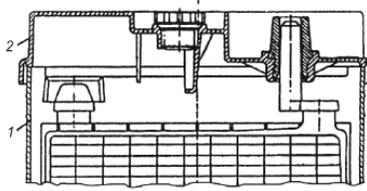
При одинаковых габаритных размерах в полипропиленовый моноблок можно установить больше электродов, что увеличивает емкость батареи на 15–20 %. Моноблок из полипропилена прочнее, труднее разрушается, более термостоек, полупрозрачен, что упрощает контроль уровня электролита. Полипропилен более устойчив к воздействию электролита, масел, пластичных смазочных материалов и бензина.

При соединении аккумуляторов через перегородки уменьшаются масса свинца и внутреннее сопротивление батареи, что повышает на 10 % ее мощность. Плотной приваренная к моноблоку общая крышка предотвращает подтекание электролита и окислирование полюсных выводов в процессе эксплуатации.

**Крышки** отдельных аккумуляторов или всей батареи изготавливаются из однородного с моноблоком материала. Наиболее распространена крышка с двумя крайними отверстиями для вывода борнов блока электродов и одним средним резьбовым отверстием для заполнения ячейки моноблока электролитом и контроля его уровня. В крайние отверстия отдельных крышек запрессованы свинцовые втулки.

В местах стыка отдельных крышек со стенками моноблока батареи герметизированы битумной мастикой.

Применение общей крышки на все аккумуляторы батареи позволяет: уменьшить длину межэлементных соединений, что понижает внутреннее сопротивление батареи; легче поддерживать чистоту верхней части батареи, что снижает вероятность ее саморазряда через крышку; усилить крепление отдельных аккумуляторов в батарее. Контактная-тепловая сварка пластмассового моноблока 1 (рис. 13) и общей крышки 2 создает надежную герметизацию.



**Рис. 13 - Соединение общей крышки с моноблоком:**

*1 - моноблок; 2 - крышка*

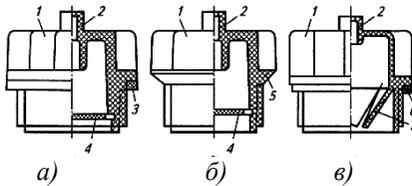
Однако использование общей крышки имеет недостатки:

- нельзя измерить напряжение отдельного аккумулятора и заменить его, если он непригоден;
- невозможно отремонтировать батарею с общей крышкой .

Заливочные отверстия горловины в крышках унифицированы по метрической резьбе М20, М24 и М30 и закрыты пробками с вентиляционными отверстиями.

**Пробки** изготавливают из эбонита, полистирола или фенолита.

Пластмассовые пробки имеют меньшую массу и большую прочность. Для того чтобы предотвратить вытекание электролита, между уплотнительным бортиком корпуса *1* (рис. 14) и заливочной горловиной крышки устанавливают резиновую шайбу *3*. Герметизация может обеспечиваться также конусным бортиком *5*, плотно прилегающим к горловине отверстия в крышке. В новой конструкции пробок предусмотрен пластмассовый уплотнительный элемент *6*, расположенный на бортике пробки. Пробки имеют встроенные отражатели *4* и *7*, которые не позволяют электролиту выплескиваться через вентиляционное отверстие. В пробках новой конструкции отражатель *7* выполнен в виде лепестков.

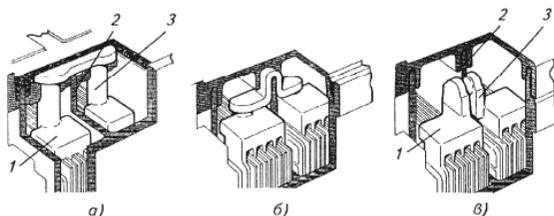


**Рис. 14 - Типы пробок:**

*а - резиновые; б - под конус; в - пластмассовые; 1 - корпус пробки; 2 - прилив вентиляционного отверстия; 3 - резиновая шайба; 4 - отражатель; 5 - конусный бортик; 6 - пластмассовый уплотнитель; 7 - лепестковый отражатель*

### Межэлементные перемычки, полюсные выводы

Для последовательного соединения аккумуляторов в батарее используют межэлементные перемычки (рис. 15), которые припаивают к борнам бареток полублоков в таком порядке, чтобы соединить между собой полублок отрицательных электродов одного аккумулятора с полублоком положительных электродов рядом расположенного аккумулятора. При соединении борна с межэлементной перемычкой к ним приваривается верхняя часть свинцовой втулки, запрессованной в крышке.

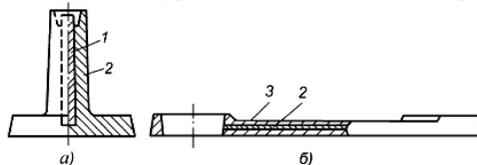


**Рис. 15 - Типы межэлементных перемычек:**

*а - над крышкой (наружные); б - над перегородкой (внутренние); в - через отверстие в перегородках (внутренние); 1 - мостик баретки; 2 - перегородка моноблока; 3 - борн баретки*

Укороченные межэлементные перемычки позволяют уменьшить внутреннее сопротивление батареи и расход свинцового сплава. Снижение падения напряжения на соединительных деталях позволяет иметь больше на 0,1–0,3 В напряжение на выводах батареи при ее работе в стартерном режиме.

Для уменьшения внутреннего падения напряжения в батареях борны и межэлементные перемычки выполнены в виде освинцованных вкладышей из меди, имеющей в 12 раз большую электропроводность по сравнению со свинцово-сурьмянистыми сплавами (рис. 16).

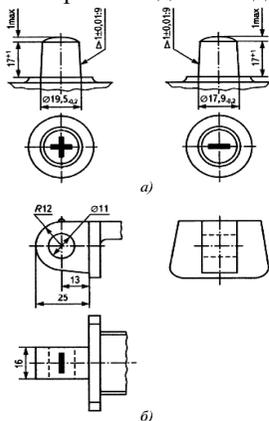


**Рис. 16 - Токосводящие детали с медными вставками:**

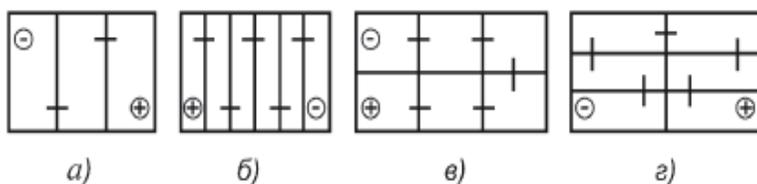
*а - борн; б - межэлементная перемычка; 1 - медный стержень борна; 2 - свинцово-сурьмянистый сплав; 3 - медная межэлементная перемычка*

Поперечное сечение борнов и межэлементных переключателей батарей выбирается из условия, что падение напряжения на каждом из борнов составляет 16 мВ на межэлементных переключках – 20 мВ при силе тока  $3C_{20} A$ .

К борнам крайних аккумуляторов приваривают конусные полюсные выводы (рис. 17). Размеры выводов стандартизованы.



**Рис. 17 - Полюсные выводы аккумуляторных батарей:**  
*а - конусные; б - с отверстиями под болт крепления*



**Рис. 18 - Схемы расположения аккумуляторов в батареях:**  
*а - 6 В; б, в, г - 12 В*

Диаметр конуса у основания положительного вывода больше, чем у отрицательного (у зарубежных батарей размер выводов указывается по верхнему диаметру конуса: 17,4 и 15,8 мм соответственно для положительного и отрицательного выводов). Таким образом исключается вероятность неправильного подключения батареи в систему электрооборудования.

В зависимости от емкости батареи, ее номинального напряжения и типа транспортного средства предусмотрены различные схемы расположения аккумуляторов в батарее (рис. 18).

### Электролиты батарей

Электролит готовится из серной кислоты (ГОСТ 667–73) и дистиллированной воды (ГОСТ 6709–72). От химической чистоты электролита зависят характеристики и срок службы батареи. Кислоту подразделяют на два сорта (А и Б) в зависимости от количества примесей. Концентрированная серная кислота представляет собой прозрачную жидкость без цвета и запаха плотностью  $1,83 \text{ г/см}^3$ , в которой содержится 94 % чистой серной кислоты. Температура кипения кислоты равна  $33 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Температура заливаемого в аккумуляторы электролита должна быть в пределах  $15\text{--}30 \text{ }^\circ\text{C}$ . В зависимости от климатических районов эксплуатации в батареи заливают электролит различной плотности, от которой зависит температура его замерзания.

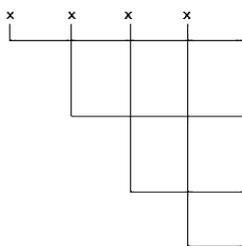
Содержание примесей (мг/л) в дистиллированной воде, необходимой для приготовления электролита, не должно превышать перечисленных ниже значений (ГОСТ 6709–72).

Приготовление электролита из предварительно подготовленного и охлажденного до комнатной температуры раствора серной кислоты плотностью  $1,40 \text{ г/см}^3$  предпочтительнее, так как в данном случае меньше выделяется теплоты и требуется меньше времени.

Электролит плотностью  $1,40 \text{ г/см}^3$  применяется для корректировки плотности электролита после заряда, если она оказывается ниже нормы, при переходе с летней на зимнюю эксплуатацию или при перемещении транспортного средства в более холодный климатический район.

В гелевых аккумуляторных батареях электролит готовится по технологии GEL - (Gel Electrolite) В жидкий электролит добавляют вещество на основе двуокиси кремния ( $\text{SiO}_2$ ), в результате этого образуется густая масса, напоминающая по консистенции желе. Вязкая консистенция электролита позволяет ему не растекаться и не вытекать, даже в случае сквозного повреждения корпуса батареи. Электролит в виде геля не склонен к испарению. Вязкая субстанция плотно прилегает к поверхности электродов, что не только позволяет улучшить качество генерирования электрической энергии, но и защищает пластины от окисления – повышается эффективность работы и срок службы аккумулятора.

Маркируются аккумуляторные батареи в соответствии с ГОСТ Р 53165-2008.



*Номинальное напряжение*

*(число последовательно соединенных аккумуляторов в батарее (6), характеризующих её номинальное напряжение (12 В))*

*Назначение батарей по функциональному признаку (СТ — стартерная)*

*Номинальная емкость в ампер-часах*

*Конструкторско-технологическое исполнение (N — с нормальным расходом воды; L — с малым расходом воды; VL — с очень малым расходом воды; VRLA — с регулирующим клапаном)*

**Рис. 19 - Маркировка свинцовых аккумуляторных батарей**

Маркировка АКБ, производимых в странах СНГ, выполняется по следующей схеме (на примере марки 6СТ-60А1):

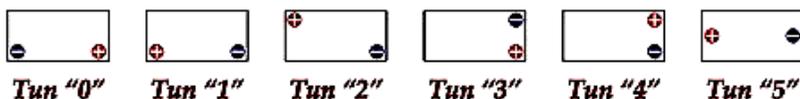
6 - цифра, указывающая число последовательно соединенных аккумуляторов в батарее (6 или 3), характеризующая её номинальное напряжение (12 или 6 В соответственно).

СТ - буквы, характеризующие назначение батареи по функциональному признаку (СТ - стартерная).

60 - число, указывающее номинальную емкость батареи в ампер-часах (А-ч).

А - буквы или цифры, которые содержат дополнительную информацию об исполнении батареи (при необходимости) и материалах, примененных для её изготовления, например: "А" - с общей крышкой, буква "З" - залитая и полностью заряженная (если ее нет -батарея сухозаряженная), слово "необслуживаемая" - для батарей, соответствующих требованию ГОСТ по расходу воды, "Э" - корпус-моноблок из эбонита, "Т" - моноблок из термопластичной пластмассы, "М" - сепаратор типа мипласт из поливинилхлорида, "П" - сепаратор-конверт из полиэтилена.

1 - тип полярности (рис. 20).



**Рис. 20 - Тип полярности аккумуляторной батареи**

## 2.4 Характеристики аккумуляторных батарей

*Электродвижущая сила*

Электродвижущая сила (ЭДС)  $E$  аккумулятора представляет со-

бой разность электродных потенциалов:

$$E = \varphi_+ - \varphi_-$$

где  $\varphi_+$  и  $\varphi_-$  – потенциалы положительного и отрицательного электродов соответственно.

Электродный потенциал при разомкнутой внешней цепи равняется равновесному электродному потенциалу поляризации, который характеризует состояние электрода при отсутствии переходных процессов в электрохимической системе. Потенциал поляризации определяется как разность между потенциалом электрода при заряде и разряде и его потенциалом при разомкнутой внешней цепи. Электродная поляризация сохраняется в аккумуляторе и при отсутствии тока после отключения нагрузки или зарядного устройства.

ЭДС, когда не требуется большой точности, измеряют вольтметром с большим внутренним сопротивлением. На величину ЭДС влияют плотность электролита и очень незначительно его температура.

Изменение ЭДС в зависимости от температуры аккумулятора составляет  $3,9 \cdot 10^{-4} \text{ В/}^\circ\text{С}$ .

С повышением плотности электролита ЭДС возрастает. При плотности электролита  $1,07-1,30 \text{ г/см}^3$  ЭДС стартерных аккумуляторов составляет  $1,91-2,14 \text{ В}$ . Измерение ЭДС не дает точного представления о степени разряженности аккумулятора, так как ЭДС разряженного аккумулятора с электролитом большей плотности может быть выше, чем у заряженного с электролитом меньшей плотности.

ЭДС не зависит от количества активных веществ в аккумуляторе и от размеров электродов. ЭДС батареи  $E_6$  увеличивается пропорционально числу последовательно включенных аккумуляторов:

$$E_6 = mE,$$

где  $m$  – число аккумуляторов в батарее.

Плотность электролита в порах электродов и в моноблоке одинакова у аккумуляторов, находящихся в покое. Этой плотности соответствует ЭДС покоя. Вследствие поляризации электродов и изменения концентрации электролита в порах электродов и в моноблоке ЭДС в порах при разряде меньше, а при заряде – больше ЭДС покоя.

#### *Напряжение*

Напряжение аккумулятора отличается от его ЭДС на величину падения напряжения во внутренней цепи при прохождении разрядного или зарядного тока. При разряде напряжение на выводах аккумулятора меньше, а при заряде больше ЭДС.

Напряжения при разряде  $U_p$  и заряде  $U_z$  определяются из выражений:

$$U_p = E + I_p r = E + E_n + I_p r_o,$$

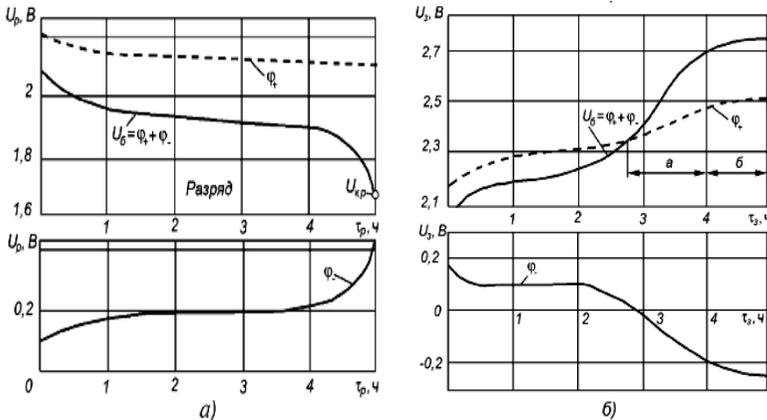
$$U_3 = E + I_3 r = E + E_n + I_3 r_0$$

где  $I_p$  и  $I_3$  – сила токов соответственно при разряде и заряде, А;  $E_n$  – ЭДС поляризации;  $r$  – полное внутреннее сопротивление, Ом;  $r_0$  – омическое сопротивление аккумулятора, Ом.

ЭДС поляризации зависит от силы разрядного тока (плотности тока), температуры электролита и практически не зависит от степени разряженности батареи. С увеличением силы тока и снижением температуры электролита ЭДС поляризации растет.

При разряде и заряде аккумулятора поляризация обусловлена в каждый момент времени в основном действием двух составляющих: концентрационной и химической. После отключения аккумулятора происходит уменьшение ЭДС поляризации до ЭДС равновесного значения.

Изменение напряжения  $U_p$  аккумулятора при его разряде с учетом потенциалов его электродов показано на рисунке 21 а. При заряде аккумулятора (рис. 21 б) при отрицательном значении потенциала – напряжение начинает резко возрастать (участок а), что приводит к резкому снижению силы зарядного тока при достижении ЭДС аккумулятора значения 2,4 В. Это явление носит название "эффект запирания" и обеспечивает возможность при постоянстве зарядного напряжения генератора автоматически снижать силу зарядного тока как только начинается газовыделение в электролите. Начало газовыделения соответствует нулевому значению потенциала.



**Рис. 21 - Изменение напряжения аккумуляторной батареи:**

а – при разряде; б – при заряде;  $U_0$  – напряжение аккумуляторной батареи;  $U_{к.р.}$  – напряжение конца разряда (или заряда) аккумуляторной батареи

При разряде аккумулятора током постоянной силы в единицу времени расходуется определенное количество активных веществ. Плотность электролита уменьшается по линейной зависимости. С изменением плотности электролита уменьшаются ЭДС и напряжение аккумулятора. К концу разряда слой сульфата свинца уменьшает диаметр и площадь поверхности пор, а также экранирует поры, препятствуя притоку электролита и увеличивая электросопротивление электродов. В результате напряжение батареи начинает резко падать.

Батареи разряжаются только до конечного напряжения  $U_{к.р}$ , затем разряд прекращается, хотя активная масса израсходована не полностью. Дальнейший разряд вреден для аккумулятора.

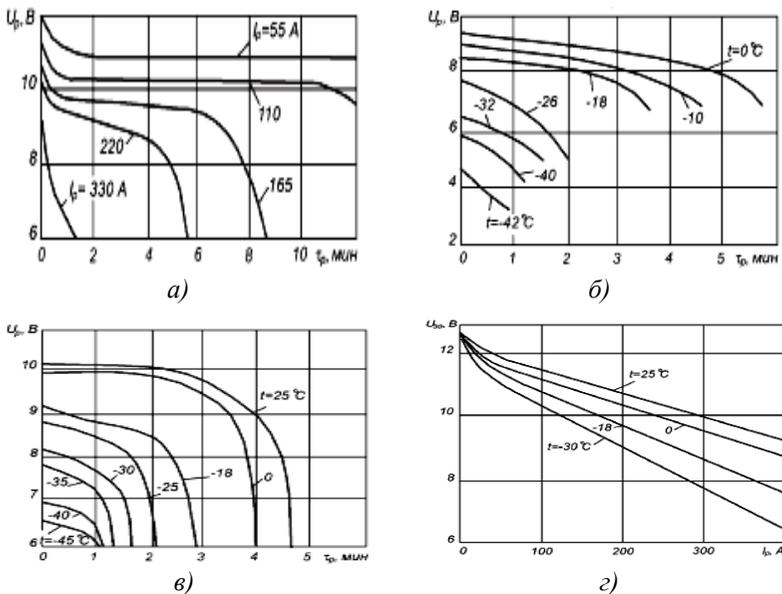
После отключения нагрузки напряжение аккумулятора повышается до значения ЭДС, соответствующего плотности электролита в порах электродов. Затем в течение некоторого времени ЭДС возрастает по мере выравнивания концентрации электролита в порах электродов и в объеме аккумуляторного сосуда за счет диффузии.

В режиме заряда при постоянной силе зарядного тока напряжение  $U_3$  на выводах аккумулятора возрастает вследствие внутреннего падения напряжения в нем и повышения ЭДС при увеличении плотности электролита в порах электродов. При возрастании напряжения до 2,4 В активные вещества восстанавливаются. Энергия заряда идет на разложение воды на водород и кислород, которые выделяются в виде пузырьков газа. Водород выделяется в основном на отрицательном электроде, а кислород – на положительном. Газовыделение напоминает кипение и его можно уменьшить снижением к концу заряда силы зарядного тока.

Напряжение в конце заряда повышается до 2,6–2,7 В и при дальнейшем заряде остается неизменным (см. рис. 21 б, участок б). Постоянство напряжения в течении 1–2 ч заряда и обильное газовыделение являются признаками конца заряда.

После отключения зарядного устройства напряжение падает до значения ЭДС, соответствующего плотности электролита в порах, а затем снижается, пока выравниваются плотности электролита в порах электродов и в аккумуляторном сосуде.

Напряжение на выводах батареи при разряде зависит от силы разрядного тока и температуры электролита (рис. 22). При увеличении силы разрядного тока  $I_p$  напряжение батареи снижается до значения  $U_{к.р}$  быстрее (рис. 22 а) вследствие большей разности концентраций электролита в аккумуляторной ячейке и в порах электродов, а также из-за большего внутреннего падения напряжения в батарее.



**Рис. 22 - Разрядные характеристики батарей при различных температурах электролита и силе разрядного тока:**  
*а* – 6СТ-55 при 20 °С; *б* – 6СТ-90 при  $I_p = 270$  А; *в* – 6СТ-190ТP при  $I_p = 500$  А; *г* - зависимость напряжения на 30-й секунде разряда батареи 6СТ-55А3 от силы разрядного тока при различной температуре электролита

Во избежание образования на электродах крупных и плохо растворимых кристаллов сульфата свинца разряд батарей прекращают при конечном напряжении 1,75 В на одном аккумуляторе при 20 часовом номинальном режиме.

При понижении температуры увеличиваются вязкость, удельное электросопротивление электролита и уменьшается скорость диффузии электролита из аккумуляторной ячейки в поры активной массы электродов. Поэтому разрядные характеристики  $U_p = f(\tau_p)$  проходят ниже (рис. 22 б). На рисунке 22 г показаны зависимости напряжения  $U_{30}$  на 30-й секунде разряда батареи 6СТ-55А3 от силы разрядного тока при различной температуре электролита.

#### *Внутренне сопротивление*

**Полным внутренним сопротивлением  $r$  аккумулятора** называется сопротивление, оказываемое прохождению внутри него разряд-

ного или зарядного тока:

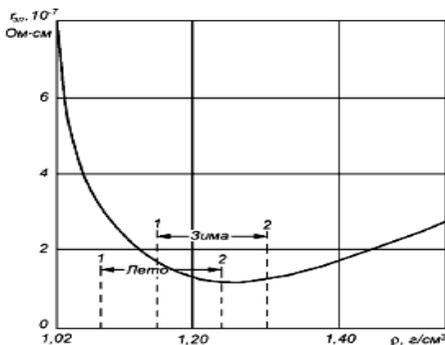
$$r = \frac{r_o}{E_n} = r_o + r_n,$$

где  $r_n$  – сопротивление поляризации;  $E_n$  – ЭДС поляризации.

Омическое сопротивление  $r_o$  аккумулятора складывается из сопротивления электродов, состоящего из сопротивления решеток и активных веществ, сопротивления электролита между электродами и в порах активного вещества, сопротивления перехода "решетка – активное вещество – электролит", сопротивления сепараторов, а также сопротивления токопроводов (мостики с борнами, межэлементные перемычки, полюсные выводы).

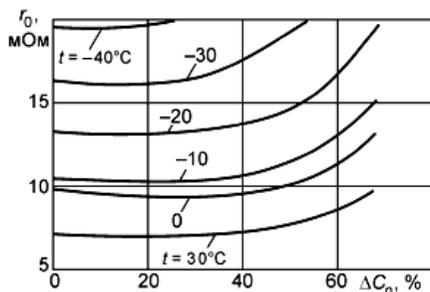
Сопротивление электролита равно примерно половине внутреннего сопротивления аккумулятора и увеличивается с понижением температуры и плотности электролита.

Удельное электросопротивление с увеличением плотности раствора серной кислоты до определенного уровня снижается, а затем возрастает (рис. 23). Из рисунка 23 видно, что при соблюдении плотности электролита его сопротивление зимой минимально. Удельное сопротивление активного вещества положительных электродов во много раз больше, чем отрицательных, следовательно, при разряде и заряде током большой силы положительный электрод будет больше нагреваться (коробиться), чем отрицательный.



**Рис. 23 - Изменение сопротивления электролита от его плотности:**

*1, 2 – плотность разряженной и заряженной батарей соответственно*



**Рис. 24 - Зависимость омического сопротивления батарей 6СТ-90ЭМ от степени  $\Delta C_p$  разрядности при различной температуре электролита**

При разряде активная масса превращается в плохо проводящий-сульфат свинца. Поэтому сопротивление электродов при разряде возрастает, а при заряде – уменьшается (рис. 24).

Начальная плотность электролита заряженных свинцовых аккумуляторов обычно составляет 1,24–1,30 г/см<sup>3</sup>, т.е. несколько больше плотности, при которой электросопротивление минимально (плотность 1,223 г/см<sup>3</sup>). Это связано с необходимостью обеспечения требуемого для разряда запаса серной кислоты, а также со снижением плотности электролита в процессе разряда.

Слишком малая плотность электролита в конце разряда ведет к росту внутреннего сопротивления, более быстрому падению разрядного напряжения и, как следствие, снижению разрядной емкости. Ограничения по повышению плотности электролита связаны со снижением срока службы батареи.

Распределение сопротивления и, соответственно, потерь напряжения по элементам внутренней цепи батареи зависит от многих факторов. В начале стартерного разряда при температуре -18 °C сопротивление электродов и токоведущих деталей составляет приблизительно 20–30 %, электролита и сепараторов 34–38 %, сопротивление поляризации – 32–45 % суммарного внутреннего сопротивления батареи.

С понижением температуры доля сопротивления поляризации, электролита и сепараторов возрастает. Сопротивление уменьшается с увеличением числа параллельных электродов в полублоках, т.е. с увеличением емкости батареи.

#### *Емкость*

При разряде и заряде аккумулятор отдает во внешнюю цепь или получает от зарядного устройства определенное количество электри-

чества. Количество электричества, отдаваемое батареей в пределах допустимого снижения напряжения разряда, называют разрядной емкостью. Емкость измеряется в ампер-часах (А·ч). При постоянной силе тока разрядная  $C_p$  и зарядная  $C_3$  емкости определяются из выражений:

$$C_p = I_p \tau_p ;$$

$$C_3 = I_3 \tau_3 .$$

Разрядная емкость зависит от количества активных веществ и степени их использования, определяемой напряжением конца разряда  $U_{к.р.}$ . Количество активных веществ в стартерных батареях, даже при номинальной силе разрядного тока, в 2–3 раза превышает теоретически необходимое. Полное использование заложенных в батарее активных веществ невозможно, так как обеднение электролита в порах и резкое снижение напряжения до  $U_{к.р.}$  происходит раньше, чем израсходуются внутренние слои активных веществ электродов и серная кислота электролита в моноблоке.

При длительных режимах разряда свинцовых аккумуляторов (в течение 20–50 ч) использование активных веществ составляет 50–60 %. С увеличением электропроводности электролита и пористости активных веществ, с уменьшением толщины электродов и плотности тока использование активных веществ больше. Вследствие закупорки пор сульфатом свинца разрядный процесс протекает в основном на наружной поверхности электродов.

В аккумуляторах, работающих в стартерных режимах разряда, использование активных веществ и отдача по емкости могут быть повышены за счет уменьшения толщины электродов.

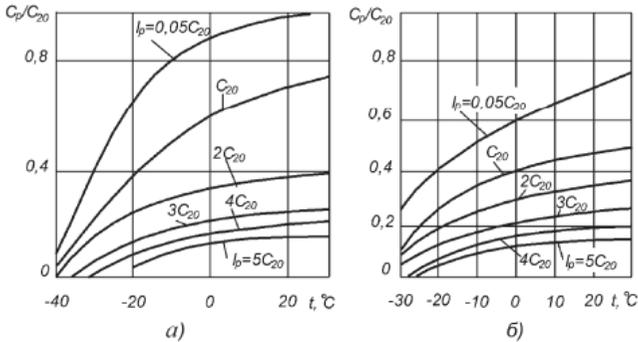
Разрядная емкость уменьшается с увеличением силы разрядного тока, так как большее количество и более плотная масса сульфата свинца откладывается на поверхности электродов, изолируя активную массу от контакта с электролитом (рис. 25).

Снижение разрядной емкости при низких температурах (рис. 26) происходит из-за увеличения вязкости электролита и снижения скорости поступления серной кислоты в поры активной массы. Напряжение разряда до напряжения  $U_{к.р.}$  падает быстрее и большая часть активного вещества остается неиспользованной.

Свинцовые батареи работоспособны при стартерных разрядах до температуры  $-(30-35)^\circ\text{C}$ . Степень снижения емкости с уменьшением температуры меньше при использовании электролита с большей концентрацией серной кислоты.

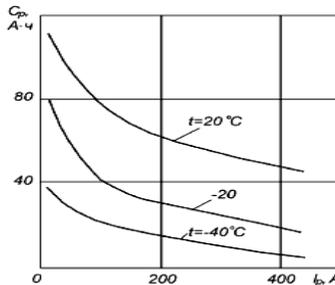
Важным показателем является "резервная емкость" – время разряда (мин) полностью заряженной батареи при температуре  $27 \pm 5^\circ\text{C}$  и при силе разрядного тока, равной  $25 \pm 0,25$  А, до конечного разрядного

напряжения 1,75 В на аккумулятор (10,5 В на батарею).



**Рис. 25 - Зависимость относительной разрядной емкости  $C_p/C_{20}$  батареи 6СТ-82 от силы разрядного тока и температуры электролита при различной степени разряженности:**

$a - \Delta C_p = 0$ ;  $b - \Delta C_p = 25\%$



**Рис. 26 - Зависимость разрядной емкости батареи 6СТ-110А от силы разрядного тока при степени заряженности 100 % и различной температуре электролита**

"Резервная емкость" (мин) позволяет знать время, в течение которого автомобиль может продолжать движение, если отказал генератор, а суммарная сила тока нагрузки равна 25 А, что соответствует работе системы зажигания, включению зимой дальнего света и контрольно-измерительных приборов.

Оценивать емкость батареи можно также по силе тока холодной прокрутки, которая обозначена на батарее. *Током холодной прокрутки* называется сила тока, при которой в конце 30 с разряда при температуре  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  конечное напряжение 12 вольтовой батареи не должно быть

ниже 7,2 В и для 6-вольтовой – 3,6 В.

Если сила тока холодной прокрутки не обозначена на батарее его можно приблизительно принимать равным  $3C_{20}$  А.

Зная силу тока, потребляемую электростартером при пуске двигателя, можно подобрать батарею из условия, чтобы такая сила тока не превышала силу тока холодной прокрутки.

#### *Вольт-амперная характеристика и мощность батареи*

Вольт-амперной характеристикой (ВАХ) батареи называется зависимость напряжения на ее выводах от силы разрядного тока для определенного момента включения батареи на разряд. Реальная ВАХ нелинейна, а в зоне стартерных токов близка к прямой.

Максимальная мощность батареи возможна при напряжении  $U_{н.р}/2$  и силе тока  $I_{к.з}/2$ , т.е.  $P_{б\ max} = U_{н.р}/k.з/4$ , использовать при разряде батарею надо до силы тока, равной  $I_{к.з}/2$ .

При изменении температуры (степени разрядности, износе и др.) изменяется ВАХ батареи, соответственно изменяется мощность батареи. Для обеспечения во внешней цепи максимальной полезной мощности необходимо, чтобы сопротивление внешней цепи было равно полному внутреннему сопротивлению батареи.

#### *Саморазряд батареи*

Заряженные и исправные батареи теряют емкость при длительном хранении вследствие саморазряда. Саморазряд обусловлен недостаточной чистотой активных веществ и неравномерной плотностью электролита по высоте.

Электроды свинцовой батареи и при разомкнутой внешней цепи взаимодействуют с электролитом, выделяя водород и кислород. Причиной разряда положительных электродов является разность потенциалов между свинцом решеток и диоксидом свинца, когда между ними попадает электролит. При наличии разности потенциалов в контурах микроэлементов возникают разрядные токи, при протекании которых активные массы электродов превращаются в сульфат свинца.

Саморазряд связан также с переходом сурьмы в раствор серной кислоты в результате коррозии решеток положительных электродов. Сурьма увеличивает скорость коррозии и способствует выделению водорода.

Саморазряд заряженной батареи, кроме необслуживаемой, после бездействия в течение 14 сут при температуре окружающей среды ( $20 \pm 5$ ) °С не должен превышать 7 % (0,5 % в сут), а после бездействия в течение 28 сут – 20 % номинальной емкости. Саморазряд необслуживаемой батареи после бездействия в течение 90 сут не должен превышать 10 % (0,11 % в сут), а после бездействия в течение одного

года – 40 % номинальной емкости.

Ускоренный саморазряд происходит при попадании на наружную поверхность батареи воды, электролита или других токопроводящих жидкостей.

Во избежание ускоренного саморазряда следует при эксплуатации строго выполнять правила технического обслуживания батарей.

Интенсивность самопроизвольного растворения свинца на отрицательном электроде с выделением газообразного водорода существенно возрастает с увеличением концентрации электролита.

Увеличение плотности электролита с 1,27 до 1,32 г/см<sup>3</sup> приводит к росту интенсивности саморазряда отрицательного электрода на 40 %.

Саморазряд батарей в значительной мере зависит от температуры электролита. При температуре ниже 0 °С саморазряд практически прекращается. Поэтому рекомендуется хранить батареи при низких (до -30 °С) температурах. В процессе эксплуатации интенсивность саморазряда возрастает особенно резко к концу срока службы. По мере саморазряда уменьшается плотность электролита.

#### **Контрольные вопросы:**

1. *Какие основные материалы используются при производстве свинцово-кислотных аккумуляторов?*

2. *Расскажите о электрохимических реакциях в кислотных аккумуляторах?*

3. *Какие активные вещества участвуют в токообразующих процессах свинцового аккумулятора?*

4. *Какие явления в аккумуляторной батарее вызывает сульфатация?*

5. *Перечислите основные характеристики автотракторных аккумуляторов.*

6. *Какие компоненты аккумулятора определяют его внутреннее сопротивление?*

7. *От чего зависит ЭДС аккумулятора?*

8. *Какие способы соединения аккумуляторов в батарее?*

9. *Из чего состоит электролит для свинцово-кислотных аккумуляторов?*

10. *Как изменяется плотность электролита при заряде и разряде аккумуляторной батареи?*

11. *Классификация и маркировка аккумуляторных батарей.*

12. *Причины саморазряда аккумуляторных батарей.*

## 3 ГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ

### 3.1 Системы электроснабжения

Автомобильные и тракторные системы электроснабжения – это совокупность оборудования, обеспечивающего производство электрической энергии необходимого качества, распределение и передачу ее потребителям.

На автомобилях и тракторах применяют системы электроснабжения постоянного тока. В систему электроснабжения входят:

- источники электрической энергии (генератор, аккумуляторная батарея);
- регулирующие устройства;
- элементы контроля и защиты от возможных аварийных режимов (реле и контрольная лампа или одна контрольная лампа).

Основным источником электрической энергии в системе электроснабжения является генератор переменного тока с выпрямителем, который приводится во вращение от двигателя внутреннего сгорания посредством ременной передачи. Специальный узел генератора – выпрямитель обеспечивает преобразование переменного тока в постоянный. Поскольку переменный ток выпрямляется полупроводниковыми диодами (вентильми), такие генераторы называются вентильными. Благодаря использованию полупроводникового выпрямителя значительно повысились надежность и удельная мощность генератора, упростилась его конструкция по сравнению с генератором постоянного тока с механическим выпрямителем – коллектором, уменьшилась трудоемкость технического обслуживания в эксплуатации, расширился диапазон рабочих частот вращения вала генератора.

Генератор с регулятором напряжения образует генераторную установку. Большинство генераторов в настоящее время представляют собой устройство, в которое встроены силовой выпрямитель (в ряде случаев и дополнительный для питания обмоток возбуждения), регулятор напряжения, элементы защиты от возможных аварийных режимов.

*Генераторная установка* – достаточно надежное устройство, способное выдерживать повышенную вибрационную нагрузку, высокую температуру под капотом автомобиля, воздействие влажной среды, грязи и других факторов.

Режим работы потребителей электроэнергии на автомобиле и тракторе характеризуется широким диапазоном и случайным характером нагрузки. Скоростной режим работы генератора, ротор которого

приводится во вращение от двигателя, также имеет случайный характер. При этом даже при частоте вращения коленчатого вала двигателя, соответствующей режиму холостого хода, генератор должен развивать мощность, достаточную для электроснабжения электронной системы впрыскивания топлива, системы зажигания, информационно-измерительной системы, габаритных огней и фонарей освещения номерного знака.

*Основное требование к системе электроснабжения* – надежное обеспечение потребителей электрической энергией в различных условиях эксплуатации автомобиля и трактора.

Кроме электроснабжения потребителей генератор должен обеспечивать заряд аккумуляторной батареи при работающем двигателе. Выходные параметры генераторной установки выбираются таким образом, чтобы на любых режимах движения автомобиля и работы трактора не происходил прогрессивный разряд аккумуляторной батареи.

Напряжение в бортовой сети электрооборудования должно быть стабильным в широких диапазонах изменений частоты вращения ротора генератора и нагрузки. Данное требование связано с тем, что аккумуляторная батарея весьма чувствительна к уровню и стабильности напряжения. Слишком низкое напряжение приводит к недозаряду батареи и, как следствие, к затруднениям при осуществлении пуска двигателя. Слишком высокое напряжение вызывает перезаряд батареи и ускоренный выход ее из строя. Весьма чувствительны к уровню напряжения бортовой сети лампы накаливания приборов освещения и сигнализации.

Параллельная работа генератора с аккумуляторной батареей связана со случайным характером распределения нагрузки между ними. Аккумуляторная батарея на автомобиле и тракторе выполняет функции как источника, так и потребителя электрической энергии. Распределение нагрузки между генератором и аккумуляторной батареей зависит от многих факторов, основными из которых являются скоростной режим работы двигателя и зависимость от силы отдаваемого тока частоты вращения ротора генератора, уровень регулируемого напряжения, состояние аккумуляторной батареи и температура окружающей среды.

При наличии электронных устройств особые требования предъявляют к характеру изменения выходного напряжения генераторной установки. Импульсное напряжение возникает в системе электроснабжения как при нормальных режимах работы в результате действия переключающих устройств (диодов выпрямителя и транзисторов регулятора напряжения), так и в аварийных режимах, например, при вне-

запном отключении аккумуляторной батареи. Кратковременные импульсы напряжения в системе электроснабжения не должны превышать 150 В, которые могут выдерживать полупроводниковые элементы генераторной установки.

Система генерирования электрической энергии в первую очередь характеризуется установленной мощностью генератора. Мощность современных генераторов, в зависимости от класса машины и наличия потребителей, составляет 500–4200 Вт.

Генераторные установки рассчитаны на максимальную силу тока от 50–70 А до 90–150 А, т.е. максимальная мощность, отдаваемая потребителям, достигает 1,4–1,5 кВт. При таких мощностях важно обеспечить высокий КПД генераторной установки. Мощность, забираемая генераторной установкой от двигателя на максимальной частоте вращения коленчатого вала от 4,5 кВт до 7 кВт.

В этом случае расход топлива на привод генератора может достигать 6 % общего расхода, причем 75 % этого расхода топлива теряется на нагрев узлов генераторной установки.

*Надежность функционирования системы электроснабжения* в значительной степени предопределяет безопасность движения автомобиля и выполнения технологических операций трактором. Система электроснабжения должна выполнять заданные функции, сохраняя требуемые эксплуатационные показатели в заданных пределах, при заданных режимах и условиях работы в течение требуемого периода времени.

*Параметрами, характеризующими генераторную установку,* являются также номинальное напряжение генератора, уровень и диапазон изменения регулируемого напряжения, качество электрической энергии, диапазон частот вращения и передаточное число привода генератора.

Отдачу электрической энергии генератором даже при минимальной частоте вращения ротора, соответствующей минимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода, можно обеспечить за счет увеличения передаточного числа ременной передачи привода генератора. Однако при передаточном числе, большем трех единиц, снижается срок службы ремней и увеличиваются механические нагрузки на вращающиеся узлы и детали генератора и на подшипники.

Отдача электрической энергии генератора зависит от дорожных условий, грузопотока автомобилей, времени суток и года. В черте города скорость автомобиля ограничена условиями уличного движения и существенно ниже, чем при движении автомобиля по загородному

шоссе.

Наиболее нагружен генератор при работе ночью в зимний период эксплуатации, когда включены отопитель, обогреватели стекол, приборы системы освещения и световой сигнализации. Потребляемая сила тока в этом случае составляет 55–80 % максимальной силы тока отдачи генератора. При движении автомобиля днем в теплый период года токовая нагрузка генератора минимальная и не превышает 10–20 % максимальной.

Генераторные установки автомобилей имеют номинальное напряжение 14 и 28 В. Напряжение 28 В характерно для автомобилей с дизелями. У грузовых автомобилей с дизелями система электроснабжения может обеспечивать два уровня напряжения: 14 В – непосредственно на генераторе для электроснабжения основных потребителей; 28 В – на выходе трансформаторно-выпрямительного блока для подзарядки аккумуляторной батареи, используемой при пуске двигателя.

## **3.2 Принципы работы и устройство генераторов**

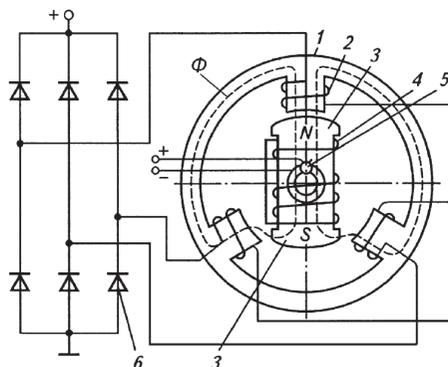
### **3.2.1 Принцип работы генераторов**

Преобразование в генераторе механической энергии в электрическую происходит в соответствии с явлением электромагнитной индукции. Если с определенной скоростью изменять магнитный поток, пронизывающий контур из токопроводящего материала, то на выводах контура появляется ЭДС. Когда изменяющийся магнитный поток пронизывает катушку с изолированными друг от друга витками токопроводящего провода, то на выводах катушки возникает ЭДС, пропорциональная произведению числа витков и скорости изменения магнитного потока.

Возможны два варианта изменения магнитного потока (наведения ЭДС) в катушках автомобильных и тракторных генераторов:

- по величине и направлению, что характерно для щеточной конструкции вентильного генератора с кривообразным ротором;
- только по величине, что характерно для бесщеточного генератора, в частности, индукторного.

Основными узлами генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, являются магнитная система с обмоткой возбуждения 4 (рис. 27) и стальными участками магнитопровода 1, по которым протекает магнитный поток  $\Phi$ , и обмотка 2 статора, в которой индуцируется ЭДС при изменении магнитного потока.



**Рис. 27 - Вентильный синхронный генератор:**

*1 – магнитопровод; 2 – обмотка статора; 3 – полюс ротора; 4 – обмотка возбуждения; 5 – щетки; 6 – выпрямитель*

Магнитный поток создается обмоткой 4 возбуждения при протекании по ней электрического тока и системой полюсов. Полюса с обмоткой возбуждения, кольца, через которые ток от щеток подводится к обмотке возбуждения, вал и некоторые другие конструктивные элементы образуют вращающийся ротор. Обмотка 2, в которой вырабатывается электрический ток, размещена на неподвижном магнитопроводе 1 и вместе с ним представляет собой статор.

При вращении ротора напротив полюсов статора с расположенными на них обмотками фаз оказываются то северный *N*, то южный *S* полюсы ротора. Магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий обмотки статора, изменяется по величине и направлению, что и приводит к появлению в обмотках переменной ЭДС. Частота  $f$  изменения ЭДС связана с частотой  $n_p$  вращения ротора и числом  $p$  пар полюсов ротора соотношением:

$$f = p \cdot n_p / 60.$$

В вентильных генераторах число пар полюсов  $p = 6$ , поэтому частота их переменного тока в десять раз меньше частоты вращения ротора. Чем выше частота вращения ротора и больше величина магнитного потока, тем быстрее происходит его изменение внутри катушек фаз статора и тем выше значения наводимой в них ЭДС.

Обмотка каждой фазы может иметь несколько катушек, соединенных последовательно, параллельно и смешанно. Фазовые обмотки статора соединяют в многолучевую звезду или многоугольник.

В трехфазном генераторе имеются три группы катушек, расположенные на соседних зубах статора таким образом, что наводимые в

них ЭДС смещены на  $120^\circ$ .

При соединении фаз в звезду концы всех фаз соединяют в общей нулевой точке, которую изолируют в генераторе или выводят отдельным нулевым проводом.

При построении фаз в треугольник конец первой фазы соединяют с началом второй фазы, конец второй фазы – с началом третьей фазы, а конец третьей фазы – с началом первой фазы. К точкам соединения фаз подключают линейные провода, подводящие напряжение к выпрямителю.

Построения фаз в звезду и треугольник отличаются соотношениями линейных  $U_l$  и фазных  $U_\phi$  напряжений, значениями сил линейного  $I_l$  и фазного  $I_\phi$  тока:

*при соединении фаз в звезду*

$$I_l = I_\phi \quad \text{и} \quad U_l = \sqrt{3}U_\phi;$$

*при соединении в треугольник*

$$U_l = U_\phi \quad \text{и} \quad I_l = \sqrt{3}I_\phi.$$

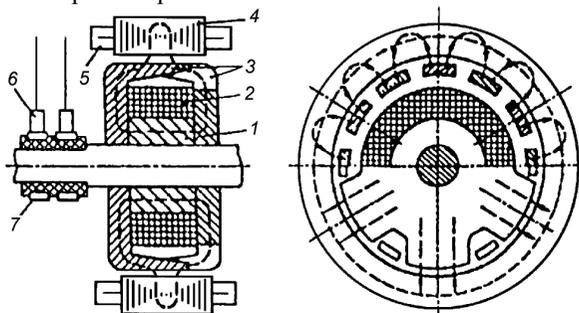
Приведенные соотношения справедливы для действующих значений синусоидально изменяющихся переменных напряжений и силы тока.

Начала фаз соединяют с выпрямителем *б*. Выпрямитель выпрямляет тот переменный ток, который к нему подводится, т.е. линейные величины. При соединении в треугольник фазные токи в  $\sqrt{3}$  раза меньше линейных, в то время как у звезды линейные и фазные токи равны. Это значит, что при том же отдаваемом генератором токе токи в обмотках фаз при соединении в треугольник значительно меньше, чем при соединении фаз в звезду. В результате в генераторах большой мощности довольно часто применяют соединение в треугольник, так как при токе меньшей силы обмотки можно наматывать более тонким проводом, что технологичнее. Однако линейные напряжения у звезды в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного, в то время как у треугольника они равны, и для получения такого же выходного напряжения при тех же частотах вращения ротора соединение фаз в треугольник требует соответствующего увеличения числа витков его фаз по сравнению с соединением в звезду.

Более тонкий провод можно применять и при соединении в звезду. В этом случае обмотку статора выполняют из двух параллельных обмоток, каждая из которых соединена в звезду, т.е. получается "двойная" звезда.

### 3.2.2 Вентильные генераторы с клювообразным ротором

Вентильные генераторы с клювообразным ротором (рис. 28) представляют собой синхронную электрическую машину со встроенным полупроводниковым выпрямителем. Основными узлами и деталями генератора являются статор 4, ротор с клювообразными полюсами 3, втулкой 1 и сосредоточенной вращающейся обмоткой 2 возбуждения, крышки со стороны привода и контактных колец 7, щетки 6, шкив, вентилятор и выпрямительный блок.



**Рис. 28 - Вентильный генератор с клювообразным ротором:**

1 – втулка; 2 – обмотка возбуждения; 3 – клювообразные полюса; 4 – статор; 5 – обмотка статора; 6 – щетка; 7 – контактные кольца

Пакет статора (рис. 29) набран из пластин электротехнической стали. В пазах статора размещены катушки трехфазной (или с большим числом фаз) обмотки. Число пазов на полюс и фазу для генераторов с клювообразным ротором определяется по формуле

$$q = z_1 / 2pt,$$

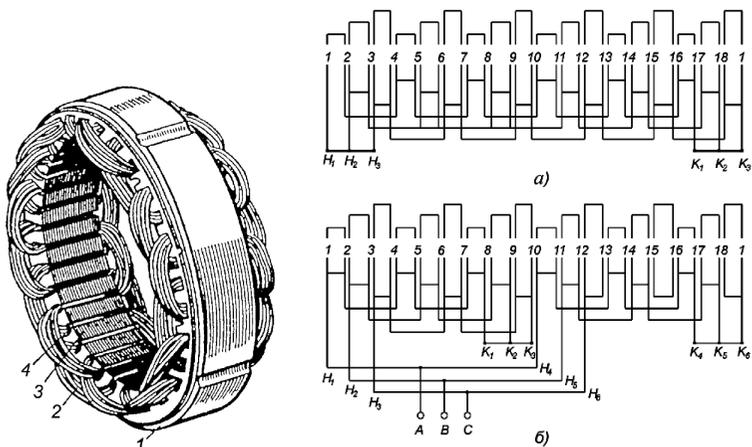
где  $z_1$  – число пазов статора;  $2p$  – число полюсов ротора;  $t$  – число фаз генератора.

Автомобильные генераторы выполняют с малыми значениями  $q$  (0,5; 1,0; 2,0). При меньших значениях  $q$  можно получить высокотехнологичную и надежную в эксплуатации конструкцию генератора при малой ее стоимости.

Иногда в вентильных генераторах используют две самостоятельные обмотки. Обмотка с большим числом витков обеспечивает необходимую отдачу по мощности при низкой частоте вращения ротора, с меньшим числом – при большей частоте вращения ротора генератора.

На рисунке 29 показаны схемы обмотки статора при  $q = 0,5$ . Каждая катушка расположена на своем зубце статора. Число зубцов

(пазов) и катушек восемнадцать.

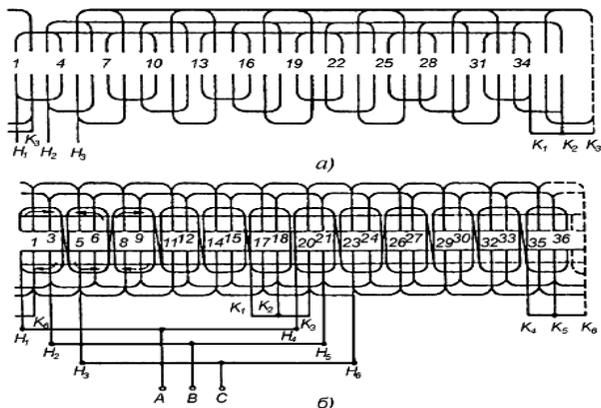


**Рис. 29 - Статор и его обмотка:**

*1 – магнитопровод; 2 – обмотка; 3 – зубцы; 4 – пазовый клин; а – обычная звезда; б – двойная звезда;  $H_1$ – $H_6$ ,  $K_1$ – $K_6$  – соответственно начальные и конечные точки фаз;  $A, B, C$  – выходы фаз*

В каждом пазу находятся две стороны катушек разных фаз. В обмотке (рис. 29 а) в каждой фазе расположены шесть последовательно соединенных катушек. В схеме обмотки статора (рис. 29 б) в одной половине пазов размещены катушки, образующие одну звезду, а в другой половине пазов – другую звезду. Каждая фаза состоит из двух параллельных ветвей, в каждой ветви находится по три непрерывно намотанных катушки.

В схеме трехфазной обмотки статора при  $q = 1$  число пазов статора – 36, катушек – 18. Каждая катушка охватывает три зубца, в каждом пазу находится одна сторона катушки. В обмотке статора (рис. 30 а) полное число витков первой катушки наматывают, например, в 1-й и 4-й пазы, а второй катушки – в 7-й и 10-й и т.д. Размер лобовой части (вылет обмотки) определяется двойным числом витков катушки. В обмотке статора (рис. 30 б) в 1-й и 4-й пазы наматывают только половину витков первой катушки, а вторую половину наматывают в пазы 4-й и 7-й в обратном направлении. Далее в пазы 7-й и 10-й наматывают половину витков второй катушки, а вторую половину витков второй катушки в пазы 10-й и 13-й наматывают в обратном направлении и т.д.

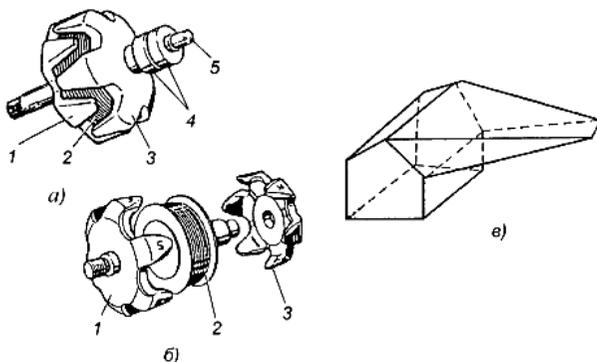


**Рис. 30 - Схема трехфазной обмотки статора при  $q = 1$ :**

*а – обычная обмотка (даны номера каждого третьего паза);  
 б – обмотка в развал*

При таком способе намотки вылет лобовой части катушки определяется только полуторным числом витков катушки, что позволяет уменьшить массу и габаритные размеры генератора.

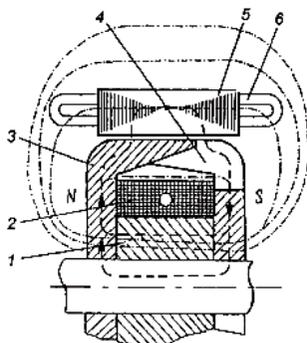
Клювообразный ротор автомобильного вентильного генератора (рис. 31) состоит из двух полюсных половин, клювы которых образуют у одной половины северную, а у другой южную систему полюсов.



**Рис. 31 - Клювообразный ротор автомобильного вентильного генератора:**

*а – в сборе; б – в разобранном виде; в – форма клювообразного полюса; 1 и 3 – полюсные половины; 2 – катушка обмотки возбуждения; 4 – контактные кольца; 5 – вал ротора*

При сборке южные полюса располагаются между северными, а обмотка возбуждения, надетая на стальную втулку, оказывается зажатой между полюсными половинами. Клювообразное исполнение ротора позволяет с помощью одной катушки получить многополюсную систему.



**Рис. 32 - Магнитная система генератора с клювообразным ротором:**

*1 – втулка; 2 – обмотка возбуждения; 3, 4 – клювообразные полюса; 5 – статор; 6 – обмотка статора; \_\_\_\_\_ – магнитные силовые линии; - - - - - часть магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения*

Основной (рабочий) магнитный поток (рис. 32, штриховые линии) проходит через втулку 1 и вал ротора, клювообразные полюса 3 одной полярности, воздушный зазор между ротором и статором, по зубцам и спинке статора 5, еще раз через воздушный зазор и далее через клювообразные полюса 4 другой полярности замыкается на втулку 1 и вал. Часть магнитного потока, создаваемого обмоткой 2 возбуждения (штрихпунктирные линии), замыкается по воздуху мимо статора, не охватывает провода статорной обмотки и в наведении ЭДС в ней не участвует. Эта часть магнитного потока называется магнитным потоком рассеяния.

Действующее (эффективное) значение ЭДС, наводимой в обмотке одной фазы, определяется по формуле:

$$E = 4,44k_{об}fw\Phi_b,$$

где  $k_{об}$  – обмоточный коэффициент;  $f$  – частота индуцируемой ЭДС;  $w$  – число последовательно соединенных витков в обмотке одной фазы статора;  $\Phi_b$  – магнитный поток в воздушном зазоре генератора.

Значения обмоточного коэффициента  $k_{об}$  для трехфазных гене-

раторов зависят от числа пазов статора на полюс и фазу  $q$  и равны следующим значениям:

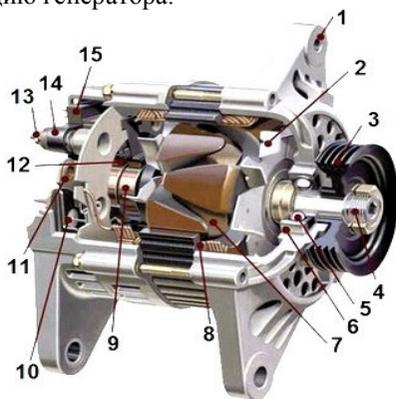
0,866 – при  $q = 0,5$  (18 пазов на статоре, 12 полюсов на роторе);

1,0 – при  $q = 1,0$  (36 пазов на статоре, 12 полюсов на роторе);

0,966 – при  $q = 2,0$  (72 паза на статоре, 12 полюсов на роторе).

Изменение ЭДС в проводниках обмотки статора зависит от формы кривой распределения магнитной индукции в рабочем зазоре по окружности статора, которая зависит от формы клювообразных полюсов. В автомобильных вентильных генераторах клювообразные полюса (см. рис. 31 в) имеют трапециевидную форму поверхности, обращенную к статору. Полюс такой формы обеспечивает близкую к синусоидальной форму кривой ЭДС.

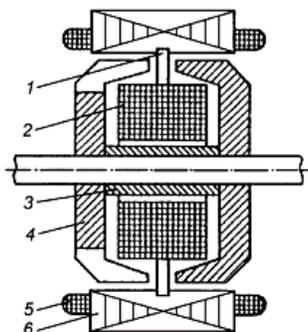
Ток к вращающейся обмотке 2 (см. рис. 28) возбуждения подводится через щетки 6 и контактные кольца 7. Вал ротора вращается в двух шарикоподшипниках, установленных в крышках. Крышки расположены по торцам статора и стянуты винтами. Существенный недостаток таких генераторов – наличие контактного узла, состоящего из электрощеток и колец, который подвержен изнашиванию. Пыль, грязь, топливо, масло и вода, попадая на контактный узел, быстро выводят его из строя. Специальная защита от загрязнения кардинально не решает проблему изнашивания контактного узла, но существенно упрощает конструкцию генератора.



**Рис. 32 - Устройство современного клювообразного генератора:**

1 - передняя крышка; 2 - крыльчатка; 3 - шкив; 4 - вал ротора; 5 - ролики подшипника; 6 - подщипник; 7 - ротор; 8 - статор; 9 - токосъемное кольцо; 10 - диоды; 11 - диодный мст; 12 - щетки; 13, 14, 15 - системы регулировки напряжения

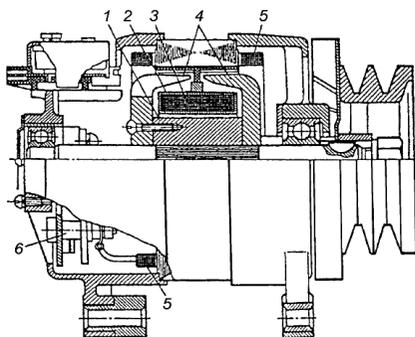
### 3.2.3 Бесщеточные генераторы с укороченными полюсами



**Рис. 33 - Конструктивная схема бесщеточного вентильного генератора с укороченными полюсами:**

*1 – крепежный элемент обмотки возбуждения; 2 – обмотка возбуждения; 3 – втулка; 4 – полюсные половины с укороченными клювами; 5 – обмотка статора; 6 – статор*

Генератор с укороченными полюсами (рис. 33, 34) можно получить конструктивно, если раздвинуть клювообразные половины полюса так, чтобы они не перекрывали друг друга, и в образовавшуюся щель пропустить крепежный элемент 1 (немагнитная обойма) и электрические провода для подвода тока к обмотке 2 возбуждения.



**Рис. 34 - Бесконтактный генератор с укороченными полюсами:**

*1 – втулка индуктора; 2 – алюминиевый каркас; 3 – обмотка возбуждения; 4 – клювообразные полюсные половины; 5 – обмотка статора; 6 – выпрямитель*

Обмотка находится в подвешенном состоянии над стальной втулкой между двумя полюсными половинами.

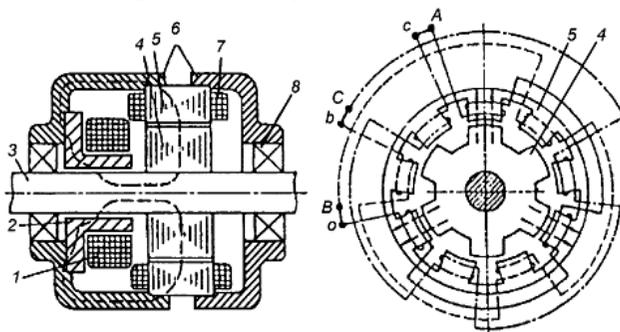
Магнитный поток в данном генераторе имеет постоянное направление у каждой полюсной половины, что характерно для индукторного генератора, но в целом направление магнитного потока, пронизывающего катушки фаз статора, меняется.

### 3.2.4 Индукторные генераторы

Индукторным является генератор переменного тока, при работе которого в режиме холостого хода магнитная индукция в любой точке поверхности расточки статора (якоря) изменяется только по величине без изменения направления, т.е. является пульсирующей. В индукторном генераторе обмотки и статора, и ротора (индуктора) неподвижны, а изменение магнитного потока, пронизывающего катушки обмоток фаз статора, вызывается перемещением ферромагнитной массы ротора.

Большое число модификаций индукторных генераторов определяется конфигурацией магнитной системы и схем обмотки статора.

Генератор индукторного типа (рис. 35) представляет собой бесконтактную, одноименно-полюсную электрическую машину переменного тока с односторонним электромагнитным возбуждением.



**Рис. 35 - Генератор индукторного типа:**

1 – обмотка возбуждения; 2 – втулка с фланцем (магнитная система индуктора); 3 – вал; 4 – ротор; 5 – магнитопровод статора; 6 – крышки; 7 – обмотка статора; 8 – подшипник; A, B, C и a, b, c – соответственно начальные и конечные точки фаз

Стальная звездочка ротора 4 вращается вместе с валом 3, который проходит внутри подвижной втулки 2. На втулке закреплена обмотка возбуждения, а на зубцах статора – его обмотка 7. При прохож-

дении постоянного тока через обмотку возбуждения в магнитной цепи генератора возникает магнитный поток (силовые линии показаны штрихпунктирной линией). Магнитный поток замыкается через воздушный зазор между втулкой 2 и валом 3, звездочку ротора, рабочий зазор между ротором и статором, пакет статора, крышку 6 со стороны катушки возбуждения и толстостенную шайбу или фланец втулки 2.

Пакет статора набирается из листовой стали. Ротор может быть шихтованным или монолитным.

Катушки обмотки статора имеют шаг, равный или близкий к зубцовому делению статора или половине зубцового деления ротора. Полусным делением индукторной машины является половина зубцового шага ротора, поэтому зубец и паз ротора можно рассматривать как разноименные полюса индуктора.

Для одноименно-полюсного индукторного генератора характерны следующие особенности:

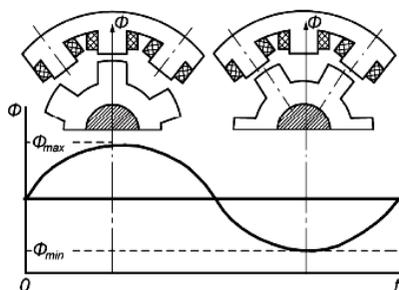
- наличие осевой намагничивающей силы и соответствующего осевого магнитного потока;
- наличие массивных участков в магнитной цепи, таких как корпус, ротор и втулка ротора;
- зубцы статора перемагничиваются с основной частотой, поэтому зубцовая зона статора должна быть выполнена из шихтованной стали.

Частота ЭДС, наведенной в обмотке индукторного генератора, независимо от конфигурации зубцовой зоны, определяется только числом зубцов ротора и частотой вращения его вала.

Все зубцы ротора имеют одну полярность. Изменение магнитного потока связано с изменением магнитной проводимости воздушного зазора под зубцами статора. Поток в зубце статора достигает максимального значения  $\Phi_{\max}$  (рис. 36), когда оси зубцов ротора и статора совпадают, и уменьшается до минимума  $\Phi_{\min}$  после поворота на 180 электрических градусов, когда ось зубца статора совпадает с осью впадины звездочки ротора.

Для большей степени изменения магнитного потока и, следовательно, повышения мощности генератора во впадинах звездочки ротора закрепляют постоянные магниты. В трехфазных индукторных генераторах статор имеет девять зубцов с обмотками, а в пятифазных – десять.

Магнитный поток индукторного генератора имеет постоянную и переменную составляющие.



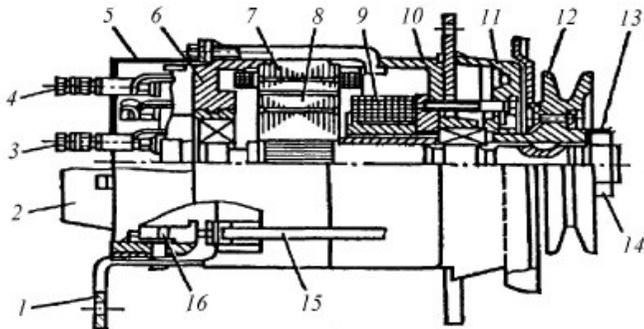
**Рис. 36 - Изменение магнитного потока в зубце статора во времени**

Постоянная составляющая в наведении ЭДС в обмотках статора не участвует и ухудшает использование материалов генератора, что требует увеличения объема и массы магнитопровода по сравнению с обычными вентильными генераторами. ЭДС в катушках наводит только переменная составляющая магнитного потока. Величина индуцируемой ЭДС зависит от амплитуды магнитного потока, числа витков обмотки статора и частоты  $n$  вращения ротора. Чем больше число витков, тем при меньшей частоте вращения ротора можно получить требуемое напряжение. Как правило, звездочка ротора имеет шесть зубцов. Частота переменного напряжения определяется по формуле

$$f = n / 10.$$

Конструкция индукторных генераторов проста. Они технологичны при производстве и надежны в эксплуатации, имеют высокий КПД, удовлетворительные регулировочные характеристики, работоспособны в сложных условиях эксплуатации. По надежности, простоте конструкции и технологичности при многофазном исполнении определенными преимуществами обладают одноименно-полюсные генераторы. Указанные генераторы благодаря большей возможности их многофазного исполнения со специальными схемами обмоток обеспечивают лучшую по сравнению с разноименно-полюсными генераторами форму кривой напряжения и вырабатывают электроэнергию более высокого качества. Кроме того, они могут развивать большую предельную мощность при монолитной конструкции ротора.

Конструкция одноименно-полюсных генераторов может быть одно- или двухпакетной. Однопакетные генераторы выполняются как с односторонним, так и двухсторонним возбуждением.



**Рис. 37 - Индукторный генератор:**

*1 - лапа крепежная; 2 - блок регулятора напряжения; 3 - вывод В; 4 - вывод Д; 5 - защитный кожух блока с интегральным регулятором напряжения; 6 - задняя крышка; 7 - пакет статора; 8 - пакет ротора; 9 - катушка возбуждения; 10 - передняя крышка; 11 - выпрямительный блок; 12 - шкив с вентилятором; 13 - стопорная шайба; 14 - гайка; 15 - штилька фасонная стяжная; 16 - болт крепления лапы*

Недостатками однопакетной конструкции являются наличие дополнительного зазора, а также необходимость выполнения держателей подшипников (корпус, крышки) из магнитомягкого материала, что ухудшает массогабаритные показатели генератора.

Вентильные индукторные генераторы устанавливаются на автомобилях и на всех отечественных тракторах и сельскохозяйственных машинах. Конструктивно такие генераторы представляют собой одноименно-полюсные индукторные машины с односторонним или двухсторонним электромагнитным возбуждением, встроенными выпрямителями и интегральными регуляторами.

### **3.3 Выпрямление переменного тока, устройства и принцип работы**

Переменный ток вентильных генераторов выпрямляется кремниевыми полупроводниковыми диодами. Диоды имеют два вывода, пропускают ток только от анодного вывода к катодному, к аноду подведен положительный потенциал. В противоположном направлении диоды тока не пропускают, если обратное напряжение не превышает допустимого значения. В выпрямителях генераторов устанавливают диоды прямой и обратной полярностей. У диода прямой полярности с корпусом соединен катод, а у диода обратной полярности – анод.

Технико-экономические показатели и характеристики вентиляльных генераторов в значительной мере определяются схемой и параметрами полупроводниковых выпрямителей. В зависимости от числа  $m$  фаз обмотки статора используются одно-, трех- и многофазные ( $m > 3$ ) схемы выпрямления. Выпрямители могут быть однотактными (однополупериодными) или двухтактными (двухполупериодными). В однополупериодных схемах выпрямления ток в обмотках статора протекает только один раз за период, а в двухполупериодных – дважды (в противоположных направлениях).

Однополупериодное выпрямление переменного тока однофазного источника  $G$  (рис. 38 а) обеспечивает один диод  $VD$ , который включается последовательно с нагрузкой  $R$ .

Для двухполупериодного выпрямления однофазного тока собирают мостовой выпрямитель из четырех диодов  $VD1-V D4$  (рис. 38 б).

Положительная полуволна переменного напряжения открывает вентили  $VD1$  и  $VD4$ . Во втором полупериоде открыты вентили  $VD2$  и  $VD3$ . В течение всего времени работы генератора с мостовым выпрямителем на нагрузку подается напряжение  $U_d$  одного знака.

Если в каждую фазу генератора включить по одному диоду  $VD1$ ,  $VD2$  и  $VD3$  (рис. 38 в), можно получить однополупериодный выпрямитель трехфазного тока. Каждый диод выпрямителя проводит ток только в течение  $1/3$  периода, когда напряжение приложено к нему в прямом направлении.

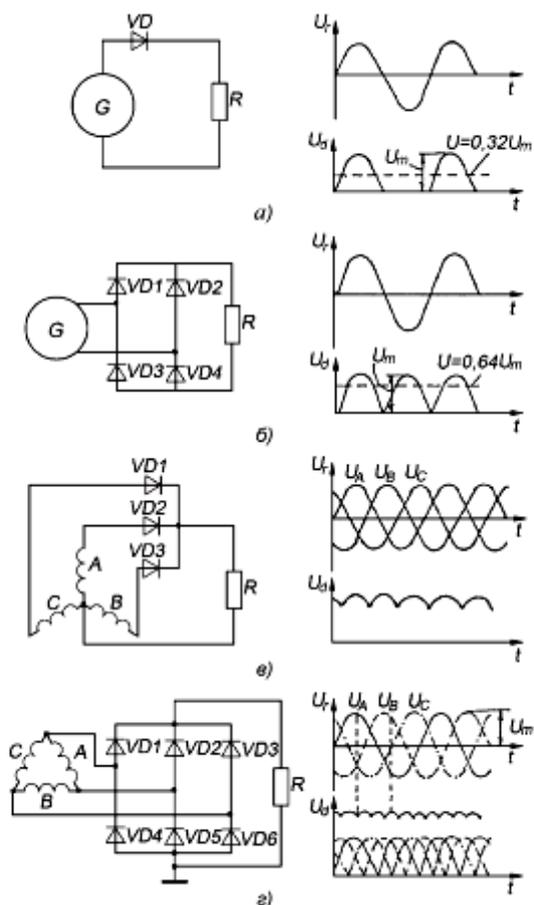
Двухполупериодный выпрямитель трехфазного тока имеет три пары диодов  $VD1-V D6$  (рис. 38 г). Одно плечо выпрямителя образуют диоды  $VD1-V D3$  прямой полярности, которые катодами соединены с положительным выводом вентиляльного генератора.

Во втором плече выпрямителя установлены диоды  $VD4-V D6$  обратной полярности. Их аноды соединены с массой. В проводящем направлении работает один из диодов  $VD1$ ,  $VD2$  или  $VD3$ , у которого анод имеет наибольший потенциал, а в группе диодов  $VD4-V D5$  – диод с самым низким потенциалом. В момент времени  $t$ , когда в фазе  $A$  напряжение положительно и максимально, а в фазах  $B$  и  $C$  напряжения отрицательны и равны, ток в нагрузку поступает через открытый диод  $VD1$  и два диода  $VD5$  и  $VD6$ . В момент времени, когда напряжение фазы  $A$  равно нулю, фазы  $B$  – положительно, а фазы  $C$  – отрицательно, ток проводят диоды  $VD2$  и  $VD4$ . Остальные диоды тока не пропускают.

Частота пульсаций выпрямленного двухполупериодным трехфазным выпрямителем напряжения  $U_d$  в шесть раз больше частоты переменного тока:

$$f_{\Pi} = 6f = 0,1z_p n_p,$$

где  $z_p$  – число полюсов индуктора.



**Рис. 38 - Схема генераторных установок с выпрямителями и их характеристики:**

*а - однополупериодное выпрямление; б - двухполупериодное выпрямление; в - однополупериодное выпрямление трехфазного тока; г - двухполупериодное выпрямление трехфазного тока; А, В, С - фазы обмотки статора генератора;  $U_g, U_A, U_B, U_C$  - напряжения генератора и фаз соответственно А, В, С;  $U_m$  - амплитудное значение фазного напряжения;  $U_d$  - выпрямленное напряжение*

Минимальное, максимальное и среднее значения выпрямленного напряжения равны соответственно  $1,5U_m$ ,  $1,73U_m$  и  $1,65U_m$  ( $U_m$  – амплитудное значение напряжения фаз). Изменение выпрямленного напряжения  $\Delta U_d = 0,23U_m = 0,139U_d$ , что при среднем значении выпрямленного напряжения 14 В составляет 1,95 В.

Коммутация в вентильных генераторах не может быть идеальной, так как ток закрывающегося диода не исчезает мгновенно, а сила тока вступающего в работу диода нарастает постепенно. Поэтому с изменением нагрузки генератора изменяются соотношения между фазными и выпрямленными напряжениями и силами тока.

Продолжительность коммутации, выражаемую в электрических градусах, называют углом  $\gamma$  коммутации.

В отличие от режима холостого хода выпрямленное напряжение в период коммутации не изменяется по огибающей фазных и линейных напряжений. Кривая выпрямленного напряжения существенно искажается из-за несинусоидальности напряжений в фазах обмотки статора, специфического действия реакции якоря, нелинейности ВАХ полупроводниковых диодов и т.д.

Важным показателем вентильного генератора является коэффициент использования  $k_i$  – отношение реальной мощности к расчетной мощности генератора. Коэффициент  $k_i$  характеризует уменьшение мощности вентильного генератора по сравнению с мощностью используемого в нем генератора переменного тока, связанное с перерывами протекания токов в фазах и процессами коммутации при их переключении на внешнюю цепь нагрузки. Коэффициент  $k_i$  зависит от числа фаз обмотки статора, угла  $\gamma$  коммутации и выбранной схемы выпрямителя.

Для лучшего использования вентильного генератора желательно выбирать трехфазную мостовую двухполупериодную схему выпрямления (см. рис. 38 з). Благодаря высокому коэффициенту использования генератора и хорошему качеству выпрямленного напряжения трехфазные мостовые схемы выпрямления получили наибольшее распространение в автотракторных вентильных генераторах. При числе фаз обмотки стартера, большем трех, их целесообразно соединять в многоугольники.

Отличительной особенностью вентильного генератора является большая, чем у коллекторных генераторов постоянного тока, амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения. Амплитуда пульсаций зависит от числа фаз генератора, выбранной схемы выпрямителя и нагрузки генератора. В тех случаях, когда не удастся обеспечить допустимый уровень пульсаций за счет правильного выбора параметров генератора

и схемы выпрямителя, применяют сглаживающий фильтр.

Относительная пульсация выпрямленного напряжения вычисляется по формуле

$$\Delta U = \frac{U_{d\max} - U_{d\min}}{2U_{do}} \cdot 100\%,$$

где  $U_{d\max}$  и  $U_{d\min}$  - максимальное и минимальное значения переменного напряжения, В;  $U_{do}$  - среднее значение выпрямленного напряжения в режиме холостого хода.

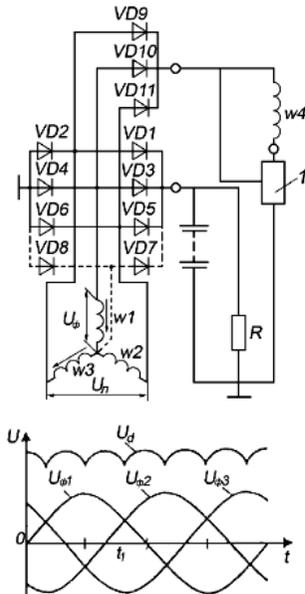
При работе вентильного генератора под нагрузкой амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения возрастает, что связано с затягиванием процесса коммутации с закрывающегося диода на открывающийся. При трехфазной мостовой схеме выпрямления без сглаживающих фильтров относительная пульсация напряжения может достигать 35 %. В случае пятифазной схемы выпрямления относительная пульсация напряжения при номинальных режимах работы вентильного генератора обычно не превышает 13 %. При этом, благодаря десятикратному превышению частоты основной гармоники выпрямленного напряжения по отношению к частоте напряжения самого генератора, облегчается фильтрация выходного напряжения.

На рисунке 39 приведена схема генераторной установки с дополнительным силовым плечом и ее характеристики. Обычно выпрямитель трехфазной мостовой схемы содержит шесть силовых полупроводниковых диодов  $VD1-V D6$ . При необходимости форсирования мощности генератора применяется дополнительное плечо выпрямителя на диодах  $VD7$  и  $VD8$  (см. рис. 39, штриховая линия). Такая схема выпрямления возможна только при соединении обмоток статора в звезду.

У многих типов генераторов обмотка возбуждения подключается к собственному выпрямителю, собранному на диодах  $VD9-V D11$ . Такое подключение обмотки возбуждения препятствует протеканию через нее тока разряда аккумуляторной батареи при неработающем двигателе.

В зависимости от фазных напряжений можно определить, какие диоды открыты, а какие закрыты в данный момент. Фазные напряжения  $U_{\phi 1}$ ,  $U_{\phi 2}$  и  $U_{\phi 3}$  (рис. 39) действуют соответственно в обмотках первой, второй и третьей фаз. Данные напряжения изменяются по кривым, близким к синусоидам, и в одни моменты времени они положительны, а в другие – отрицательны. Если положительное направление напряжения в фазе соответствует стрелке, направленной к нулевой точке обмотки статора, а отрицательное – от нулевой точки, то, на-

пример, для момента времени  $t_1$  напряжение второй фазы отсутствует, напряжение первой фазы – положительное, а третьей фазы – отрицательное.



**Рис. 39 - Схема генераторной установки с дополнительным силовым плечом  $VD7-VD8$  и ее характеристики:**

$U_{\phi 1}-U_{\phi 3}$  – напряжение в обмотках фаз;  $w_1, w_2, w_3$  – обмотки трех фаз статора;  $VD_2, VD_4, VD_6, VD_8$  – диоды силового выпрямителя;  $VD_9, VD_{10}, VD_{11}$  – диоды выпрямителя в цепи обмотки возбуждения;  $w_4$  – обмотка возбуждения;  $1$  – регулятор напряжения

Если направление напряжений фаз соответствует стрелкам, показанным на рисунке 39, то ток через обмотки, диоды и нагрузку будет протекать в направлении указанных стрелок. При этом открыты диоды  $VD_1$  и  $VD_4$ . Рассмотрев любые другие моменты времени, легко убедиться, что в трехфазной системе диоды силового выпрямителя переходят из открытого состояния в закрытое и обратно таким образом, что ток в нагрузке имеет только одно направление – от положительного вывода генераторной установки к массе, т.е. в нагрузке протекает постоянный (выпрямленный) ток.

Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током обмотку возбуждения. Причем в вы-

прямитель обмотки возбуждения тоже входят шесть диодов, но три из них  $VD2$ ,  $VD4$  и  $VD6$  – общие с силовым выпрямителем. Так, в момент времени  $t1$  открыты диоды  $VD4$  и  $VD9$ , через которые выпрямленный ток поступает в обмотку возбуждения. Сила тока значительно меньше, чем сила тока, отдаваемого генератором на нагрузку. Поэтому в качестве диодов  $VD9$ – $VD11$  применяются малогабаритные слаботочные диоды, рассчитанные на силу тока 2 А (для сравнения, диоды силового выпрямителя допускают протекание токов силой до 25–35 А).

### 3.4 Характеристики генераторов

У вентильных генераторов есть некоторые особенности, влияющие на их характеристики:

- выпрямление переменного тока;
- подбор обмоточных данных, обеспечивающих номинальное напряжение при минимальной частоте вращения ротора, соответствующей режиму холостого хода двигателя;
- самоограничение отдаваемого генератором тока.

Основными параметрами генератора являются напряжение, частота вращения ротора и мощность (или сила тока, отдаваемого генератором при заданном напряжении).

#### *Характеристики холостого хода*

Зависимость выпрямленного напряжения  $U_d$  (рис. 40) от силы тока возбуждения  $I_b$  при отключенной нагрузке и постоянной частоте вращения ротора  $n_p$  называют характеристикой вентильного генератора в режиме холостого хода. В режиме холостого хода выпрямленное напряжение равно ЭДС  $E_d$ . Характеристики вентильного генератора в режиме холостого хода получают при независимом возбуждении.

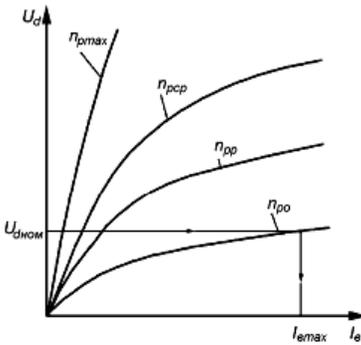
На рисунке 41 даны характеристики индукторного генератора в режиме холостого хода. Характеристику  $I$  имеют индукторные генераторы с ненасыщенной магнитной системой.

При насыщении зубцов статора и ротора уменьшается амплитуда переменной составляющей магнитного потока, что приводит к снижению ЭДС  $E_d$  при токах возбуждения большой силы (кривая 2).

#### *Внешние характеристики*

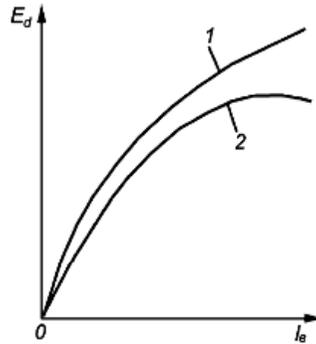
Внешние характеристики представляют собой зависимости выпрямленного напряжения  $U_d$  (рис. 42) от силы тока нагрузки  $I_n$  при постоянстве частоты вращения ротора, напряжения на выводах обмотки возбуждения и ее сопротивления. При увеличении нагрузки выпрямленное напряжение падает под действием реакции якоря, падения напряжения в цепи статора (якоря) и в выпрямителе, причем падение

напряжения в обмотках статора значительно и зависит от частоты вращения ротора.

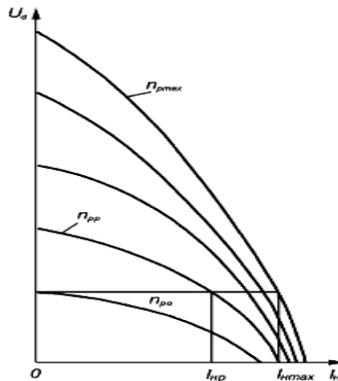


**Рис. 40** - Характеристики вентильного генератора в режиме холостого хода:

$n_{p\max}$ ,  $n_{p\text{ср}}$ ,  $n_{p\text{р}}$ ,  $n_{p0}$  – частоты вращения ротора соответственно максимальная, средняя, расчетная и начала отдачи;  $U_{d\text{ном}}$  – выпрямленное номинальное напряжение



**Рис. 41** - Характеристики тракторного индукторного генератора в режиме холостого хода



**Рис. 42** - Внешние характеристики вентильных генераторов:

$I_{n\text{р}}$ ,  $I_{n\text{мах}}$  – соответственно расчетное и максимальное значения силы тока нагрузки

Внешние характеристики определяются при самовозбуждении и независимом возбуждении. Снижение напряжения при увеличении нагрузки происходит не только на активном, но и на индуктивном сопротивлении обмоток статора. В случае самовозбуждения добавляется также падение напряжения на обмотке возбуждения. Размагничивающее действие реакции якоря уменьшает магнитный поток в рабочем воздушном зазоре.

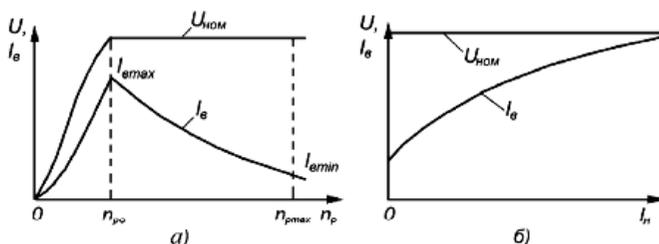
Из внешних характеристик определяется максимальная сила тока  $I_{нmax}$ , которая создается при заданном или регулируемом значении напряжения.

*Скоростная регулировочная характеристика*

Скоростная регулировочная характеристика (рис. 43 а), представляющая собой зависимость силы тока возбуждения  $I_{в}$  от частоты вращения ротора при постоянстве напряжения генератора, обычно определяется при нескольких значениях силы тока нагрузки.

Минимальная сила тока возбуждения определяется при силе тока нагрузки, равной нулю, и максимальной частоте вращения ротора генератора. Скоростные регулировочные характеристики позволяют определить диапазон изменения силы тока возбуждения с изменением нагрузки при постоянном напряжении.

При постоянном номинальном напряжении  $U_{ном}$  с увеличением частоты вращения  $n_p$  ротора генератора сила тока  $I_{в}$  возбуждения должна уменьшаться (рис. 43 а), а при увеличении силы тока нагрузки  $I_{н}$  – возрастать (рис. 43 б).



**Рис. 43 - Зависимости напряжения генератора и силы тока  $I_{в}$  возбуждения:**

*а – от частоты вращения ротора; б – от силы тока нагрузки;  $U_{ном}$  – номинальное напряжение*

Напряжение генератора необходимо поддерживать постоянным в диапазоне частот вращения от  $n_{p0}$  до  $n_{pmax}$ . Сила тока возбуждения будет изменяться от  $I_{вmax}$  до  $I_{вmin}$ . Кратность регулирования по частоте

вращения для автомобильных генераторов составляет 6–8, а кратность регулирования по силе тока возбуждения ( $kI = I_{\text{вmax}}/I_{\text{вmin}}$ ) – 15–20.

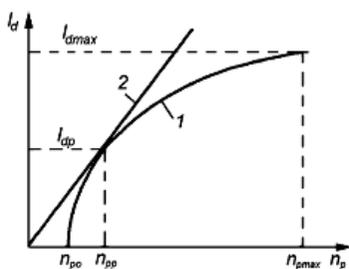
Кратность регулирования по силе тока возбуждения больше, чем кратность регулирования по частоте вращения, потому что характеристика намагничивания генератора имеет нелинейный характер. Обычно у вентильных генераторов имеет место глубокое насыщение магнитной цепи. Наибольшая кратность регулирования по току возбуждения возможна в режиме холостого хода.

#### *Токоскоростная характеристика*

В связи с непрерывным изменением режима работы двигателя, частоты вращения ротора и нагрузки генератора важной является токоскоростная характеристика – зависимость силы тока  $I_d$ , которую генератор может отдавать потребителям при заданном напряжении, от частоты вращения ротора (рис. 44).

Токоскоростная характеристика  $I_d = f(n_p)$  снимается при  $U_d = \text{const}$  и  $I_b = \text{const}$ . Контрольными являются значения начальной частоты вращения ротора  $n_{p0}$  отдачи генератора, расчетная частота вращения ротора  $n_{pp}$  и соответствующая ей расчетная сила тока  $I_{dp}$ , а также максимальная сила тока  $I_{d\text{max}}$  при  $n_{p\text{max}}$ .

Расчетные частоты вращения ротора  $n_{pp}$  и сила тока  $I_{dp}$  определяются в точке касания токоскоростной характеристики 1 и прямой 2, проведенной из начала координат. Этой точке соответствует максимальное значение отношения расчетной мощности  $P_{dp}$  к расчетной частоте  $n_{pp}$  вращения ротора (режим максимального нагрева генератора).



**Рис. 44 - Токоскоростная характеристика**

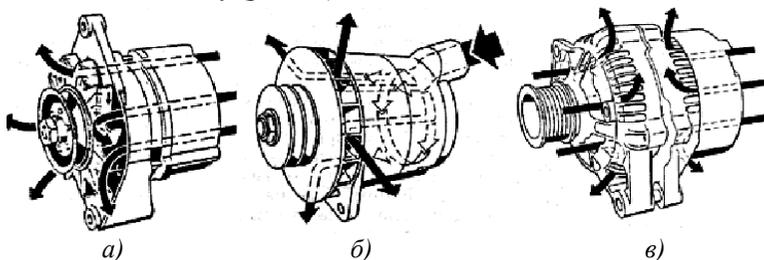
Токоскоростная характеристика используется при разработке или выборе генератора. Характеристика может быть определена при независимом возбуждении, самовозбуждении и работе генератора с регулятором напряжения. Она может быть также построена по внеш-

ним характеристикам.

Все современные автомобильные генераторы обладают свойством самоограничения максимальной силы тока. В значительном диапазоне частот вращения ротора сила тока возрастает медленно, а при максимальной частоте вращения ротора не превышает заданного максимального значения. С увеличением частоты вращения ротора генератора, а следовательно, с увеличением частоты индуктируемого в обмотке статора тока увеличивается индуктивное сопротивление обмотки, поэтому сила тока увеличивается медленнее, асимптотически стремясь к некоторому предельному значению.

Параметрами вентильного генератора являются также номинальная мощность и сила вырабатываемого тока при частоте вращения ротора  $6000 \text{ мин}^{-1}$ . Номинальная мощность автомобильного генератора равна произведению номинальной силы тока на номинальное напряжение.

Вентильный генератор проектируется таким образом, чтобы температура его обмоток, подшипников и полупроводниковых элементов при нагреве и номинальной силе тока (номинальной мощности) не была опасна. Узлы генератора нагреваются больше при силе тока, составляющей примерно  $2/3$  номинального значения. Это объясняется тем, что с увеличением частоты вращения ротора одновременно возрастает интенсивность охлаждения генератора вентилятором, расположенным на его валу (рис. 45).



**Рис. 45 - Системы охлаждения генераторов:**

*а - генераторы традиционной конструкции; б - для повышенной температуры подкапотного пространства; в - генераторы компактной конструкции. Стрелками указано направление движения охлаждающего воздуха*

Самоограничение силы тока проявляется в меньшей степени при увеличении значения  $n_{p0}$ . С уменьшением  $n_{p0}$ ,  $n_{pp}$  и увеличением  $I_{dmax}$  улучшаются условия обеспечения положительного зарядного ба-

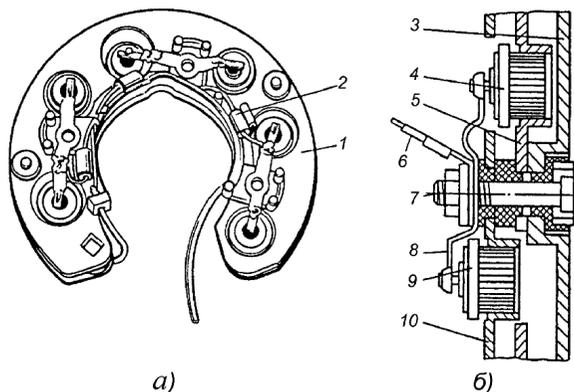
ланса на автомобиле и тракторе, однако при этом увеличиваются масса и габаритные размеры генератора.

Благодаря самоограничению силы тока в системах электропитания с вентильными генераторами нет необходимости применять ограничители силы тока.

### 3.5 Выпрямительный блок

В современных генераторах устанавливают выпрямители в виде блоков, соединенных с обмоткой статора генератора. Общим для всех выпрямительных блоков является то, что они собраны по мостовой схеме.

Блоки представляют собой две алюминиевые пластины – теплоотводы, соединенные между собой в монолитную конструкцию через изоляционные втулки заклепками. Один теплоотвод соединен с массой генератора, другой изолирован от нее и соединен с выводом генератора (рис. 46). Общим для всех блоков является то, что силовыми выпрямительными элементами в них являются диоды прямой и обратной полярностей, корпуса которых выполнены под запрессовку в теплоотводы.



**Рис. 46 - Выпрямительный блок БПВ 11-60:**

*а – внешний вид; б – устройство; 1 – силовой выпрямитель; 2 – дополнительный выпрямитель цепи обмотки возбуждения; 3 – крышка генератора; 4 – диоды обратной полярности; 5, 10 – теплоотводы, не изолированный и изолированный от массы, соответственно; 6 – вывод обмотки статора генератора; 7 – болт крепления выпрямительного блока; 8 – монтажная шина; 9 – диод прямой полярности*

Конструкции таких диодов одинаковы, но они не взаимоза-

няемы, так как у диода прямой полярности на корпусе расположен катод, а у диода обратной полярности – анод.

Максимально допустимая сила прямого тока через диод равна 20 А. Падение напряжения на диоде, включенном в прямом направлении при силе тока 20 А, не должно превышать 1,4 В. Максимальное обратное напряжение – 150 В, сила обратного тока при максимальном обратном напряжении должна быть не более 5 мА.

В генераторах большой мощности применяют блоки с 12 диодами, соединенными попарно-параллельно.

### 3.6 Регулирование напряжения

Напряжение  $U_d$  на выходе вентильного генератора регулируется изменением силы тока возбуждения. Обмотка возбуждения получает питание через регулятор напряжения от двухполупериодного силового выпрямителя или подключается к дополнительному выпрямителю.

Регулятор напряжения 1 (рис. 47) генератора 4 содержит элементы: сравнения 2, регулирующий 3 и измерительный 5. Измерительный элемент 5 преобразует напряжение генератора в сигнал  $U_{изм}$ , который в элементе 2 сравнивается с заданным значением. При наличии разности указанных напряжений на вход регулирующего элемента 3 поступает сигнал  $U_0$ , который изменяет силу тока возбуждения на величину  $\Delta I_B$  до тех пор, пока напряжение генератора не будет равно заданному.

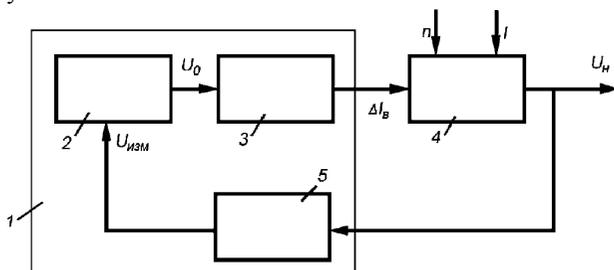


Рис. 47 - Схема регулирования напряжения генератора

Как только напряжение генератора превышает заданный уровень, регулятор напряжения разрывает цепь электроснабжения обмотки возбуждения и вводит в эту цепь дополнительный резистор.

В результате сила тока возбуждения и напряжение генератора начинают уменьшаться. При определенном нижнем уровне напряжения регулятор вновь замыкает цепь питания обмотки возбуждения, и

напряжение генератора повышается. Далее процессы переключения периодически повторяются.

Частота регулируемого напряжения должна быть выше 25–30 Гц, чтобы пульсации напряжения не вызывали заметных для глаз колебаний стрелок контрольно-измерительных приборов и мигания света ламп приборов освещения и световой сигнализации.

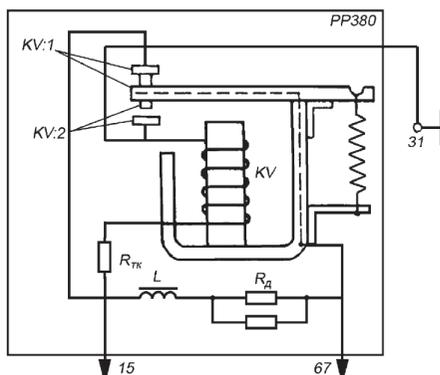
Известны следующие типы регуляторов напряжения (рис. 48).



**Рис. 48 - Типы регуляторов напряжения**

### *Вибрационные регуляторы*

В вибрационном регуляторе напряжения эталонной величиной является сила натяжения пружины, отжимающей якорь реле от его сердечника (рис. 49). Измерительный элемент регулятора – обмотка  $KV$  на сердечнике магнитопровода, которая воспринимает напряжение генератора.



**Рис. 49 - Схема вибрационного регулятора напряжения PP380 (пояснения в тексте)**

У регулятора PP380 имеются две пары контактов (размыкающие

$KV:1$  и замыкающие  $KV:2$ ), с помощью которых осуществляется двухступенчатое регулирование.

При замыкании контактов выключателя зажигания обмотка возбуждения через размыкающие контакты  $KV:1$  регулятора снабжается электроэнергией от аккумуляторной батареи, в результате чего обеспечивается возбуждение генератора.

После пуска двигателя частота вращения вала генератора увеличивается, напряжение возрастает. Соответственно возрастает сила тока в обмотке регулятора напряжения, магнитный поток в магнитопроводе и сила, с которой якорь электромагнита притягивается к сердечнику.

Контакты  $KV:1$  размыкаются, когда сила притяжения якоря к сердечнику превысит препятствующую этому силу натяжения пружины. При размыкании контактов  $KV:1$  в цепь обмотки возбуждения включается добавочный резистор  $RД$ , сила тока возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. Когда напряжение становится ниже регулируемого, пружина возвращает якорь в исходное положение, контакты  $KV:1$  вновь замыкаются и шунтируют резистор  $RД$ , сила тока в обмотке возбуждения возрастает, напряжение повышается. Далее процесс повторяется.

Начиная с определенной частоты вращения ротора, напряжение на выводах генератора возрастает настолько, что под действием силы притяжения якоря к сердечнику замыкаются контакты  $KV:2$ . Обмотка возбуждения замыкается на массу. Сила тока возбуждения и напряжение уменьшаются, пружина размыкает контакты  $KV:2$ , и обмотка возбуждения вновь оказывается включенной в цепь питания, что приводит к повышению напряжения генератора.

Резистор  $R_{тк}$ , включенный последовательно в цепь обмотки электромагнита регулятора, осуществляет его температурную компенсацию, т.е. снижает зависимость регулируемого напряжения от температуры. Резистор  $R_{тк}$  изготовлен из провода, сопротивление которого мало изменяется с изменением температуры.

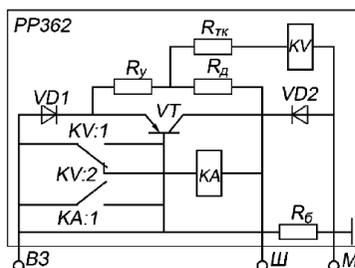
### ***Контактно-транзисторные регуляторы***

В контактно-транзисторных регуляторах ток возбуждения проходит через силовой транзистор. Функция контактной пары электромагнитного реле сводится к коммутированию тока управления транзистором небольшой силы, который работает в режиме ключа. Контакты электромагнита включены в цепь базы транзистора и выполняют функции органа управления. Чувствительным элементом регулятора напряжения является обмотка электромагнита, находящаяся под напряжением генератора.

При напряжении генератора, меньшем регулируемого, контакты замкнуты, а благодаря наличию тока базы транзистор открыт. Сопротивление цепи возбуждения определяет только сопротивление самой обмотки возбуждения. С увеличением частоты вращения ротора напряжение генератора возрастает. При напряжении генератора, большем регулируемого, электромагнит преодолевает сопротивление пружины и контакты замыкаются, шунтируя переход эмиттер–база транзистора. Транзистор запирается, а сопротивление цепи возбуждения увеличивается, так как ток возбуждения должен проходить через добавочный резистор.

Уменьшение силы тока возбуждения вызывает уменьшение магнитного потока, ЭДС и напряжения генератора. Это, в свою очередь, приводит к ослаблению усилия электромагнита, и в какой-то момент контакты разомкнутся. Данный процесс периодически повторяется. Напряжение генератора колеблется около заданного регулируемого напряжения.

Функцию регулирующего устройства реле выполняет транзистор  $VT$ , который через диод  $VD1$  включен в цепь возбуждения. Управление транзистором осуществляет электромагнитное реле с двумя парами контактов  $KV:1$  и  $KV:2$  (рис. 50).



**Рис. 50 - Схема контактно-транзисторного регулятора напряжения PP362**

Реле имеет одну основную обмотку  $KV$  управления и включено по схеме с ускоряющим и выравнивающим резисторами. Функции выравнивающего резистора выполняет диод  $VD1$ , который одновременно обеспечивает надежный перевод транзистора в состояние отсечки. Необходимая степень насыщения транзистора обеспечивается подбором сопротивления резистора  $Rб$ , по которому протекает ток базы. При включении выключателя зажигания в цепи эмиттер–база транзистора через диод смещения  $VD1$  и резистора в цепи базы  $Rб$  на-

чинает протекать ток от аккумуляторной батареи. Транзистор  $VT$  открывается и к источнику электроснабжения через диод  $VD1$  и переход эмиттер–коллектор транзистора подключается обмотка возбуждения.

Напряжение генератора подводится к обмотке  $KV$  через диод  $VD1$ , ускоряющий резистор  $R_u$  и резистор термокомпенсации  $R_{тк}$ . При повышении частоты вращения ротора генератора напряжение возрастает. Контакты  $KV : I$  замыкаются. Переход эмиттер–база оказывается смещенным в обратном направлении (потенциал эмиттера ниже потенциала базы на величину падения напряжения на диоде  $VD1$ ). Обратное смещение этого перехода прерывает протекание тока в цепи базы транзистора и переводит его в состояние отсечки. Ток в обмотку возбуждения поступает через ускоряющий  $R_u$  и добавочный  $R_d$  резисторы, что приводит к снижению силы тока и напряжения генератора.

Уменьшение напряжения вызывает размыкание контактов  $KV : I$  и отпирание транзистора  $VT$ . Обмотка возбуждения снова подключается к источнику электроснабжения через открытый транзистор  $VT$ .

Сила тока возбуждения и напряжение генератора возрастают. Далее процесс периодически повторяется.

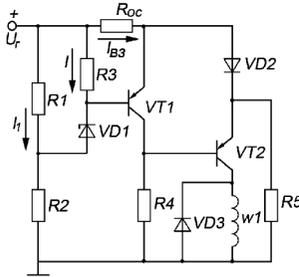
Обмотка возбуждения генератора шунтирована диодом  $VD2$ , чтобы исключить перенапряжения на транзисторе  $VT$ , возникающие при коммутации цепи возбуждения.

Ускоряющий резистор  $R_u$  является элементом жесткой обратной связи. Когда транзистор  $VT$  находится в состоянии насыщения, через резистор  $R_u$  протекает ток обмотки электромагнитного реле  $KV$ . При закрытом транзисторе сила этого тока складывается с силой тока обмотки возбуждения. Следовательно, при переходе транзистора в состояние отсечки падение напряжения на резисторе  $R_u$  резко возрастает, что приводит к скачкообразному изменению напряжения на обмотке  $KV$  электромагнита. Время разомкнутого состояния контактов  $KV : I$  сокращается и, как следствие, повышается частота их вибрации и уменьшается амплитуда колебаний регулируемого напряжения.

### ***Бесконтактные транзисторные регуляторы***

Основу бесконтактных транзисторных регуляторов напряжения составляют транзисторные реле с эмиттерной и коллекторной обратной связью.

**Регулятор напряжения с эмиттерной обратной связью** (рис. 51).



**Рис. 51 - Схема бесконтактного транзисторного регулятора напряжения с эмиттерной обратной связью ( $U_g$  – напряжение генератора)**

Измерительным органом регулятора является цепь  $R_1$ – $R_2$ – $R_3$ – $VD_1$ , регулирующим устройством – транзисторное реле с эмиттерной обратной связью (транзисторы  $VT_1$ ,  $VT_2$ , диод  $VD_2$ , резисторы  $R_3$ ,  $R_4$  и резистор обратной связи  $R_{oc}$ ). Нагружено транзисторное реле обмоткой  $w_1$  возбуждения генератора, шунтированной гасящим диодом  $VD_3$ .

При напряжении на резисторе  $R_1$ , меньшем порогового напряжения стабилитрона  $VD_1$ , сила тока, протекающего по цепи  $R_3$ – $VD_1$ , практически равна нулю. Напряжение приложено к эмиттерному переходу транзистора  $VT_1$  в обратном направлении. Поэтому транзистор  $VT_1$  находится в состоянии отсечки. Напряжение на его переходе эмиттер–коллектор практически равно напряжению генератора и приложено к эмиттерному переходу транзистора  $VT_2$  в прямом направлении. Транзистор  $VT_2$  находится в состоянии насыщения. Степень насыщения зависит от сопротивления резистора  $R_4$ .

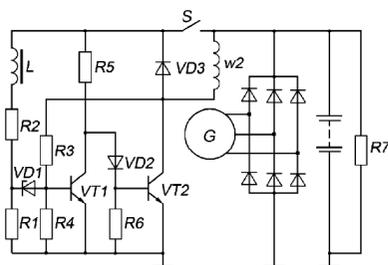
Поскольку сопротивление резистора  $R_{oc}$  и падение напряжения на диоде  $VD_2$  невелики, то можно считать, что к обмотке возбуждения подается практически полное напряжение генератора, что обеспечивает необходимое самовозбуждение и увеличение напряжения генератора.

При напряжении генератора, равном напряжению срабатывания транзисторного реле, в цепи  $R_3$ – $VD_1$  возникает сила тока стабилизации стабилитрона. Напряжение на эмиттерном переходе транзистора  $VT_1$  достигает порогового значения, и транзистор переходит из состояния отсечки в состояние насыщения, шунтируя переход эмиттер–база транзистора  $VT_2$ . Транзистор  $VT_2$  закрывается, сила тока возбуждения уменьшается (сила тока определяется ЭДС самоиндукции, ин-

дуктируемой в обмотке возбуждения), что приводит к уменьшению создаваемого обмоткой возбуждения магнитного потока, ЭДСи напряжения генератора. Уменьшение силы тока возбуждения вызывает скачкообразное повышение входного напряжения на транзисторе  $VT1$  и более быстрое переключение его из состояния отсечки в состояние насыщения. Необходимое смещение эмиттерного перехода транзистора  $VT2$  при его переключении в состояние отсечки обеспечивается подбором параметров цепи  $VD2-R5$ .

Как только напряжение генератора достигает напряжения возврата транзисторного реле, стабилитрон  $VD1$  закрывается, транзистор  $VT1$  переходит в состояние отсечки, а транзистор  $VT2$  – из состояния отсечки в состояние насыщения, что обуславливает повышение силы тока возбуждения и напряжения генератора. Релейный эффект в регуляторе достигается посредством резистора  $R_{o.c}$ , обеспечивающего положительную обратную связь.

**Регуляторы напряжения с коллекторной обратной связью.** Регулятор напряжения с коллекторной обратной связью (рис. 52) содержит фильтр, функции которого выполняет катушка индуктивности  $L$ , измерительное устройство с резисторами  $R1, R2, R4$  и стабилитроном  $VD1$  и регулирующее устройство – транзисторное реле, содержащее транзисторы  $VT1, VT2$ , диод  $VD2$ , и резисторы  $R5, R6$  и  $R3$ . Напряжение генератора регулируется по среднему выпрямленному напряжению  $U_d$ .



**Рис. 52 - Схема транзисторного регулятора с коллекторной обратной связью**

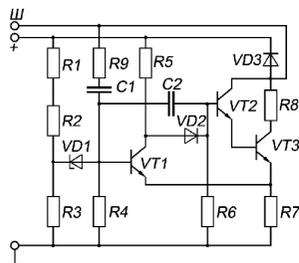
В регуляторе напряжения используются кремниевые транзисторы  $n-p-n$  типа. Так как кремниевые транзисторы имеют сравнительно высокое пороговое напряжение, то нет необходимости создавать отрицательное смещение на их эмиттерных переходах.

Коллекторная обратная связь осуществляется через резистор  $R3$ , включенный между коллектором транзистора  $VT2$  и базой транзистора

*VT1*. При напряжении  $U_d$ , равном напряжению срабатывания реле, по цепи  $VD1-R4$  протекает ток стабилизации стабилитрона. Напряжение на эмиттерном переходе транзистора *VT1* достигает порогового значения. Транзистор *VT1* начинает переключаться из состояния отсечки в состояние насыщения. Транзистор *VT2* переходит в состояние отсечки. При этом потенциал коллектора *VT2* возрастает, сила тока в цепи  $R3-R4$  увеличивается, что приводит к скачкообразному повышению напряжения на эмиттерном переходе транзистора *VT1* и резкому переключению его в состояние насыщения. Напряжение на переходе эмиттер-коллектор транзистора *VT1* также скачкообразно уменьшается. Диод *VD2* надежно обеспечивает переход транзистора *VT2* в состояние отсечки.

При напряжении  $U_d$ , равном напряжению возврата, стабилитрон *VD1* и транзистор *VT1* закрываются. Потенциал коллектора транзистора *VT2* и сила тока обратной связи уменьшаются, что приводит к скачкообразному снижению напряжения на эмиттерном переходе транзистора *VT1* и резкому переключению его из состояния насыщения в состояние отсечки.

**Регуляторы напряжения с составным транзистором.** Составные транзисторы применяют для повышения коэффициента усиления по току и входного сопротивления. Эмиттером составного транзистора  $VT2-VT3$  в схеме регулятора (рис. 53) является эмиттер транзистора *VT3*, а базой – база транзистора *VT2*.



**Рис. 53 - Схема бесконтактного транзисторного регулятора напряжения с составным транзистором**

Коллекторы обоих транзисторов соединены между собой. Два транзистора, включенные по схеме составного транзистора (схема Дарлингтона), могут рассматриваться как один с большим коэффициентом усиления.

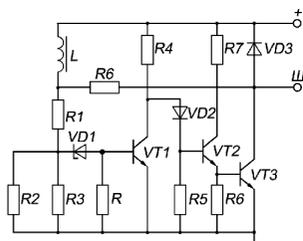
Применение составного транзистора позволяет снизить силу его базового тока, а следовательно, исключить применение в цепи базы

резистора с большим сопротивлением и снизить рассеиваемую мощность в регуляторе, что способствует уменьшению его размеров.

Регулятор имеет жесткую эмиттерную обратную связь через резистор  $R7$  и гибкую коллекторную по цепи  $R9-C1$ . Конденсатор  $C2$  выполняет функции фильтра. Применение гибкой обратной связи ускоряет процессы переключения транзисторов. Если составной транзистор находится в состоянии насыщения, ток в цепи  $R9-C1-R4$  отсутствует. При переходе составного транзистора в состояние отсечки потенциал его коллектора резко возрастает. В цепи  $R9-C1-R4$  – эмиттерный переход транзистора  $VT1$  возникает импульс тока, ускоряющий процесс переключения транзисторов  $VT1$  и  $VT3$ . При переключении транзистора  $VT3$  из состояния отсечки в состояние насыщения конденсатор  $C1$  разряжается по цепи  $R9-VT3-VT1$ , создавая импульсы обратной полярности в эмиттерном переходе транзистора  $VT1$ .

Процесс переключения транзистора  $VT1$  из состояния насыщения в состояние отсечки ускоряется. По рассмотренной принципиальной схеме выполнены регуляторы Я112 и Я120 и их модификации.

Регулятор напряжения с каскадным соединением транзисторов. Применение составного транзистора в регуляторе напряжения приводит к повышению частоты вращения ротора начала отдачи генератора, так как падение напряжения на составном транзисторе больше, чем на обычном транзисторе. Для снижения частоты вращения ротора в регуляторах напряжения применяют каскадное соединение транзисторов.



**Рис. 54 - Схема бесконтактного регулятора напряжения с каскадным соединением транзисторов**

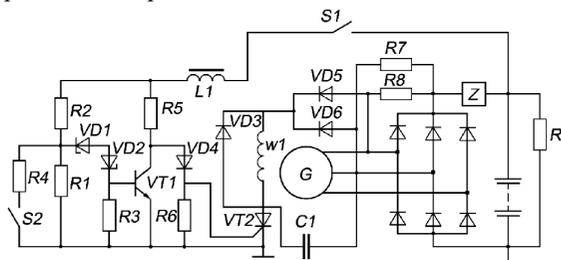
В отличие от бесконтактно-транзисторного регулятора напряжения с эмиттерной обратной связью бесконтактный регулятор (рис. 54) напряжения с каскадным соединением транзисторов содержит дополнительный каскад усиления на транзисторе  $VT2$ . При напряжении  $U_d$ , меньшем напряжения срабатывания регулятора, транзистор  $VT1$  находится в состоянии отсечки, а транзисторы  $VT2$  и  $VT3$  – в состоянии насыщения. При достижении  $U_d$  значения напряжения срабатыва-

ния транзистор  $VT1$  переходит в состояние насыщения, а транзисторы  $VT2$  и  $VT3$  – в состояние отсечки. Коллекторная обратная связь в регуляторе напряжения осуществляется с помощью резистора  $R6$ .

### **Тиристорные регуляторы напряжения**

Управлять тиристором в тиристорных регуляторах напряжения можно путем регулирования угла включения (с естественной коммутацией) или относительной длительности включения (с искусственной коммутацией).

Схема тиристорного регулятора напряжения с естественной коммутацией приведена на рис. 55.



**Рис. 55 - Схема тиристорного регулятора напряжения с естественной коммутацией**

Функции регулирующего органа в регуляторе выполняет тиристор  $VT2$ , в анодную цепь которого включена обмотка  $w1$  возбуждения генератора. Обмотка возбуждения шунтирована гасящим диодом  $VD3$ . Для обеспечения естественной коммутации транзистор подключен к генератору через однофазный двухполупериодный выпрямитель с двумя диодами силового выпрямителя генератора и двумя вспомогательными диодами  $VD5$  и  $VD6$ . Для возбуждения генератора к обмотке возбуждения подается напряжение аккумуляторной батареи через резисторы  $R7$  и  $R8$ . Условия коммутации транзистора улучшает конденсатор  $C1$ .

Измерительное устройство состоит из усилителя постоянного напряжения на транзисторе  $VT1$  и измерительной цепи с делителем напряжения  $R1, R2, R4$  и стабилитронами  $VD1, VD2$ . Катушка индуктивности выполняет роль фильтра.

Напряжение к измерительному устройству подается при включении выключателя  $S1$  зажигания. Если это напряжение ниже напряжения срабатывания электронного реле регулятора, в цепи  $L1-R5-VD4-R6$  возникает ток, создающий падение напряжения на резисторе  $R6$ , достаточное для переключения тиристора в состояние насыщения.

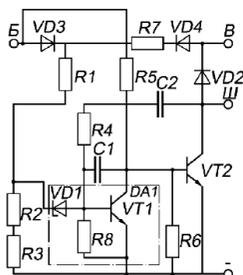
В этом случае обеспечивается возбуждение генератора. Затем, по мере возрастания напряжения генератора, обмотка возбуждения переключается на электроснабжение от однофазного мостового выпрямителя.

Когда напряжение генератора достигает напряжения срабатывания, транзистор *VT1* переключается в состояние насыщения. Напряжение на управляющем электроде тиристора резко падает и при напряжении на выходе однофазного выпрямителя, близком к нулю, тиристор переходит в состояние отсечки. Обмотка возбуждения отключается от источника электроснабжения. Сила тока в обмотке возбуждения и напряжение генератора уменьшаются. При выходном напряжении генератора, равном напряжению срабатывания, транзистор *VT1* переключается в состояние отсечки, а тиристор – в состояние насыщения. Далее процессы повторяются.

### **Интегральные регуляторы напряжения**

Интегральные регуляторы напряжения рассчитаны на силу тока 3,3 и 5 А. Схемы регуляторов достаточно просты, поэтому они имеют небольшие размеры. Кроме того, они максимально унифицированы для напряжения 14 и 28 В. Малогабаритные интегральные регуляторы напряжения встраиваются в генератор, поэтому в их схемах отсутствуют элементы защиты полупроводниковых элементов.

В регуляторе Я112В1 (рис. 56) входной делитель напряжения собран на резисторах *R1*, *R2* и *R3*. Элементом сравнения служит стабилитрон *VD1*. В выходной цепи находится транзистор *VT2*. Элементом сравнения служит стабилитрон *VD1*, выходной транзистор электронного реле *VT1* и резистор *R8* выполнены в одном корпусе в виде микросхемы *DA1*. Защиту схемы от возможных аварийных режимов обеспечивают диоды *VD3*, *VD4*. Диод *VD2* является гасящим. Гибкую обратную связь осуществляет цепь *C2–R4 – C1*.



**Рис. 56 - Схема интегрального регулятора**

Входная цепь регулятора Я112В1 снабжается электроэнергией

через отдельный вывод "Б". Если напряжение на выводе "Б" отсутствует (замок зажигания выключен), то отсутствует и базовый ток транзистора VT2. Транзистор закрыт и протекание тока в цепи обмотки возбуждения невозможно.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Классификация автомобильных генераторных установок.
2. В чем преимущество генераторов переменного тока перед генераторами постоянного тока?
3. Каким образом происходит получение постоянного напряжения в генераторах постоянного и переменного тока?
4. Объясните устройство и принцип работы автомобильных генераторов переменного тока электромагнитного возбуждения с контактно-щеточным механизмом.
5. Объясните устройство и принцип работы автомобильных генераторов переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов.
6. Объясните устройство и принцип работы индукторных автомобильных генераторов переменного тока.
7. В каких случаях, и с какой целью выпрямительный блок автомобильной генераторной установки содержит более чем девять диодов?
8. В чем заключается и как практически осуществляется регулирование напряжения автомобильных вентильных генераторов?
9. Что такое начальная, расчетная и номинальная частота вращения генератора? Чему они равны?
10. Что такое расчетная частота вращения генератора? ( $n_p$ ). Чему она равна?
10. При каком токе возбуждения снимаются скоростные характеристики генератора?
12. Что такое явление «самоограничения тока» в генераторах переменного тока и в чем его причины?
13. Как влияет ток нагрузки на напряжение генератора? Причина этого?
14. В каких пределах выбирается регулируемое напряжение и чем оно определяется?
15. Что такое зарядный баланс?
16. Какие типы регуляторов напряжения существуют?
17. Каким образом на автомобиле осуществляется контроль работоспособности генераторной установки?

## 4 ЭЛЕКТРОСТАРТЕРЫ

Тип системы пуска определяют используемая энергия и конструкция основного пускового устройства – стартера. Для пуска автомобильных и тракторных двигателей используют системы электростартерного пуска.

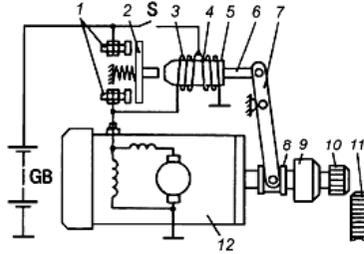
Структурные схемы систем управления электростартерного пуска автомобильных и тракторных двигателей отличаются между собой незначительно. В системах управления стартером предусмотрены электромагнитные тяговые реле, дополнительные реле и реле блокировки, обеспечивающие дистанционное включение, автоматическое отключение стартера от аккумуляторной батареи после пуска двигателя и предотвращение включения стартера при работающем двигателе.

Источником энергии в системах электростартерного пуска является стартерная свинцовая аккумуляторная батарея (химический источник постоянного тока, поэтому в электростартерах используют электродвигатели постоянного тока). Характеристики стартерного электропривода с электродвигателями постоянного тока последовательного или смешанного возбуждения хорошо согласуются с характеристиками поршневого двигателя при пуске.

Напряжение на стартерный электродвигатель подается от аккумуляторной батареи через замкнутые контакты *1* (рис. 57) тягового электромагнитного реле. При замыкании контактов выключателя *S* приборов и стартера, дополнительного реле или реле блокировки втягивающая *3* и удерживающая *4* обмотки тягового реле подключаются к аккумуляторной батарее *GB*. Якорь *5* тягового реле притягивается к магнитопроводу электромагнита. С помощью штока *6* и рычага *7* привода шестерня *10* входит в зацепление с зубчатым венцом *11* маховика двигателя.

В конце хода якоря *5* тягового реле контактная пластина замыкает силовые контактные болты, и стартерный электродвигатель приводит во вращение коленчатый вал двигателя.

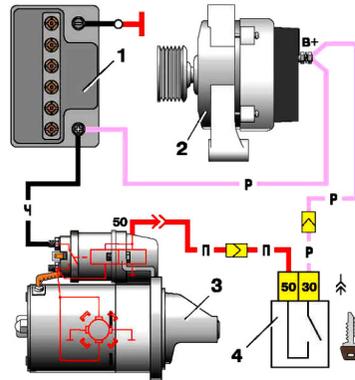
После пуска двигателя муфта *9* свободного хода предотвращает передачу вращающего момента от маховика к валу якоря электродвигателя. Шестерня привода не выходит из зацепления с венцом маховика до тех пор, пока замкнуты контакты *1*. При размыкании контактов выключателя *S* втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле подсоединяются к аккумуляторной батарее последовательно через силовые контакты.



**Рис. 57 - Схема управления электростартером:**

1 – контакты; 2 – подвижный контактный диск; 3, 4 – втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле соответственно; 5 – якорь тягового реле; 6 – шток; 7 – рычаг привода; 8 – поводковая муфта; 9 – муфта свободного хода; 10 – шестерня; 11 – зубчатый венец маховика; 12 – электростартер

Электростартер получает питание от аккумуляторной батареи – автономного источника электроэнергии ограниченной мощности (рис. 58).



**Рис. 58 - Схема соединения электростартера:**

1 - аккумуляторная батарея; 2 - генератор; 3 - электростартер; 4 - выключатель зажигания

Вследствие внутреннего падения напряжения в батарее напряжение на выводах электростартера не остается постоянным, а уменьшается с увеличением нагрузки и силы потребляемого тока.

Сила тока электростартеров может составлять несколько сот и даже тысяч ампер. При такой силе тока на характеристики стартерного электродвигателя большое влияние оказывает падение напряжения в

стартерной сети, т.е. в стартерном проводе и массе.

Характеристики стартерных электродвигателей зависят от емкости и технического состояния аккумуляторной батареи. Семейству вольт-амперных характеристик батареи соответствует семейство рабочих и механических характеристик стартерного электродвигателя.

Режим работы стартеров повторно-кратковременный. Пусковой цикл попытки старта не должен превышать 10 и 15 с соответственно для бензиновых двигателей и дизелей. Допускается не более трех пусковых циклов подряд с перерывами между ними не менее 30 с. После охлаждения стартера до температуры окружающей среды возможен еще один пусковой цикл.

Длительное время по отношению к периоду прокручивания колчатого вала двигателя стартер может работать в режимах полного торможения и холостого хода. Якорь стартера без повреждений должен в течение 20 с выдерживать нагрузки, возникающие при частоте вращения его вала, на 20 % превышающей частоту вращения вала якоря в режиме холостого хода.

Стартеры для бензиновых двигателей имеют мощность 1-1,4 кВт, а для дизельных более 2 кВт. Мощность стартера указывается из расчета потребляемого тока при холостом ходе  $4000 \text{ мин}^{-1}$ . Номинальный потребляемый ток стартера мощностью 1 кВт - 80 А, а 2 кВт - 160 А. Больше всего энергии необходимо потратить на преодоление состояния покоя двигателя. В момент запуска вал стартера тормозится нагрузкой (запускаемым двигателем). На практике, стартер в начале пуска (сотые доли секунды) потребляет "пусковой ток" который в 7-10 раз может превышать номинальный, затем десятые доли секунды - ток превышающий номинальный в 2-4 раза. Затем стартер продолжает работать потребляя свой номинальный ток. Через 0,5-1,2 с исправный двигатель запускается. Например, для запуска исправного бензинового мотора 1,5 л. пусковой ток - в среднем 180 А. Пусковой ток для дизельного двигателя 1,5 л. - 300 А. Спротивление вращению вала стартера, которое создаст бензиновый агрегат объемом 2,0 л - 250 А. А при пуске дизельного двигателя объемом 3,0 л. средний пусковой ток 500 А. Пусковая частота вращения зависит от типа двигателя:  $40-70 \text{ мин}^{-1}$  - для бензиновых двигателей и  $100-200 \text{ мин}^{-1}$  - для дизельных.

Тяговое реле стартера должно обеспечивать ввод шестерни в зацепление и включение стартера при снижении напряжения до 9 В для номинального напряжения  $U_n = 12 \text{ В}$  и до 18 В для  $U_n = 24 \text{ В}$  при температуре окружающей среды  $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Контакты тягового реле должны оставаться замкнутыми при снижении напряжения на выводах

стартера до 5,4 и 10,8 В при номинальных напряжениях соответственно 12 и 24 В.

Параметром, определяющим рациональное согласование мощностной характеристики пускового устройства с пусковыми характеристиками двигателя, является передаточное число привода. При изменении передаточного числа редуктора привода меняется наклон механической характеристики стартерного электродвигателя, приведенной к коленчатому валу двигателя. Сповышением передаточного числа приведенный вращающий момент увеличивается, а приведенная частота вращения вала уменьшается. Максимальное значение мощности электростартера смещается в сторону меньшей частоты вращения коленчатого вала. Для каждого типа двигателя и заданных условий пуска существуют оптимальные передаточные числа, при которых лучшим образом используются мощностные характеристики стартерного электродвигателя.

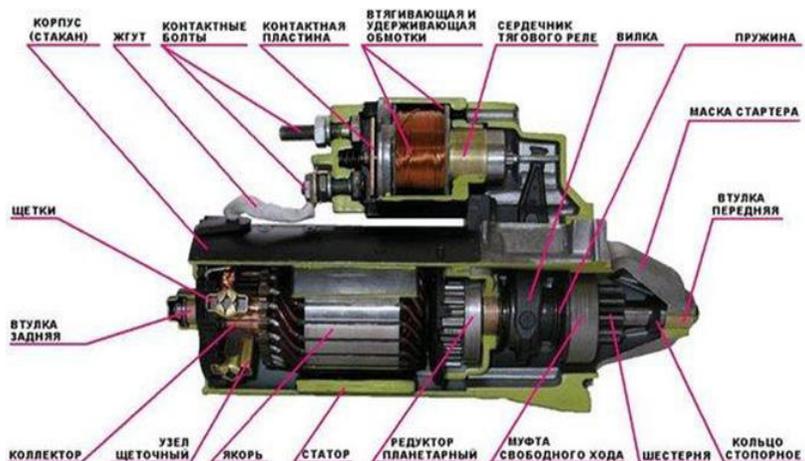


Рис. 59 - Устройство электростартера

#### 4.1 Классификация электростартеров

Электростартеры отличаются по способам управления и возбуждения (последовательного, смешанного, с возбуждением от постоянных магнитов), типу механизма привода, способу крепления на двигателе и степени защиты от проникновения посторонних тел и воды.

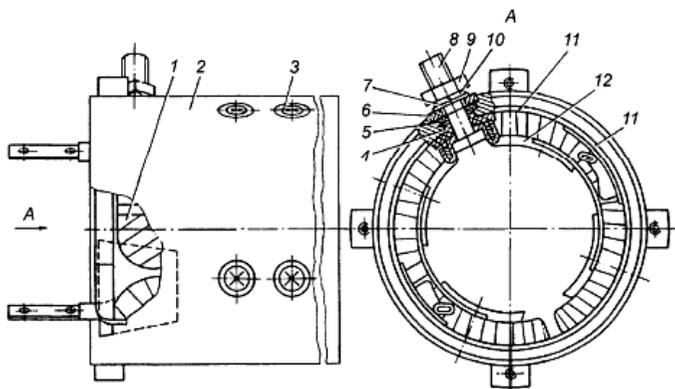
По типу и принципу работы приводных механизмов выделяют стартеры с принудительным электромеханическим перемещением

шестерни привода, которые получили наибольшее распространение, и стартеры с инерционным или комбинированным приводом. Для предотвращения разноса якоря после пуска двигателя в электростартеры устанавливают роликовые, храповичные и фрикционно-храповичные муфты свободного хода.

Стартер состоит из электродвигателя постоянного тока с последовательным, смешанным возбуждением или возбуждением от постоянных магнитов, электромагнитного тягового реле и механизма привода. В стартер может быть встроен дополнительный редуктор.

## 4.2 Конструкция узлов и деталей электростартеров

Корпус (рис. 60) стартера изготавливают из трубы или стальной полосы с последующей сваркой стыка. С целью улучшения герметизации корпус не имеет окон для доступа к щеткам. Длина корпуса в 1,6–2 раза больше длины пакета якоря. Толщина корпуса зависит от диаметра  $D_j$  корпуса и составляет  $(0,05–0,08)D_j$ . В корпусе 2 предусмотрено отверстие для выводного болта  $\delta$  обмотки возбуждения. Корпус может иметь установочные прорези на торцах и конусообразные проточки для установки уплотнительных колец.



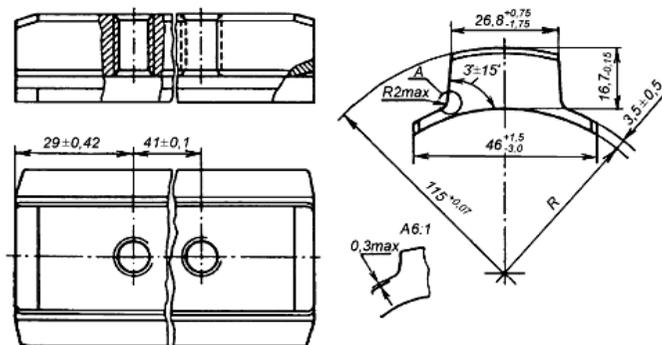
**Рис. 60** – Корпус стартера в сборе:

1 – катушка; 2 – корпус; 3 – винт полюса; 4 – изоляционная втулка; 5, 6 – соответственно уплотнительная и изоляционная шайбы; 7 – шайба; 8 – выводной болт; 9 – гайка M12; 10 – пружинная шайба; 11 – изоляционный материал; 12 – полюс

К корпусу 2 винтами 3 крепят полюсы 12 с катушками 1 обмотки возбуждения. Все автомобильные стартеры выполняют четырехпо-

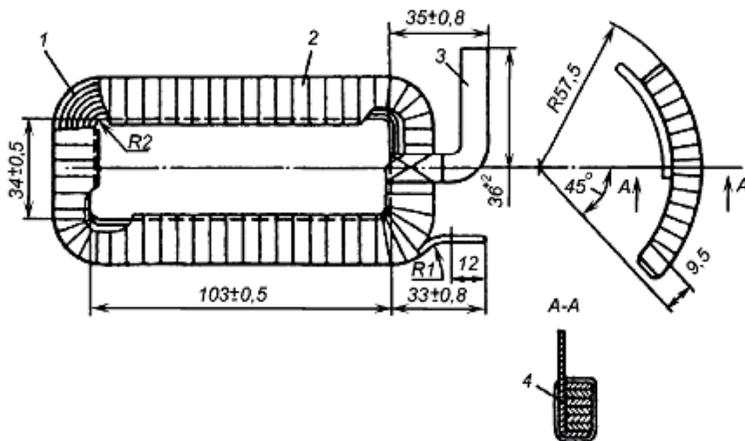
люсными. Катушки последовательных и параллельных обмоток возбуждения устанавливают на отдельных полюсах, поэтому число катушек равно числу полюсов.

Горячекатаные или штампованные полюсы (рис. 61) стартера состоят из магнитопровода, полюсных наконечников и изготавливаются из профильной стали 10.



**Рис. 61 - Полюс электростартера**

Катушки (рис. 62) последовательной обмотки имеют небольшое число витков неизолированного медного провода 3 прямоугольного сечения марки ПММ.

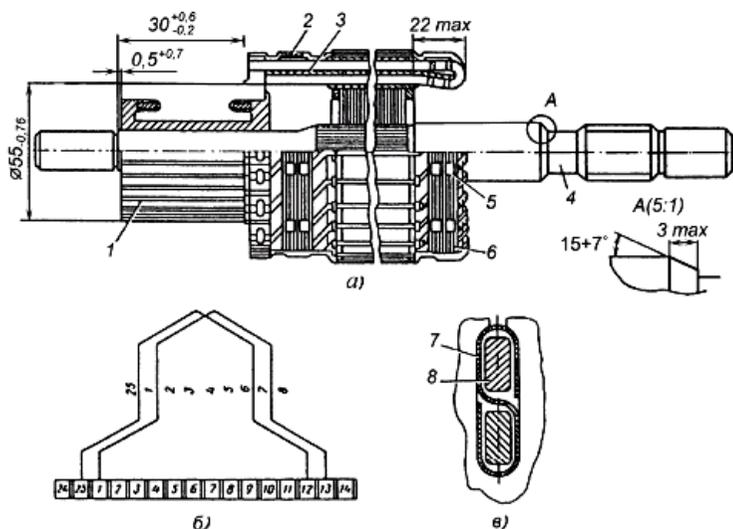


**Рис. 62 - Обмотка возбуждения**

Между витками катушки прокладывают электроизоляционный

картон толщиной 0,2–0,4 мм. Катушки параллельной обмотки возбуждения наматывают изолированным круглым проводом марок ПЭВ-2 и ПЭТВ. Снаружи катушки изолируют лентой из изоляционного материала (хлопчатобумажная тафтяная лента, батистовая лента Б-13). Внешняя изоляция после пропитывания лаком и просушивания имеет толщину 1–1,5 мм.

Якорь (рис. 63) стартера представляет собой шихтованный магнитопровод, в пазы которого укладываются секции обмотки. В шихтованном магнитопроводе потери на вихревые токи меньше. Пакет якоря напрессован на вал 4, вращающийся в двух или трех опорах с бронзографитовыми подшипниками или подшипниками из порошкового материала.



**Рис. 63 - Якорь электростартера:**

*а – в сборе; б – схема обмотки; в – конструкция паза; 1 – коллектор; 2 – проволока бандажа якоря; 3 – изоляционный материал; 4 – вал; 5 – крепежная скоба бандажа; 6 – прокладка под бандаж; 7 – изоляционный материал паза; 8 – провод ПММ обмотки якоря*

Пакет якоря набирают из стальных пластин толщиной 1–1,2 мм (рис. 63). Крайние пластины пакета из электроизоляционного картона толщиной 2,5 мм предохраняют от повреждения изоляцию проводников в лобовых частях обмотки якоря.

В стартерных электродвигателях применяют простые волновые



Пластины в коллекторе закрепляют с помощью металлических нажимных колец 2 и изоляционных конусов 4 по боковым опорным поверхностям. От металлической втулки 1, которую напрессовывают на вал якоря, медные пластины изолируют миканитовой цилиндрической втулкой.

В стартерах с цилиндрическими коллекторами щетки устанавливают в четырех коробчатых щеткодержателях радиального типа, закрепленных на крышке 6 со стороны коллектора. Необходимое давление (30–120 кПа) на щетки обеспечивают спиральные пружины. В электростартерах с торцовыми коллекторами щетки размещают в пластмассовой или металлической траверсе и прижимают к рабочей поверхности коллектора витыми цилиндрическими пружинами. Щетки в щеткодержателях должны перемещаться свободно, но без значительных боковых колебаний.

В электростартерах применяют медно-графитные щетки с добавками свинца и олова (рис. 66).

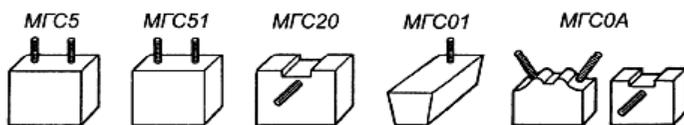


Рис. 66 - Щетки электростартеров

В щетках стартеров большой мощности, предназначенных для тяжелых условий эксплуатации, графита больше. Плотность  $j_{щ}$  тока в щетках электростартеров находится в пределах 40–100 А/см<sup>2</sup>. От допустимой плотности тока зависят размеры щеток и падение напряжения под щетками  $\Delta U_{щ}$ .

### Тяговые реле

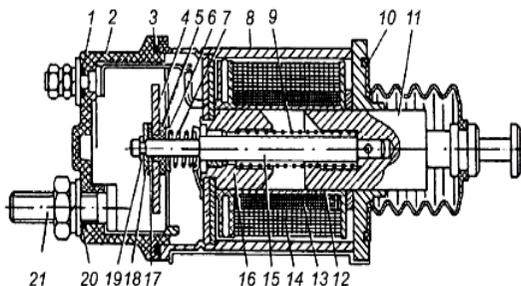
Управляемые дистанционно тяговые реле обеспечивают ввод шестерни в зацепление с венцом маховика и подключают стартерный электродвигатель к аккумуляторной батарее. Они отличаются по способу крепления на стартере, числу обмоток, конструкции контактного устройства и форме стопа электромагнита.

На большинстве стартеров тяговое реле располагают на приливе крышки со стороны привода. Сфланцем прилива крышки реле соединяют непосредственно или через дополнительные крепежные элементы.

Реле может иметь одну или две обмотки, намотанные на латунную втулку, в которой свободно перемещается стальной якорь 11 (рис.

67), воздействующий на шток 15 с подвижным контактным диском 4. Два неподвижных контакта в виде контактных болтов 21 закрепляют в пластмассовой крышке 2.

В двухобмоточном реле удерживающая обмотка 13, рассчитанная только на удержание якоря 11 реле в притянутом к магнитопроводу 16 состоянии, намотана проводом меньшего сечения и имеет прямой выход на массу. Втягивающая обмотка 14 подключена параллельно контактам реле. При включении реле она действует согласованно с удерживающей обмоткой и создает необходимую силу притяжения, когда зазор между якорем 11 и магнитопроводом 16 максимален. Во время работы стартерного электродвигателя замкнутые контакты тягового реле шунтируют втягивающую обмотку и выключают ее из работы.



**Рис. 67 - Тяговое реле стартера с неразделенной контактной системой:**

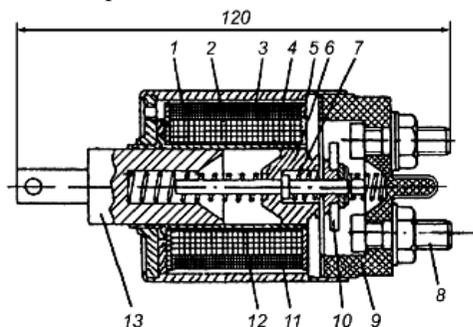
1, 20 – резиновые уплотнительные шайбы; 2 – крышка реле (полиамид); 3 – резиновое уплотнительное кольцо; 4 – контактный диск; 5 – изоляционная втулка; 6 – чашка; 7, 9 – пружины; 8 – корпус реле; 10 – резиновый сильфон; 11 – якорь реле; 12 – каркас катушки; 13, 14 – удерживающая и втягивающая обмотки соответственно; 15 – стальной шток; 16 – магнитопровод реле; 17 – изоляционная шайба; 18 – шайба; 19 – скоба (лента 08кп); 21 – контактный болт

Контактные системы могут быть разделенной или неразделенной конструкции. При неразделенной контактной системе (рис. 67) подвижный контакт имеет пружину 7. Перемещение подвижного контактного диска в исходное нерабочее положение обеспечивает возвратная пружина 9. В разделенной контактной системе подвижная контактная пластина 10 (рис. 68) не связана жестко с якорем 13 реле.

Контактную пластину круглой, фасонной или прямоугольной формы устанавливают между изоляционной втулкой и шайбой на

штоке. Это обеспечивает надежное соединение контактов реле в случае возможного перекоса пластины при ее перемещении вдоль оси штока за счет сжатия пружин контактной системы.

Тяговое реле рычагом связано с механизмом привода, расположенным на шлицевой части вала. Рычаг воздействует на привод через поводковую муфту. Его выполняют из полимерного материала или делают составным из двух штампованных стальных частей, которые соединяют клепкой или сваркой.



**Рис. 68 - Тяговое реле стартера 29.3708 с разделенной контактной системой:**

*1 – шток; 2, 3 – втягивающая и удерживающая обмотки соответственно; 4 – втулка; 5 – каркас катушки; 6 – магнитопровод реле; 7, 12 – пружины; 8 – контактный болт; 9 – крышка реле; 10 – контактная пластина; 11 – корпус; 13 – якорь реле; 14 – винт*

Контакты тягового реле замыкаются раньше, чем шестерня привода полностью (до упора на валу якоря) войдет в зацепление. Однако как только якорь начинает вращаться и привод начинает передавать вращающий момент коленчатому валу двигателя, в винтовых шлицах вала и шлицевой втулке муфты свободного хода возникает осевое усилие, которое перемещает шестерню до упора и удерживает ее во включенном состоянии до тех пор, пока она является ведущей. В тех случаях, когда шестерня упирается в венец маховика, якорь реле, сжимая буферную пружину, продолжает двигаться и замыкает силовые контакты реле. Якорь стартера вместе с приводом начинает вращаться, и шестерня под действием буферной пружины и осевого усилия в винтовых шлицах входит в зацепление, как только зуб шестерни установится против впадины зубчатого венца маховика. Применение винтовых шлицев в сопряжении вал якоря – направляющая втулка привода позволяет уменьшить усилие притяжения и ход якоря электромагнита,

что способствует снижению габаритных размеров, массы тягового реле и, следовательно, стартера в целом.

Шлицевое соединение вала якоря с приводом облегчает выход шестерни из зацепления. При работе двигателя маховик вращает шестерню.

Направление осевого усилия в шлицах меняется и шестерня отжимается от маховика. Однако осевого усилия в шлицах недостаточно для преодоления силы притяжения электромагнита тягового реле, поэтому шестерня остается в зацеплении до тех пор, пока водитель не отключит дополнительное реле с контактами от источника электропитания.

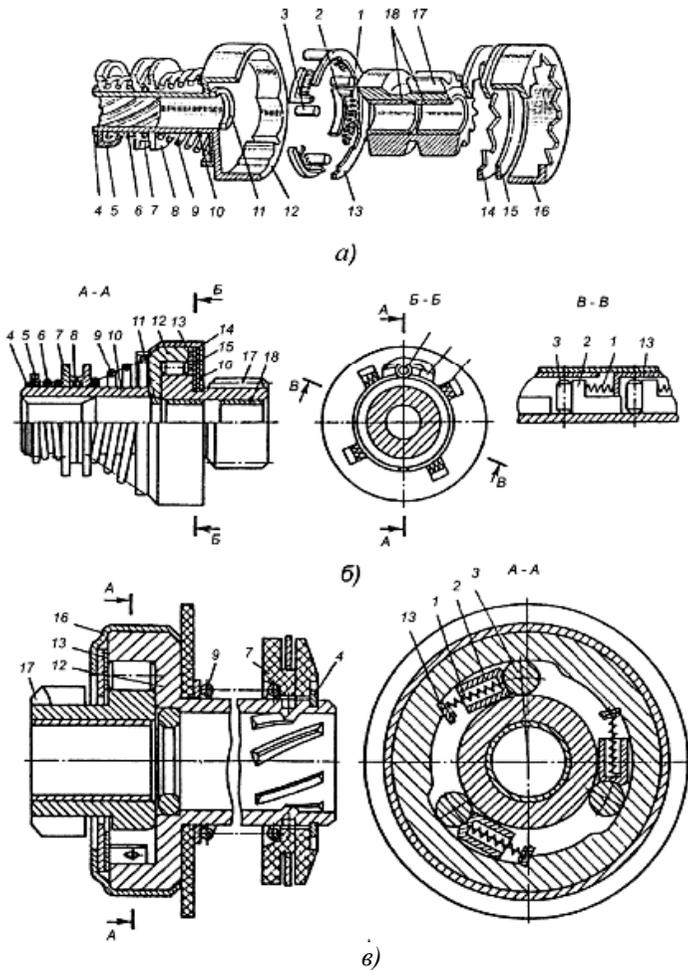
### **Механизмы привода**

Наибольшее распространение в электростартерах получили бесшумные в работе и технологичные роликовые муфты свободного хода, способные при небольших размерах передавать значительные вращающие моменты. Роликовые муфты малочувствительны к загрязнению, не требуют технического обслуживания и регулирования в эксплуатации.

При включении стартерного электродвигателя наружная ведущая обойма 12 (рис. 69) муфты свободного хода вместе с якорем поворачивается относительно неподвижной еще ведомой обоймы 17. Ролики 3 под действием прижимных пружин 1 и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиновидного пространства, и муфта заклинивается. Вращение от вала якоря через шлицевую втулку 10 передается ведущей обойме 12 муфты.

Для обеспечения надежного заклинивания муфты свободного хода применяют индивидуальные и групповые прижимные устройства для роликов. К индивидуальным относятся прижимные устройства с пружинами, осуществляющими нажатие на ролики 3 непосредственно через индивидуальные плунжеры или толкатели 2 Г-образной формы. В муфтах свободного хода с групповыми прижимными устройствами число прижимных пружин меньше числа роликов, а заклинивание роликов между обоймами осуществляется при помощи сепараторов.

Заклинивание роликов в муфтах свободного хода с бесплунжерными прижимными устройствами происходит за счет перемещения толкателей или сепаратора с пазами, в которых размещены ролики. В муфтах с индивидуальными прижимными устройствами витые цилиндрические пружины одним концом упираются в выступы толкателей 2, а другим в отогнутые лепестки держателя пружин, соединенного с ведущей обоймой 12.



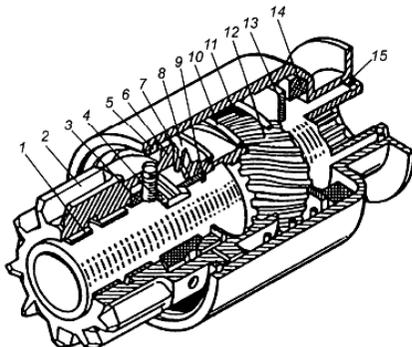
**Рис. 69 - Приводные механизмы с роликовыми муфтами свободного хода электростартеров:**

*а, б - СТ230-Б; в - 29.3708; 1 - прижимная пружина; 2 - толкатель; 3 - ролик; 4 - замковое кольцо; 5 - опорная чашка; 6 - пружина; 7, 8 - поводковые муфты; 9 - буферная пружина; 10 - шлицевая втулка; 11 - центрирующее кольцо; 12 - наружная ведущая обойма; 13 - держатель пружин; 14 - специальная шайба; 15 - войлочный уплотнитель; 16 - кожух муфты; 17 - ведомая обойма с шестерней; 18 - втулки*

Сепараторное прижимное устройство сложнее по конструкции, однако позволяет увеличить число роликов, способствует равномерному распределению нагрузки на ролики и тем самым повышает нагрузочную способность муфты свободного хода.

Благодаря отсутствию отверстий под плунжеры в бесплунжерных муфтах свободного хода повышается прочность обоймы.

Механизм привода стартера с храповичной муфтой свободного хода обеспечивает более полное разъединение вала электродвигателя и коленчатого вала двигателя при значительно меньших нагрузках на силовые элементы муфты. Храповичная муфта (рис. 70) состоит из корпуса 11, ведущего 8 и ведомого 6 храповиков, шестерни 2 привода, пружины 10, шлицевой направляющей втулки 12 и центробежного механизма с конической втулкой 7, текстолитовыми сегментами (сухариками) 3 и направляющими штифтами 4 для разъединения ведущего и ведомого храповиков.



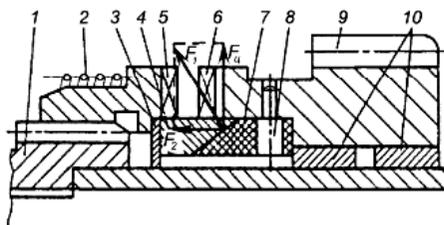
**Рис. 70 - Храповичная муфта свободного хода:**

1 – вкладыш; 2 – шестерня; 3 – сегмент (сухарик); 4 – направляющий штифт; 5 и 15 – замковые кольца; 6, 8 – ведомый и ведущий храповики; 7 – коническая втулка; 9 и 13 – шайба; 10 – пружина; 11 – корпус муфты; 12 – шлицевая направляющая втулка; 14 – буферное резиновое кольцо

При подключении обмотки тягового реле к источнику питания его якорь через рычаг привода и корпус 11 муфты перемещает направляющую втулку 12 вместе с храповиками 6 и 8 по шлицам вала и вводит шестерню 2 в зацепление с венцом маховика до упора в шайбу на валу якоря. В конце хода шестерни замыкаются силовые контакты тягового реле, вал якоря приводится во вращение, а вращающий момент через шлицевую втулку 12, ведущий 8 и ведомый 6 храповики переда-

ется шестерне 2 и далее венцу маховика. При передаче вращающего момента в винтовых шлицах втулки 12 и ведущего храповика 8 возникает осевое усилие, которое воспринимается буферным резиновым кольцом 14.

Если шестерня привода упирается в венец маховика, сжимается пружина 10 и ведущий храповик 8, перемещаясь по винтовым шлицам втулки 12, своими торцовыми зубьями поворачивает ведомый храповик и шестерню на угол, обеспечивающий ввод шестерни в зацепление и замыкание контактов тягового реле.



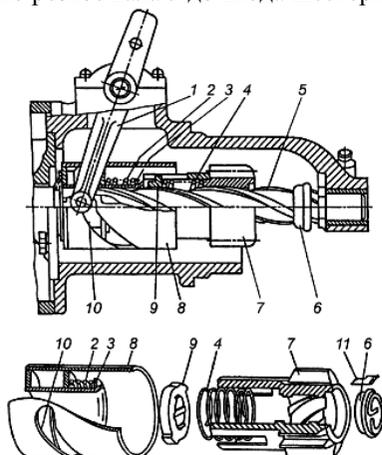
**Рис. 71 - Центральный механизм храповичного привода и схема сил, действующих на его детали:**

1 – шлицевая направляющая втулка; 2 – пружина; 3 – шайба; 4 – коническая втулка; 5, 6 – ведущий и ведомый храповики; 7 – сегмент; 8 – направляющий штифт; 9 – шестерня; 10 – вкладыш

После пуска двигателя частота вращения шестерни и ведомого храповика становится больше частоты вращения вала якоря и направляющей втулки 12, поэтому ведущий храповик, сжимая пружину 10, перемещается по винтовым шлицам втулки, отходит от ведомого храповика и шестерня привода вращается "вхолостую". Коническая втулка 4 (рис. 71) отодвигается вместе с ведущим храповиком и освобождает текстолитовые сегменты 7, соединенные с быстровращающимся ведомым храповиком 6 направляющими штифтами 8. Под действием центробежных сил  $F_c$  сегменты перемещаются в радиальном направлении вдоль штифтов, занимают крайнее верхнее положение и блокируют муфту в расцепленном состоянии, предохраняя зубья храповиков от повреждения и изнашивания. В этом состоянии храповичный механизм будет находиться до тех пор, пока осевая составляющая  $F_2$  силы  $F_1$ , действующей на коническую втулку 4, превышает усилие пружины.

Комбинированный привод (рис. 72) электростартера обеспечивает принудительное включение и самовыключение шестерни. Он применяется на мощных стартерах типа СТ103 напряжением 24 В. При

включении стартера рычаг *1* при помощи пальца, расположенного в лунке винтового паза *10*, перемещает стакан *8* в сторону маховика двигателя. Втулка стакана упирается в ведущую гайку *9* и передвигает ее вместе с шестерней *7* по резьбе вала *5* до ввода шестерни в зацепление.



**Рис. 72 – Комбинированный привод электростартера:**

*1* – рычаг включения привода; *2* – пружина; *3* – шайба; *4* – пружина; *5* – вал якоря с четырехзаходной резьбой; *6* – упорное кольцо; *7* – шестерня; *8* – стакан; *9* – ведущая гайка; *10* – винтовой паз стакана; *11* – сухарик

Окружной зазор в шлицевом соединении шестерни и вала допускает поворот шестерни относительно вала на один зуб. Если зубья шестерни упрутся в венец маховика, ведущая гайка *9* продолжает двигаться, сжимая пружину *4*. За счет усилия в шлицах гайка поворачивает шестерню до тех пор, пока она не войдет в зацепление. В конце хода рычага *1* замыкается цепь питания стартерного электродвигателя. Вращающий момент через шлицы вала *5*, гайку *9* и шестерню *7* передается коленчатому валу двигателя. Стакан *8* поворачивается одновременно с валом якоря и благодаря наличию винтового паза *10* возвращается в исходное положение, освобождая место для выхода шестерни из зацепления после пуска двигателя, когда шестерня вращается маховиком и направление усилия в шлицевом соединении меняется на противоположное. Буферная пружина *2* смягчает удар при выходе шестерни из зацепления. Ход шестерни ограничивается упорным кольцом *6*, которое закреплено на валу якоря посредством сухарика *11*.

### 4.3 Характеристики электростартеров

Свойства электростартеров оценивают по рабочим и механическим характеристикам. Рабочие характеристики представляют в виде зависимостей напряжения на зажимах стартера  $U_{ст}$ , полезной мощности  $P_2$  на валу, полезного вращающего момента  $M_2$ , частоты вращения якоря  $n_я$  и КПД стартерного электродвигателя  $\eta_{ст}$  от силы тока якоря  $I_я$ .

При вращении якоря в его обмотке индуцируется ЭДС, которая вычисляется по формуле:

$$E_я = c_e n_я \Phi,$$

где  $c_e$  – постоянная электрической машины, не зависящая от режима ее работы;  $\Phi$  – магнитный поток, проходящий через воздушный зазор и якорь электродвигателя.

При электроснабжении стартера от аккумуляторной батареи ЭДС определяется таким образом:

$$E_я = U_н \Delta U_{щ} - I_я R_{я\Sigma} = U_н \Delta U_{щ} - I_я (R_б + R_{пр} + R_я + R_{ст}),$$

где  $U_н$  – номинальное напряжение аккумуляторной батареи;  $\Delta U_{щ}$  – падение напряжения в контактах щетки–коллектор;  $R_{я\Sigma}$  – суммарное сопротивление цепи якоря;  $R_{пр}$  – сопротивление стартерной сети;  $R_б$  – сопротивление аккумуляторной батареи;  $R_я$  – сопротивление обмотки якоря электростартера;  $R_{ст}$  – сопротивление последовательной обмотки возбуждения электростартера.

Электромагнитный вращающий момент рассчитывается по формуле:

$$M = c_m I_я \Phi,$$

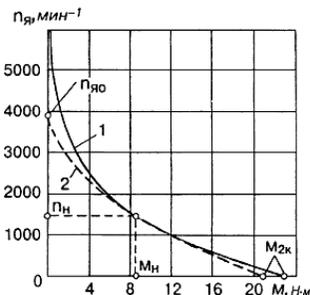
где  $c_m$  – постоянная электрической машины.

В электродвигателях с последовательным возбуждением через обмотку возбуждения проходит полностью ток якоря силой  $I_я$ , поэтому магнитный поток возрастает с увеличением нагрузки стартера. При одинаковых номинальных параметрах электродвигателей с параллельным и последовательным возбуждением последние развивают большие полезные моменты  $M_{2к}$  в режиме полного торможения. Это улучшает их тяговые свойства, облегчает трогание системы стартер–двигатель с места и раскручивание коленчатого вала при пуске двигателя в условиях низких температур.

Механические характеристики электростартеров обычно представляют в виде зависимости частоты вращения якоря  $n_я$  от вращающего момента  $M_2$  (рис. 73).

При снижении напряжения на выводах аккумуляторной батареи и стартера с понижением температуры или увеличением сопротивле-

ния стартерной сети (стартерный провод и масса) при той же силе тока  $I_{я}$  ЭДС  $E_{я}$ , частота вращения  $n_{я}$  и мощность  $P_2$  электродвигателя уменьшаются. При той же частоте вращения  $n_{я}$  уменьшается вращающий момент  $M_2$ .



**Рис. 73 - Механические характеристики стартерных электродвигателей:**

*1, 2 – соответственно с последовательным и смешанным возбуждением*

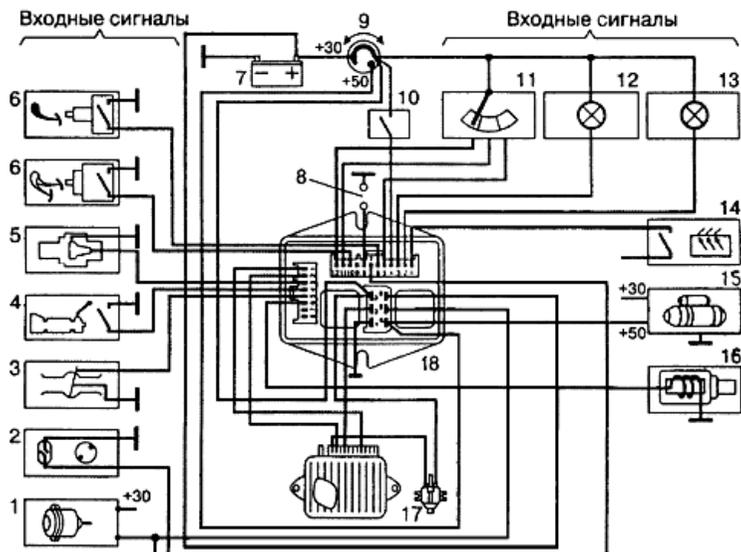
Номинальной считают наибольшую полезную мощность  $P_n$  в кратковременном режиме работы при электроснабжении от аккумуляторной батареи максимально допустимой емкости, установленной в технических условиях на стартер, при степени заряженности батареи 100 %, температуре электролита  $+20^\circ\text{C}$ , при первой попытке пуска двигателя, без учета падения напряжения в стартерной сети.

#### 4.4 Система "стоп-старт"

Система "Стоп–старт" выполняет функции автоматического управления остановкой и пуском двигателя, обеспечивая дополнительную экономию топлива за счет сокращения длительности работы двигателя в режиме холостого хода при остановке автомобиля и при медленном его движении с установленным в нейтральном положении рычагом коробки передач. Система начинает автоматически функционировать в том случае, если первоначальный пуск был осуществлен пусковой системой с электростартером и двигатель прогрет до температуры  $65\text{--}100^\circ\text{C}$ .

Система "Стоп–старт" (рис. 74) выключает зажигание и отключает подачу топлива, останавливая двигатель, при скорости движения автомобиля менее  $5\text{ км/ч}$ , при нейтральной передаче и выключенном

сцеплении. Для продолжения движения водитель нажимает на педаль управления дроссельной заслонкой. При этом автоматически осуществляется пуск двигателя.



**Рис. 74 - Схема системы "Стоп-старт":**

1 – генератор; 2 – датчик тахометра; 3 – датчик положения дроссельной заслонки; 4 – датчик нейтрального положения коробки передач; 5 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 6 – датчик положения педали сцепления; 7 – аккумуляторная батарея; 8 – контрольные точки; 9 – выключатель зажигания; 10 – переключатель работы системы; 11 – тахометр; 12 – контрольная лампа; 13 – контрольная лампа остановки двигателя; 14 – цепь электроснабжения системы обогрева ветрового стекла; 15 – стартер; 16 – выключатель подачи топлива; 17 – катушка зажигания; 18 – блок управления

### **Контрольные вопросы:**

1. Требования к стартерам.
2. Какие минимальные обороты коленвала развивает стартер при пуске?
3. Принцип работы электродвигателя постоянного тока.
4. Назначение и устройство основных узлов стартера.
5. Как происходит выключение привода при работе двигателя и

*выключенном стартере?*

*6. Неисправности стартеров. Методы их устранения.*

*7. Методы проверки стартеров.*

*8. Как устроена и работает муфта свободного хода?*

*9. Какие бывают муфты свободного хода?*

*10. Как устроено тяговое реле стартера?*

*11. Назначение дополнительного реле стартера.*

*12. Почему в стартерах применяют последовательное соединение обмотки возбуждения и обмотки якоря?*

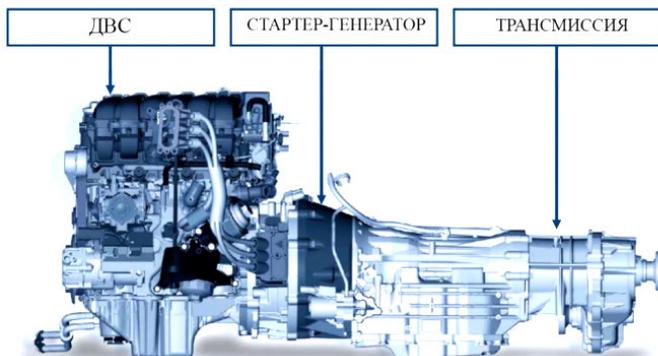
*13. Почему при торможении якоря стартера резко возрастает ток питания?*

*14. Чем отличаются щетки стартера от щеток генератора?*

## 5 СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРЫ

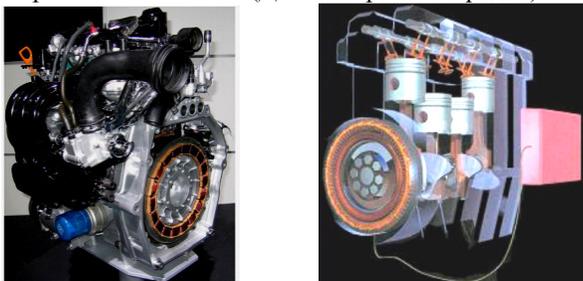
Стартер-генератор представляет собой электрическую машину постоянного тока с параллельным соединением обмоток возбуждения в генераторном режиме и смешанным (параллельно-последовательным) возбуждением при работе в стартерном режиме. В работе стартер-генераторов использован принцип обратимости электрических машин постоянного тока.

Наиболее часто применяемой компоновкой является вариант, когда статор электрической машины жестко крепится на картере ДВС, а ротор является маховиком ДВС. В подавляющем большинстве случаев применяется вариант стартер-генераторных установок (СГУ) на одной оси с ДВС и коробкой передач (между ними) (рис. 75).



**Рис. 75** – Схема размещения СГУ, находящегося на одной оси с ДВС и коробкой передач

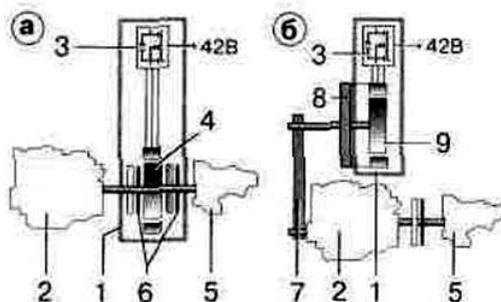
Такой вариант размещения СГУ является наиболее удачным, поскольку позволяет получить высокомоментную электрическую машину без существенного вмешательства и доработки конструкции силового агрегата автомобиля (ДВС и коробки передач).



**Рис. 76 - Starter-генератор с системой управления в компоновке с ДВС**

Существует также вариант размещения СГУ как навесного агрегата, приводимого во вращение от ДВС с помощью ременной или зубчатой передачи, однако, такие конструкции распространены менее часто (рис. 77). Британская инженеринговая компания Integral Powertrain разработала СГУ нового поколения - компактный starter-генератор постоянного тока с водяным охлаждением мощностью 5 кВт с ременным приводом от коленчатого вала ДВС. Шкив СГУ имеет двухступенчатый планетарный редуктор, который управляется электромагнитной муфтой. При запуске двигателя в редукторе включается понижающая ступень (3,1:1), облегчая работу электромотора. После пуска привод starter-генератора автоматически переключается на прямую передачу. Когда двигатель выключается на светофоре системой «стоп-старт», starter-генератор продолжает вращаться, приводя насос гидроусилителя руля, компрессор кондиционера и водяной насос, чтобы поддерживать автомобиль в полной готовности к старту.

Фирма Bosch выпускает двухуровневую систему напряжений на 42 В и 14 В, причем уровень 42 В вырабатывается starter-генератором, а 14 В обеспечивается преобразователем (рис. 77). Высоким напряжением снабжаются подогреватель нейтрализатора отработавших газов, сервопривод, топливный насос и насос охлаждающей жидкости, а также starter-генератор при пуске. Остальные потребители обеспечиваются питанием по цепи низкого напряжения



**Рис. 77 - Кинематические схемы соединения стартер-генераторов фирмы Bosch с двигателем:**

*а - при установке между двигателем и коробкой передач; б - при внешней установке; 1 - стартер-генератор; 2 - двигатель внутреннего сгорания; 3 - электронная система управления; 4 - асинхронная электромашина; 5 - коробка передач; 6 - сцепление; 7 - ременная передача; 8 - редуктор; 9 - электромашина с ключообразной магнитной системой.*

Фирма ISAD (Германия) предлагает для автомобилей Citroen стартер-генератор мощностью 5 кВт в генераторном режиме и с напряжением 200 В в режиме двигателя, для BMW мощностью 4-7 кВт и с напряжением 42 В В последнем случае применено жидкостное охлаждение стартер-генератора. Масса всего устройства в обоих случаях около 30 кг.

Компания ZF Sachs предлагает СГУ, которое монтируется на коленчатом валу двигателя вместо маховика, названное DynaStart. Устройство, имеющее аббревиатуру CSG (Crankshaft Starter Generator) заменяет собой обычные стартер и генератор и обладает некоторыми дополнительными функциями. Помимо функции «стопстарт» с очень быстрым (менее 0,3 с) и бесшумным пуском двигателя, DynaStart используется также в качестве дополнительного электромотора, помогающего ДВС при разгоне. Его мощность - около 10 кВт, максимальный крутящий момент - 100 Н·м. В системе DynaStart можно эффективнее использовать регенеративное торможение, аккумулируя энергию в аккумуляторе. Эта же энергия используется при работе DynaStart в режиме электромотора не только при запуске двигателя, но и при разгоне автомобиля, что позволяет дополнительно экономить до 5% топлива. DynaStart производства ZF Sachs представляет собой достаточно компактное устройство: оно имеет внешний диаметр 325 мм и осевую длину всего 32 мм (модель SG 325 L 32). Максимальная мощ-

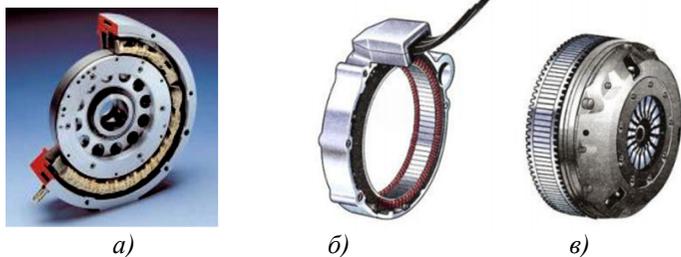
ность в режиме стартера составляет 12 кВт, максимальный крутящий момент при холодном запуске составляет 220 Н·м (при силе тока 325 А).

Определяющим положением для системы «Стартер-генератор ДВС» является тип применяемой электрической машины. Разработки СГУ ведущими фирмами строятся на базах следующих электрических машин (по уменьшению количества разработок):

- Асинхронная машина с короткозамкнутым ротором;
- Синхронная машина с электромагнитным возбуждением;
- Вентильная машина с постоянными магнитами;
- Бесконтактная машина;
- Синхронная машина с постоянными магнитами;
- Вентильная индукторная машина с самовозбуждением.

Асинхронная машина с короткозамкнутым ротором – наиболее часто встречающаяся электрическая машина СГУ (рис. 78). Ее достоинства заключаются в простоте ее конструкции, высокой надежности и малой стоимости. Однако ее конструктивные недостатки проявляются в виде потерь в роторе, что приводит к снижению КПД машины.

Синхронная машина с электромагнитным возбуждением (рис. 79). Не смотря на высокий КПД, она имеет скользящие контакты на роторе, что приводит к снижению надежности СГУ.



**Рис. 78 - Асинхронный СГ с короткозамкнутым ротором фирмы Bosch:**

*а – общий вид; б - статор, в – ротор*



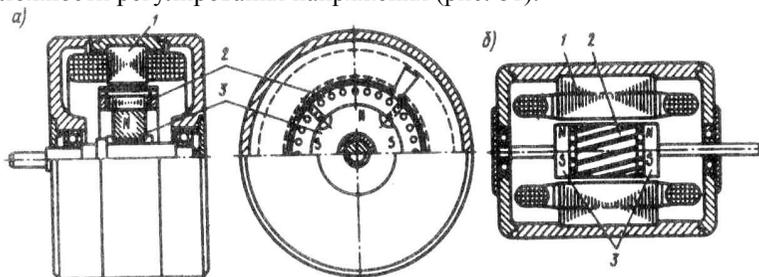
**Рис. 79 - Синхронный СГ с постоянными магнитами компании ZF Sachs**

Вентильная машина с постоянными магнитами, ввиду отсутствия обмотки возбуждения, создает сложность регулирования напряжения на выходе генератора СГУ (рис. 80). Бесконтактная машина имеет ряд преимуществ перед другими конструкциями и, наряду с высоким КПД, имеет ту же сложность регулирования напряжения на выходе генератора СГУ.



**Рис. 80 - Вентильная машина с постоянными магнитами**

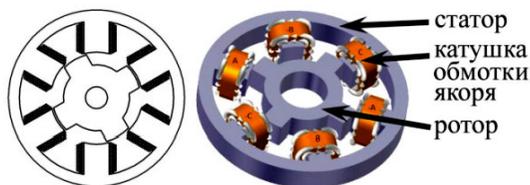
Синхронная машина с постоянными магнитами аналогично бесконтактной машине имеет высокий КПД и основной недостаток в сложности регулирования напряжения (рис. 81).



**Рис. 81 - Магнитоэлектрические синхронные двигатели с радиальным (а) и аксиальным (б) расположением постоянных магнитов:**

*1 - статор, 2 - короткозамкнутый ротор, 3 - постоянный магнит*

Вентильная индукторная машина с самовозбуждением встречается крайне редко. В перечне недостатков она имеет повышенные вибрацию и шум (рис. 82).



**Рис. 82 - Вентильная индукторно-реактивная машина**

Управление СГУ является достаточно сложным процессом, и обычно осуществляется от сигнального процессора, специализированного на управлении электродвигателями, такие процессоры выпускаются основными ведущими электронными фирмами (Texas Instrument, Analog Devices, Motorola, Siemens). Важным элементом схемы являются усилители мощности (драйверы), служащие для согласования по мощности и напряжению сигналы между системой управления и силовыми ключами.

Не смотря на очевидные преимущества и недостатки конкретных типов СГУ и уровня «гибридизации» силовых установок, в последние годы на мировом автомобильном рынке их количество увеличивается.

#### **Контрольные вопросы:**

1. *Что такое стартер-генератор?*
2. *Типы компоновок стартер-генераторов на автомобилях.*
3. *Типы соединения стартер-генераторов.*
4. *Типы применяемых электрических машин и их характеристики.*
5. *Системы управления стартер-генераторными установками.*

## **6 СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ**

### **6.1 Назначение и классификация систем зажигания**

Система зажигания предназначена для воспламенения топливовоздушной смеси в цилиндрах бензинового двигателя. Топливовоздушная смесь воспламеняется в камере сгорания двигателя посредством электрического разряда между электродами свечи зажигания, установленной в головке цилиндров. Для создания искры между электродами свечи зажигания применяют системы зажигания от магнето и батарейные системы зажигания, источниками высокого напряжения в

которых являются индукционные катушки.

Система зажигания включает в себя следующие основные элементы (рис. 83):

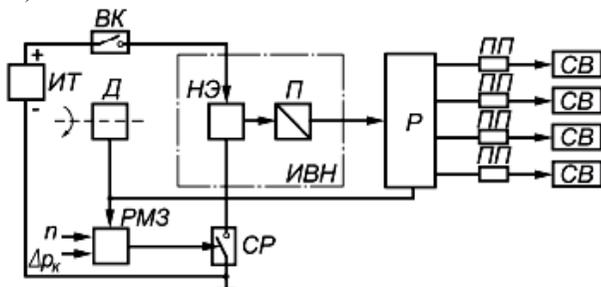


Рис. 83 - Схема батарейной системы зажигания

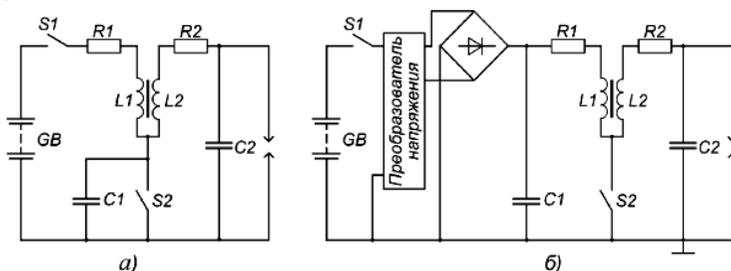
- источник тока *ИТ*, функцию которого выполняет аккумуляторная батарея или генератор;
- выключатель *ВК* цепи электроснабжения (выключатель зажигания);
- датчик *Д* углового положения коленчатого вала;
- регуляторы момента зажигания *РМЗ*, которые задают определенный момент подачи высокого напряжения на свечу в зависимости от частоты вращения  $n$  коленчатого вала, разрежения  $\Delta p_K$  во впускном трубопроводе и октанового числа бензина;
- источник высокого напряжения *ИВН*, содержащий промежуточный накопитель энергии *НЭ* и преобразователь низкого напряжения в высокое;
- силовое реле *СР*, в качестве которого могут служить механические контакты прерывателя или электронный ключ (транзистор или тиристор);
- распределитель *Р* импульсов высокого напряжения по свечам;
- помехоподавительные устройства *ПП* (экранирующие элементы системы зажигания или помехоподавительные резисторы);
- свечи зажигания *СВ*, на которые подается высокое вторичное напряжение.

Система зажигания обеспечивает генерацию импульсов высокого напряжения в нужный момент времени на тактах сжатия в цилиндрах двигателя и их распределение по цилиндрам в соответствии с порядком их работы. Момент зажигания характеризуется углом опережения зажигания УОЗ, который представляет собой угол поворота коленчатого вала от положения в момент подачи искры до положения,

когда поршень проходит через верхнюю мертвую точку ВМТ.

Для бесперебойного искрообразования на свечу зажигания необходимо подать напряжение до 30 кВ.

Высокий уровень напряжения обеспечивает промежуточный источник энергии. По способу накопления энергии в промежуточном источнике различают системы с накоплением энергии в магнитном поле (в индуктивности) или в электрическом поле конденсатора (в емкости) (рис. 84). В обоих случаях для получения импульса высокого напряжения используется катушка зажигания, представляющая собой трансформатор (или автотрансформатор), содержащий две обмотки: первичную  $L_1$  с малым числом витков и электросопротивлением в доли и единицы ома и вторичную обмотку  $L_2$  с большим числом витков и сопротивлением в единицы и десятки килоом.



**Рис. 84 - Система зажигания с накоплением энергии:**

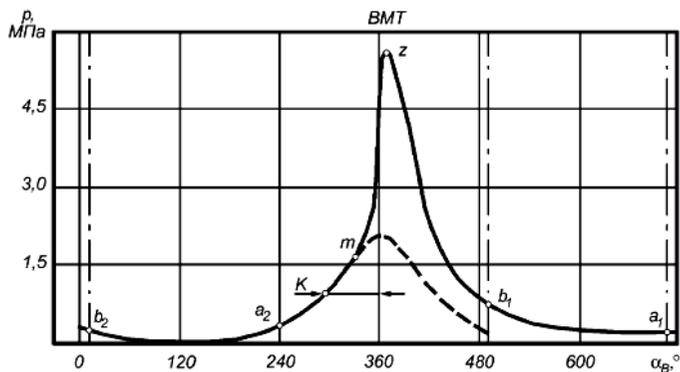
*а – в магнитном поле; б – в электрическом поле*

Автотрансформаторная связь обмоток упрощает конструкцию и технологию изготовления катушки, а также несколько увеличивает вторичное напряжение. Коэффициент трансформации катушек зажигания находится в пределах 50–225.

В системах зажигания с накоплением энергии в катушках зажигания (в индуктивности) первичная обмотка  $L_1$  катушки подключается к источнику электроснабжения (рис. 84 *а* к аккумуляторной батарее  $GB$ ) последовательно через механический или электронный прерыватель  $S_2$ . В системах зажигания с накоплением энергии в электрическом поле конденсатора (в емкости) первичная обмотка катушки периодически подключается к конденсатору управляемым электронным переключателем  $S_2$  (рис. 84 *б*). Конденсатор предварительно заряжается от источника электроснабжения на автомобиле через статический преобразователь напряжения.

Система зажигания должна обеспечить подачу высокого напряжения на электроды свечи зажигания в заданный период времени.

В соответствии с индикаторной диаграммой сжатие топливоздуш- ной смеси начинается после закрытия впускного клапана в точке  $a_2$  (рис. 85). Если смесь не воспламеняется, то давление в цилиндре по- вышается до максимального значения в момент прохождения поршнем ВМТ (штриховая линия). Более резкий рост давления в цилиндре по- сле подачи искры в точке  $K$  обусловлен воспламенением и последую- щим сгоранием рабочей смеси. На такте расширения за счет теплоты, выделяемой при сгорании топлива, совершается полезная работа цикла.



**Рис. 85 - Индикаторная диаграмма четырехтактного двигателя внутреннего сгорания:**

$a_1$  и  $a_2$  – точки, соответствующие началу открытия и закрытия впускного клапана;  $b_1$  и  $b_2$  – точки, соответствующие открытию и закрытию выпускного клапана

Для большинства двигателей оптимальное положение точки  $z$  на диаграмме, когда давление сгорания достигает максимального значения, составляет  $12-15^\circ$  угла  $\varphi_6$  поворота коленчатого вала после ВМТ.

Начальная фаза сгорания топливоздушной смеси – фаза формирования фронта пламени – соответствует участку индикаторной диаграммы от момента подачи искры в точке  $K$  до точки  $m$ , когда давление в цилиндре в результате выделения теплоты сгорания топлива становится выше давления сжатия без подачи искры. На длительность данной фазы влияют состав смеси, степень сжатия, частота вращения коленчатого вала, нагрузка двигателя, параметры искрового разряда и другие факторы.

После окончания начальной фазы до момента, когда давление достигает максимального значения, протекает основная фаза горения, которая мало зависит от физико-химических свойств рабочей смеси. С

увеличением частоты вращения коленчатого вала возрастает турбулентность смеси и длительность начальной фазы уменьшается, однако одновременно уменьшается и длительность всего цикла сгорания. Поэтому угол  $\varphi_e$  поворота коленчатого вала, соответствующий основной фазе сгорания, изменяется незначительно. В течение основной фазы сгорает до 90 % рабочей смеси.

В конечной фазе (фазе догорания) сгорает рабочая смесь, находящаяся у стенок цилиндра. На длительность конечной фазы параметры искрового разряда не влияют, так как свеча находится в зоне уже полностью сгоревшей рабочей смеси.

Батарейные системы зажигания можно классифицировать по шести основным признакам (рис. 86):

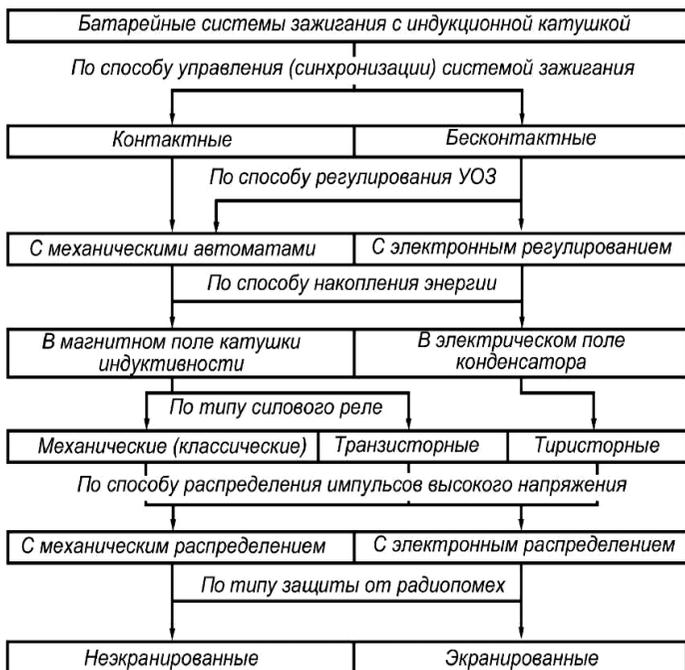
- способу синхронизации подачи искры в цилиндры;
- способу регулирования угла опережения зажигания;
- способу накопления энергии;
- типу силового реле, размыкающего цепь первичной обмотки катушки зажигания;
- способу распределения импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя;
- типу защиты от радиопомех.

В системах с накоплением энергии в электрическом поле невозможно накопить достаточную для воспламенения топливовоздушной смеси энергию в конденсаторе приемлемых размеров при низком напряжении системы электрооборудования автомобиля. Поэтому в схему такой системы зажигания вводится преобразователь напряжения.

При накоплении энергии в емкости цепь первичной обмотки катушки зажигания размыкает управляемый тиристор. Такие системы называют тиристорными. В тиристорных системах катушка зажигания не накапливает энергию, что является функцией конденсатора, а только преобразует напряжение.

Нормирование времени накопления энергии в магнитном поле катушки зажигания средствами электроники позволило практически исключить зависимость вторичного напряжения от частоты вращения коленчатого вала и от шунтирующего сопротивления нагара на изоляторе свечи. Благодаря отмеченным преимуществам системы зажигания с накоплением энергии в индуктивности нашли широкое распространение на автомобильных бензиновых двигателях. При пуске двигателя, его работе на режимах частичных нагрузок и на очень обедненных топливовоздушных смесях важную функцию выполняет индуктивная составляющая искры, продолжительность которой в системах с накоплением энергии в индуктивности составляет 1,5–2,0 мс, а в тиристор-

ных системах зажигания не превышает 300 мкс.



**Рис. 86 - Классификация батарейных систем зажигания**

По способу управления системы зажигания подразделяют на контактные и бесконтактные.

УОЗ регулируется механическими центробежными и вакуумными автоматами, а также электронными системами. Способы реализации электронных систем управления могут быть аналоговыми и цифровыми. Наиболее совершенными являются цифровые системы зажигания с применением интегральных схем средней и большой степеней интеграции, а также микропроцессорные системы.

Основными параметрами, характеризующими систему зажигания, являются:

- коэффициент  $K_z$  запаса по вторичному напряжению;
- максимальное вторичное напряжение  $U_{2m}$ ;
- скорость роста по времени  $\tau$  вторичного напряжения  $dU_2/d\tau$ ;
- энергия  $W_p$  искрового разряда и длительность его индуктив-

ной составляющей;

- длина искрового промежутка между электродами свечи зажигания;

- момент зажигания (УОЗ  $\Theta$ ).

*Коэффициент  $K_z$  запаса по вторичному напряжению* представляет собой отношение максимального вторичного напряжения, развиваемого системой зажигания, к напряжению пробоя.

Напряжение пробоя по закону Пашена зависит от давления в камере сгорания в момент искрообразования, длины искрового промежутка между электродами свечи, абсолютной температуры рабочей смеси в зоне искрового промежутка в момент его пробоя, от состава топливовоздушной смеси по коэффициенту избытка воздуха, скорости движения и степени турбулизации рабочей смеси в зоне искрового промежутка свечи, материала, формы и температуры электродов свечи, скорости роста и полярности подаваемого на электроды вторичного напряжения.

После 1,5–2,0 тыс. км пробега автомобиля изменяется форма электродов свечи в результате электроэрозии. Электрическое поле между электродами свечи становится более равномерным, что приводит к увеличению напряжения пробоя на 20–25 %. После 2,0–2,5 тыс. км пробега автомобиля напряжение пробоя возрастает вследствие износа электродов свечи и увеличения длины искрового промежутка.

По данной причине в пределах гарантийного пробега автомобиля напряжение пробоя также может увеличиться на 20–25 %. Следовательно, за время гарантийного пробега, после которого предусматривается регулирование зазора между электродами свечи, напряжение пробоя возрастает на 40–50 %. Поэтому при проектировании системы зажигания коэффициент запаса по вторичному напряжению принимается большим 1,5. В экранированных системах зажигания коэффициент  $K_z$  должен быть еще больше.

Величина напряжения пробоя существенно выше при пуске холодного двигателя по сравнению с рабочими режимами, так как стенки цилиндра, электроды свечи и поступающая в цилиндры топливовоздушная смесь имеют низкую температуру. Топливовоздушная смесь плохо перемешана и содержит неиспарившиеся во впускном тракте капли топлива, которые, попадая между электродами свечи, повышают напряжение пробоя на 15–20 % или полностью исключают искрообразование.

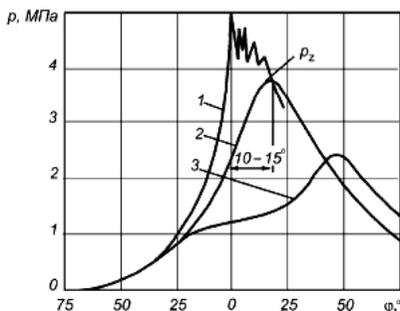
Напряжение пробоя несколько возрастает при разгоне коленчатого вала двигателя после его пуска и в большинстве случаев уменьшается с увеличением частоты вращения коленчатого вала на рабочих

режимах двигателя.

Для формирования первоначального очага пламени достаточно энергия электрического разряда около 5 мДж. Однако при пуске двигателя и работе его в режиме холостого хода, на обедненной топливовоздушной смеси, а также при частичном и резком открытиях дроссельной заслонки может потребоваться энергия до 30–100 мДж.

Топливовоздушная смесь в цилиндрах должна воспламениться в определенный момент в зависимости от режима работы двигателя. В таком случае обеспечиваются наилучшие показатели двигателя по выбранному критерию (мощности, экономичности или токсичности).

Работа двигателя будет наиболее эффективной, если давление в цилиндре достигает максимального значения  $p_z$  (рис. 87, кривая 2) через 10–15° угла поворота коленчатого вала на такте расширения после прохождения поршнем ВМТ.



**Рис. 87 - Индикаторные диаграммы двигателя при различных углах опережения зажигания:**

*1, 2, 3 – соответственно при раннем, нормальном и позднем зажигании;  $p_z$  – максимальное давление сгорания*

При позднем зажигании топливовоздушной смеси ее догорание будет происходить на такте расширения при быстро увеличивающемся объеме цилиндра и поверхности теплоотдачи. В результате уменьшаются максимальное давление сгорания топливовоздушной смеси (см. рис. 87, кривая 3), развиваемая двигателем мощность, происходит перегрев системы выпуска отработавших газов и увеличивается количество токсичных компонентов, выбрасываемых в окружающую среду.

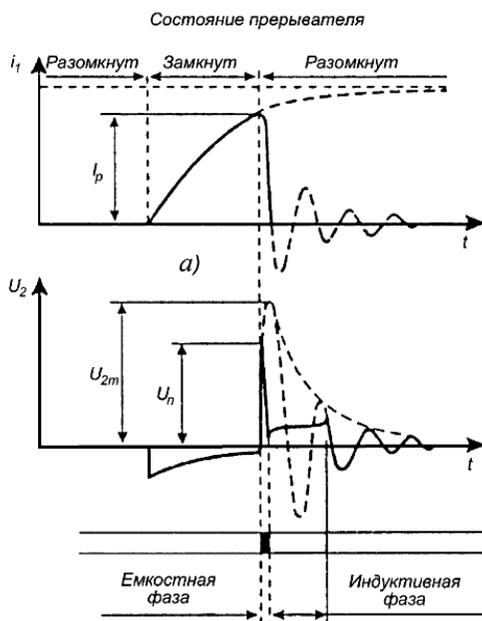
При слишком раннем зажигании большая часть топливовоздушной смеси сгорает на такте сжатия и давление газов в цилиндре может достигнуть максимума до прихода поршня в ВМТ. В таком случае не только уменьшается мощность, но и резко возрастают нагрузки

на детали шатунно-поршневой группы, что ускоряет их изнашивание. При раннем зажигании вероятность возникновения детонации больше (см. рис. 87, кривая 1).

## 6.2 Принцип работы системы зажигания

Протекание рабочих процессов в системе зажигания можно разделить на три этапа:

- накопление энергии в одном из реактивных элементов электрической схемы (в индуктивности или в емкости);
- индуктирование импульса высокого напряжения во вторичной цепи катушки зажигания;
- пробой искрового промежутка между электродами свечи зажигания и выделение энергии в искровом разряде.



**Рис. 88 - Процессы, происходящие в обмотках катушки зажигания за один период работы прерывателя:**

*а - изменение силы тока, в первичной цепи и напряжения  $U_2$  во вторичной цепи при замкнутом и разомкнутом состоянии контактов прерывателя; б - изменение напряжения при замыкании и размыкании контактов прерывателя*

В системе зажигания с накоплением энергии в индуктивности первый этап начинается после замыкания цепи питания первичной обмотки катушки зажигания. Сила тока в первичной обмотке, имеющей не только активное, но и реактивное сопротивление, нарастает постепенно по экспоненциальному закону. К моменту размыкания первичной цепи сила тока возрастает до силы тока разрыва  $I_p$ .

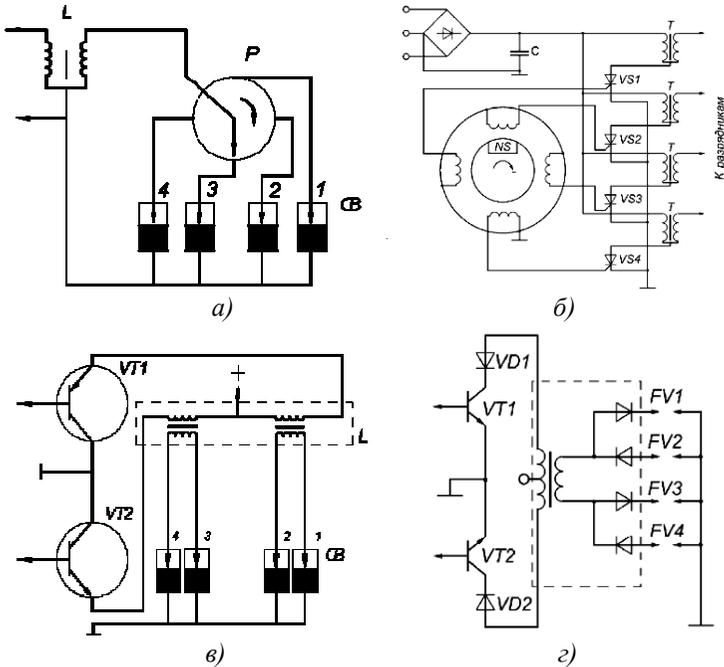
Прерывание цепи низкого напряжения происходит в момент, когда кулачок, набегая выступом на рычажок прерывателя, вызовет размыкание контактов. В это время магнитный поток резко уменьшается, пересекая витки первичной и вторичной обмоток, сердечник и наружный магнитопровод. При этом в первичной обмотке будет индуцироваться ЭДС самоиндукции величиной около 200-300 В, а во вторичной обмотке будет индуцироваться ЭДС до 24 кВ и более; в сердечнике и кольцевом магнитопроводе появятся вихревые токи. Электродвижущая сила, индуцируемая во вторичной обмотке, создает между электродами свечи зажигания искровой разряд, при котором во вторичной цепи появляется ток.

Емкостная фаза разряда наблюдается в виде яркой искры голубоватого цвета. В данной фазе сила тока достигает единиц и десятков ампер. Продолжительность емкостной фазы разряда не превышает 1–2 мкс. Емкостный разряд сопровождается специфическим треском.

В системах зажигания используют два способа распределения высокого напряжения по цилиндрам двигателя – высоковольтный и низковольтный. Высоковольтный способ реализуется с помощью распределителя в высоковольтной вторичной цепи катушки зажигания (рис. 89 *а*). Для систем зажигания с низковольтным распределением искровых разрядов характерно наличие распределительного устройства (коммутатора) в низковольтной цепи одной или нескольких катушек (рис. 89 *б*).

При распределении искровых разрядов на высоковольтной стороне (см. рис. 89 *а*) вывод вторичной обмотки катушка зажигания соединяют с электродом (бегунком), находящимся на одном валу с кулачком механического прерывателя или ротором бесконтактного датчика. Вращающийся бегунок, проходя около каждого из электродов крышки распределителя, последовательно, в соответствии с порядком работы цилиндров, соединяют высоковольтную цепь катушки со свечами зажигания.

Прохождение электрода бегунка мимо электродов крышки распределителя должно быть строго синхронизировано с моментом прерывания тока в первичной цепи катушки зажигания и возникновением в ее вторичной обмотке высоковольтного импульса.



**Рис. 89 - Способы распределения вторичного напряжения по цилиндрам двигателя:**

*а – высоковольтный; б – низковольтный с четырьмя одновыводными катушками зажигания; в - с двумя двухвыводными катушками зажигания; г – с одной четырехвыводной катушкой зажигания*

При высоковольтном способе распределения вторичного напряжения можно применять одну катушку зажигания для двигателей с числом цилиндров до восьми. Однако при таком способе распределения увеличивается длина высоковольтных проводов, их емкость, и снижается напряжение вторичной цепи. В воздушном зазоре между электродами бегунка и крышкой распределителя при подаче высоковольтного импульса к свечам проскакивает искра, которая является дополнительным источником радиопомех.

Для изготовления деталей высоковольтных аппаратов необходимо применять стойкие к высокому напряжению изоляционные материалы.

При низковольтном способе распределения искровых разрядов в системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле

(см. рис. 89 б) к конденсатору  $C$  можно подсоединить параллельно столько управляемых переключателей, сколько цилиндров у двигателя. Каждый переключатель, в качестве которых обычно используются тиристоры, работает на соединенную с ним катушку зажигания, выполняющую в конденсаторной системе функцию только преобразователя напряжения. Порядок чередования искр задается генераторным датчиком-распределителем, имеющим равное числу цилиндров двигателя число независимых обмоток на статоре. Импульсы управления, формируемые в обмотках статора, подаются на тиристоры  $VS1-VS4$  (для четырехцилиндрового двигателя), которые подключают первичные обмотки катушек к накопительному конденсатору.

Для низковольтного распределения импульсов высокого напряжения на двух- и четырехцилиндровых двигателях применяют двух- и четырехвыводные катушки зажигания (рис. 89 в, г). Появление высоковольтных импульсов высокого напряжения на свечах обеспечивается попеременным открытием и закрытием транзисторов  $VT1$  и  $VT2$  (рис. 89 в).

Вторичные обмотки катушек в схеме (рис. 89 в) подсоединены попарно к свечам цилиндров четырехтактного четырехцилиндрового двигателя, в которых процессы сжатия сдвинуты на один оборот коленчатого вала. Искрообразование происходит одновременно в свечах этих двух цилиндров, но в одном – на такте сжатия, а в другом – на такте расширения. Воспламенение топливоздушная смеси происходит в цилиндре, в котором заканчивается такт сжатия. В парном цилиндре энергия искрового разряда расходуется вхолостую.

Основная часть энергии, которая поступает во вторичную цепь катушки зажигания, выделяется при возникновении искрового разряда между электродами свечи в цилиндре, в котором заканчивается такт сжатия. В тот же момент в парном цилиндре открыты впускной и выпускной клапаны, избыточное давление отсутствует и в искровом промежутке свечи зажигания выделяется энергия, приблизительно равная энергии, выделяемой в воздушном зазоре между бегунком и контактами в крышке распределителя. В данном цилиндре сжатие и эффективное искрообразование произойдут через один оборот коленчатого вала двигателя. Таким образом, через каждые пол-оборота коленчатого вала искрообразование будет происходить на такте сжатия с последовательностью, соответствующей порядку работы цилиндров двигателя (1–3–4–2 или 1–2–4–3).

Четырехвыводная катушка (рис. 89 г) имеет двухсекционную первичную обмотку и одну вторичную обмотку, концы которой соединены с двумя парами свечей. Полярность высоковольтного импульса

во вторичной обмотке изменяется при поочередном включении транзисторов  $VT1$  и  $VT2$ , так как при этом изменяется направление магнитного потока в магнитопроводе катушки. Высоковольтные диоды на стороне вторичной обмотки при одной полярности импульса обеспечивают протекание тока высокого напряжения через свечи  $F1$  и  $F4$ , а при другой через свечи  $F2$  и  $F3$ . Взаимное влияние связанных индуктивно первичных обмоток в период образования высоковольтного импульса предотвращается включением в цепи электроснабжения обеих секций первичной обмотки разделительных диодов  $VD1$  и  $VD2$ .

### 6.3 Контактная батарейная система зажигания

Основными элементами контактной системы зажигания (рис. 90) являются аккумуляторная батарея, выключатель зажигания, выключатель добавочного резистора, добавочный резистор, катушка зажигания, прерывательный механизм  $1$ , распределитель  $5$ , конденсатор и свечи зажигания.

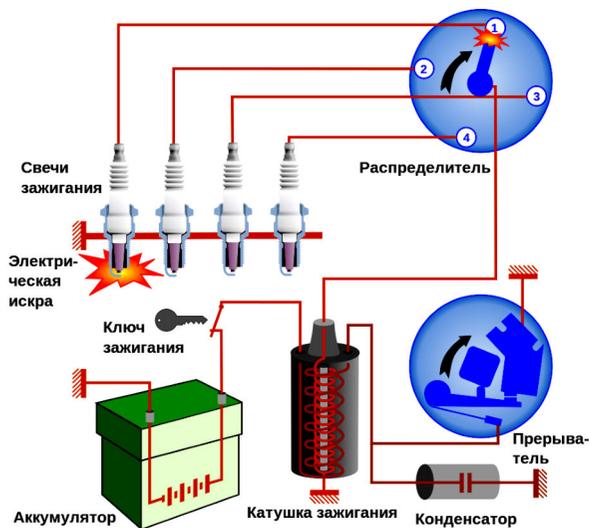
При вращении вала распределителя, связанного зубчатой передачей с коленчатым валом двигателя, кулачком попеременно замыкаются и размыкаются контакты прерывателя.

Неподвижный контакт прерывателя соединен с массой, подвижный контакт закреплен на конце подвижного рычажка с подушечкой из текстолита.

При включении выключателя зажигания и замкнутых контактах прерывателя по цепи первичной обмотки катушки зажигания протекает ток, сила которого растет, что приводит к созданию магнитного поля.

В момент размыкания контактов ток в первичной обмотке и созданное им магнитное поле исчезают. Во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется ЭДС, тем большая, чем выше скорость исчезновения магнитного поля. В это время токопроводящая пластина ротора распределителя проходит около бокового электрода крышки распределителя, соединенного высоковольтным проводом со свечой зажигания того цилиндра, в котором заканчивается процесс сжатия топливовоздушной смеси.

Высокое вторичное напряжение подаваемого на свечу зажигания инициирует появление между ее электродами искрового разряда.



**Рис. 90 - Контактная батарейная система зажигания**

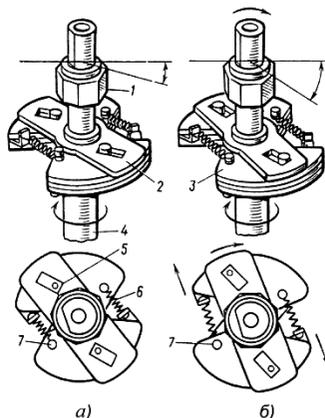
При размыкании контактов прерывателя в первичной обмотке катушки зажигания индуктируется ЭДС, достигающая 200–400 В и направленная в ту же сторону, что и ток первичной обмотки. ЭДС стремится задержать исчезновение тока и также вызывает образование дуги между контактами и снижает вторичное напряжение.

Дугообразование практически устраняется при подключении параллельно контактам прерывателя конденсатора. Конденсатор совместно с первичной обмоткой катушки зажигания образует колебательный контур. При появлении ЭДС в первичной обмотке конденсатор заряжается, а в последующий период разряжается через катушку и аккумуляторную батарею. Колебательный контур обеспечивает более быстрое снижение силы тока первичной цепи и индуктирование достаточно высокой ЭДС во вторичной обмотке катушки зажигания.

Для регулирования УОЗ в контактной системе используются автоматические механические регуляторы. Автоматическое изменение УОЗ от частоты вращения коленчатого вала обеспечивает центробежный регулятор, а в зависимости от нагрузки двигателя – вакуумный регулятор.

**Центробежный регулятор.** На приводном валу 4 (рис. 91) регулятора закреплена пластина с осями 7, вокруг которых могут поворачиваться грузики 3, связанные между собой пружинами. Привод кулачка 1 прерывательного механизма от вала 4 осуществляется через

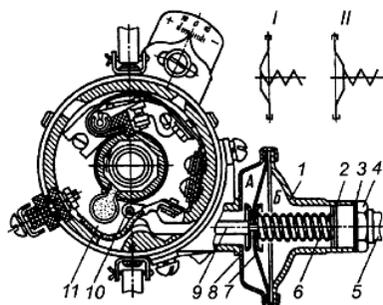
грузики со штифтами 5, которые входят в прорези поводковой пластины 2, жестко прикрепленной к втулке кулачка.



**Рис. 91 - Центробежный регулятор при положении грузиков:**  
*а – во время работы двигателя в режиме холостого хода; б – при максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя; 1 – кулачок; 2 – пластина втулки кулачка; 3 – грузик; 4 – приводной вал; 5 – штифт; 6 – пружина; 7 – ось грузика*

При увеличении частоты вращения коленчатого вала и вала 4 распределителя грузики под действием центробежных сил преодолевают сопротивление пружин 6 и расходятся в стороны. Штифты грузиков, передвигаясь в прорезях поводковой пластины, поворачивают ее и кулачок прерывательного механизма в направлении вращения вала распределителя. Контакты прерывателя размыкаются раньше и УОЗ увеличивается. При достижении определенной частоты вращения коленчатого вала грузики полностью расходятся и УОЗ, несмотря на дальнейшее увеличение частоты вращения коленчатого вала, остается неизменным. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала грузики под действием пружин возвращаются в исходное положение.

**Вакуумный регулятор.** Герметичная полость *Б* (рис. 92 *а*) вакуумного регулятора отделена от окружающей среды гибкой мембраной 7, которая тягой 9 шарнирно соединена с подвижной пластиной 11 прерывателя. Полость *Б* регулятора через трубку 5 сообщается с дроссельным пространством карбюратора. В полости *А* поддерживается давление окружающей среды.



**Рис. 92 - Вакуумный регулятор:**

*1 – крышка корпуса; 2 – регулировочная прокладка; 3 – уплотнительная прокладка; 4 – штуцер крепления трубки; 5 – трубка; 6 – пружина; 7 – мембрана; 8 – корпус регулятора; 9 – тяга; 10 – ось тяги; 11 – подвижная пластина прерывателя; I и II – положение мембраны регулятора соответственно при большей и меньшей нагрузке на двигатель; А и Б – полости регулятора*

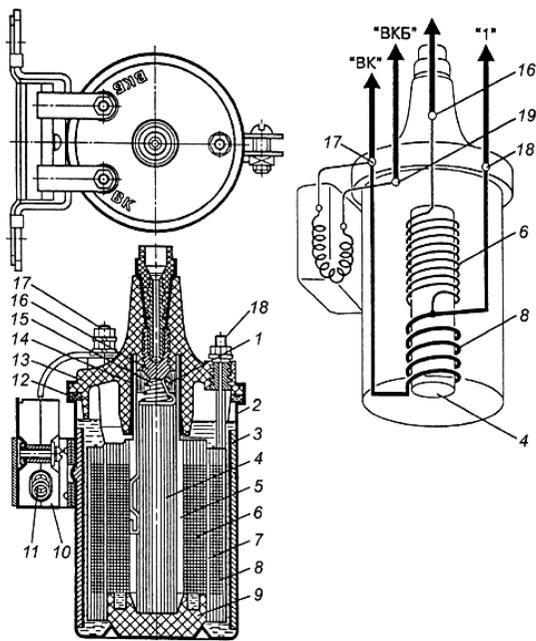
При уменьшении нагрузки двигателя дроссельная заслонка прикрывается. Степень вакуума  $p$  в полости *Б* увеличивается. При изменении степени вакуума мембрана 7, преодолевая усилие пружины 6, перемещается и тяга 9 поворачивает подвижную пластину 11 вместе с прерывателем против направления вращения кулачка. УОЗ увеличивается.

В режиме холостого хода двигателя дроссельная заслонка перекрывает отверстие, через которое полость *Б* сообщается с задросьельным пространством. Степень вакуума в полости *Б* будет небольшой: вакуумный регулятор не работает.

**Октан-корректор.** При использовании топлива с меньшим октановым числом УОЗ следует уменьшить. В противном случае возможно появление детонации. Для предотвращения детонации служит октан-корректор, позволяющий вручную поворачивать корпус распределителя. Вместе с корпусом поворачивается подвижная пластина прерывательного механизма относительно кулачка и изменяется момент размыкания контактов.

Рассмотренные устройства для регулирования УОЗ независимо друг от друга воздействуют на различные элементы распределителя: центробежный регулятор поворачивает кулачок прерывателя; вакуумный регулятор – подвижную пластину прерывателя, а октан-корректор – корпус распределителя.

**Катушки зажигания.** В контактных системах зажигания применяются катушки зажигания с разомкнутой магнитной цепью (рис. 93), в которых значительную часть пути магнитный поток проходит по воздуху.



**Рис. 93 - Катушка зажигания:**

1 – пластина; 2 – корпус; 3 – магнитопровод; 4 – сердечник; 5 – изолирующая трубка; 6, 8 – вторичная и первичная обмотки; 7 – изоляция между обмотками; 9 – изолятор; 10 – изолятор дополнительного резистора; 11 – добавочный резистор; 12 – резиновое уплотнительное кольцо; 13 – пластмассовая крышка; 14 – изоляционная втулка; 15 – пружина; 16 – вывод; 17 – вывод "ВК"; 18 – вывод "1"; 19 – вывод "ВКБ"

Основными частями типовой катушки зажигания (рис. 93) являются сердечник 4, первичная 8 и вторичная 6 обмотки, крышка 13 с выводами 16–19, корпус 2 и наружный магнитопровод 3.

Сердечник 4 катушки набран из изолированных друг от друга окалиной пластин трансформаторной стали. На сердечник надета изолирующая трубка, на которую намотана вторичная обмотка 6. Внутри штампованного из листовой стали корпуса 2 установлен наружный

магнитопровод 3 из листовой стали. К корпусу крепится добавочный резистор 11, расположенный в изоляторе 10. Благодаря более высоким характеристикам системы электростартерного пуска двигателей автомобилей ВАЗ в их контактных системах зажигания добавочный резистор отсутствует. Фарфоровый изолятор 9 и крышка 13 предотвращают электрический пробой между корпусом и сердечником.

Слои вторичной обмотки изолированы друг от друга конденсаторной бумагой. Первые и последние несколько рядов, где возникают потенциалы наибольшей величины, изолируются четырьмя – шестью слоями бумаги. Один конец вторичной обмотки соединен с выводом 16 высокого напряжения через сердечник и контактную пружину 15.

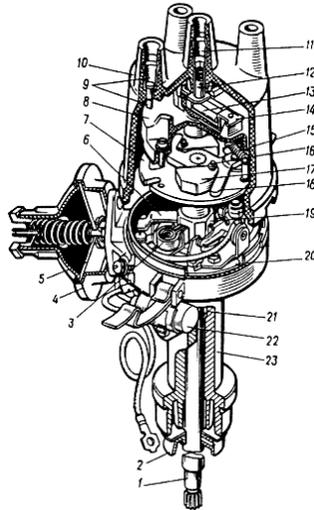
В зависимости от типа катушки число витков может находиться в пределах 180–330 для первичной и 17000–26000 для вторичной обмоток. Для намотки используется провод диаметром 0,72–0,86 мм для первичной и 0,06–0,08 мм для вторичной обмоток. Соответственно коэффициент трансформации катушек контактных систем зажигания лежит в пределах 56–97.

**Распределитель зажигания** . Распределитель зажигания конструктивно объединяет в себе прерыватель, распределитель, конденсатор и устройства для регулирования УОЗ. Обычно вал распределителя приводится во вращение от распределительного вала двигателя или от вала привода масляного насоса через шлицевую шестеренчатую или кулачковую передачи. В некоторых конструкциях распределителей не устанавливается вакуумный регулятор.

Наиболее ответственный узел распределителя – прерывательный механизм с подвижной пластиной 20 (рис. 94), от которого зависит работоспособность всей системы зажигания.

Для уменьшения износа металлокерамических втулок 21, в которых вращается вал 1 распределителя, прерывательный механизм и кулачок 19 расположены под центробежным регулятором.

Контакты прерывателя подвержены эрозии и коррозии. Эрозия сопровождается переносом металла с одного контакта на другой. Коррозия приводит к образованию на контактах оксидных пленок. При переносе металла изменяется зазор между контактами, от величины которого зависят угол и время замкнутого состояния контактов. У большинства распределителей контактных систем зажигания зазора составляет 0,35–0,45 мм.



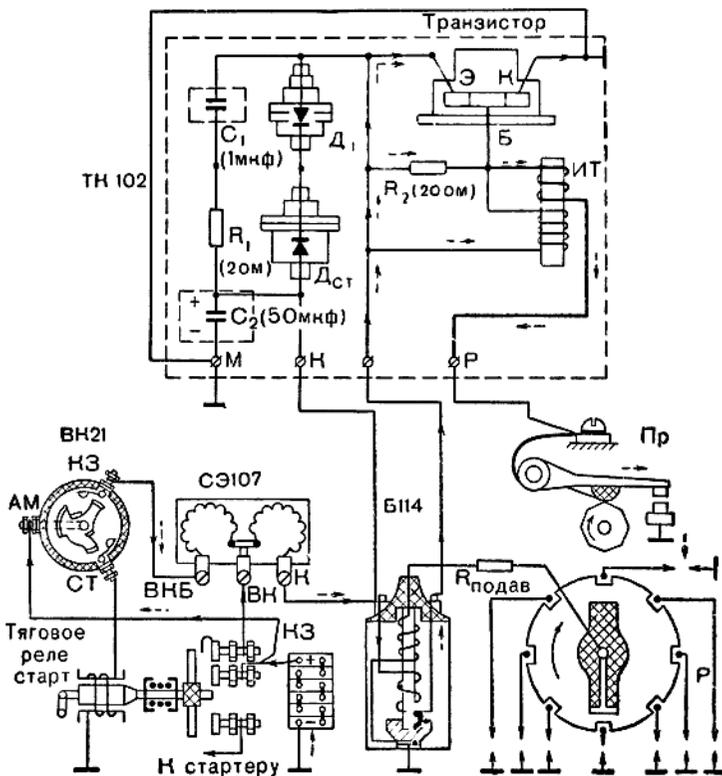
**Рис. 94 - Распределитель 30.3706:**

1 – вал; 2 – маслоотражательная муфта; 3 – фильц; 4 – вакуумный регулятор; 5 – мембрана; 6 – тяга вакуумного регулятора; 7 – поводковая пластина кулачка; 8 – ротор; 9 – боковой электрод и вывод крышки; 10 – крышка распределителя; 11 – центральный вывод крышки; 12 – угольный контакт с пружиной; 13 – помехоподавительный резистор; 14 – электрод ротора; 15 – пружина; 16 – ось грузика; 17 – грузик; 18 – поводковая пластина грузиков; 19 – кулачок; 20 – подвижная пластина прерывателя; 21 – втулка; 22 – конденсатор; 23 – корпус

#### **6.4 Контактнo-транзисторная система зажигания**

Контактнo-транзисторная система зажигания явилась переходным этапом от контактной к бесконтактным электронным системам. В ней устраняется недостаток контактной системы - подгорание и износ контактов прерывателя, коммутирующих цепь с индуктивностью и значительной силой тока.

Контактнo-транзисторная система зажигания отличается от контактной барейной системы зажигания наличием коммутатора, на базе транзистора. Транзистор выполняет роль ключа, замыкает и размыкает первичную цепь катушки зажигания (рис. 95).



**Рис. 95 - Контактно-транзисторная система зажигания**

При включенном зажигании, когда контакты разомкнуты, база транзистора в коммутаторе не соединяется с минусом, при этом из-за большого переходного сопротивления отсутствует ток между эмиттером и коллектором транзистора (транзистор закрыт). Ток в первичной обмотке катушки зажигания отсутствует.

При замыкании контактов, база транзистора соединяется с минусом, при этом сопротивление эмиттер – коллектор резко снижается (транзистор открывается) замыкая цепь первичной обмотки катушки зажигания. При размыкании контактов прерывателя база транзистора отключается от минуса, при этом резко увеличивается сопротивление эмиттер – коллектор, транзистор закрывается, и цепь питания катушки зажигания рвётся.

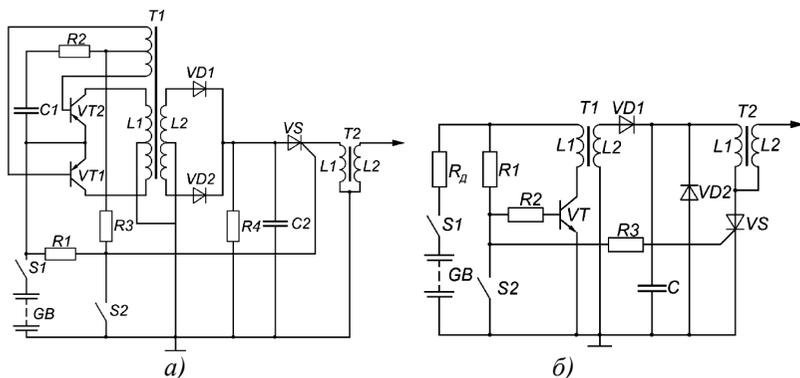
В конструкцию коммутатора добавлена схема отключения пи-

тания катушки зажигания при длительно замкнутом положении контактов, то есть когда коленчатый вал двигателя не вращается. Это служит для защиты катушки зажигания от перегрева при замкнутых контактах прерывателя.

## 6.5 Тиристорная система зажигания

В системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора функцию электронного реле выполняют тиристоры, управляемые контактным прерывателем, поэтому такие системы называют контактно-тиристорными (конденсаторными). Известны системы с импульсным и с непрерывным накоплением энергии в электростатическом поле.

В системах с непрерывным накоплением энергии (рис. 96 а) При замыкании контактов  $S1$  выключателя зажигания на выводах вторичной обмотки  $L2$  трансформатора  $T1$  появляется переменное напряжение прямоугольной формы с амплитудой 200–500 В. Выпрямленное постоянное напряжение подается на заряд накопительного конденсатора  $C2$ , если контакты  $S2$  синхронизатора момента зажигания замкнуты. Тиристор находится в закрытом состоянии.



**Рис. 96 - Тиристорные системы зажигания:**

*а - с непрерывным накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора; б - с импульсным накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора*

В момент размыкания контактов  $S2$  синхронизатора напряжение от аккумуляторной батареи  $GB$  подается через резистор  $R1$  к управляющему электроду тиристора  $VS$ . Через открытый тиристор происхо-

дит разряд конденсатора  $C2$  на первичную обмотку  $L1$  катушки зажигания  $T2$ , вследствие чего в ее вторичной обмотке  $L2$  индуцируется высокая ЭДС.

В системе с импульсным накоплением энергии при замыкании контактов  $S1$  (рис. 96 б) выключателя зажигания и размыкания контактов  $S2$  синхронизатора момента зажигания на базу транзистора  $VT$  подается положительный импульс напряжения от аккумуляторной батареи  $GB$ . Транзистор переходит в состояние насыщения, пропуская через эмиттер-коллекторный переход и первичную обмотку  $L1$  трансформатора ток, создающий магнитное поле в трансформаторе. В момент замыкания контактов  $S2$  синхронизатора цепь базы транзистора  $VT$  замыкается накоротко, транзистор переходит в состояние отсечки, ток в обмотке  $L1$  трансформатора исчезает, а во вторичной обмотке индуцируется высокая ЭДС. В это время замкнутые контакты  $S2$  синхронизатора шунтируют цепь управления тиристором. Тиристор закрыт, а конденсатор  $C$  через диод  $VD1$  заряжается до напряжения 200–400 В.

При следующем замыкании контактов  $S2$  синхронизатора к управляющему электроду тиристора через резисторы  $R_d, R1, R3$  подается напряжение от аккумуляторной батареи. Тиристор открывается. Ток разряда конденсатора проходит через первичную обмотку  $L1$  катушки трансформатора и на выводах вторичной обмотки появляется импульс высокого напряжения, подаваемого на свечу зажигания.

В системах зажигания с накоплением энергии в электростатическом поле конденсатора обеспечивается более высокая скорость нарастания вторичного напряжения, что делает ее менее чувствительной к наличию шунтирующих резисторов нагара свечей зажигания.

Однако вследствие высокой скорости роста вторичного напряжения возрастает напряжение пробоя по сравнению с системами с накоплением энергии в магнитном поле. Кроме того, из-за сокращения длительности индуктивной составляющей искрового разряда ухудшаются воспламенение и сгорание топливовоздушной смеси при пуске двигателя и работе его на режимах частичных нагрузок.

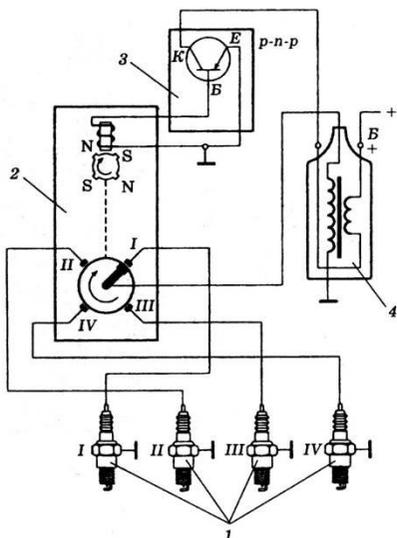
## 6.6 Бесконтактные системы зажигания

В бесконтактных транзисторных системах зажигания (БТСЗ) функции синхронизаторов момента зажигания выполняют бесконтактные датчики, как правило, конструктивно объединенные в датчиках-распределителях с устройством распределения импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя. Датчики могут быть параметри-

ческими или генераторными.

**Параметрические датчики** изменяют те или иные параметры в электрической цепи управления (сопротивление, индуктивность, емкость).

**Генераторные датчики** в управляющих цепях являются источниками тока. Работа датчиков основана на использовании различных физических явлений. Широко известны магнитоэлектрические, фотоэлектрические, оптоэлектронные, индуктивные и взаимноиндуктивные датчики, пьезодатчики, датчики на магнисторах, на эффектах Холла и Вигонда и др.



**Рис. 97 - Принципиальная схема бесконтактной транзисторной системы зажигания с индукционным датчиком:**

*1 - свечи зажигания; 2 - датчик-распределитель; 3 - коммутатор; 4 - катушка зажигания*

Принцип действия бесконтактной системы зажигания заключается в следующем. При включенном зажигании и вращающемся коленчатом вале двигателя датчик-распределитель выдает импульсы напряжения на коммутатор, который преобразует их в прерывистые импульсы тока в первичной обмотке катушки зажигания (рис. 97). В момент прерывания тока в первичной обмотке индуцируется ток высокого напряжения во вторичной обмотке. Ток высокого напряжения идет от катушки зажигания по проводу через угольный контакт на

пластину ротора, и затем через клемму крышки распределителя по проводу высокого напряжения, в наконечнике которого установлен помехоподавительный экран, попадает на соответствующую свечу зажигания и воспламеняет рабочую смесь в цилиндре.

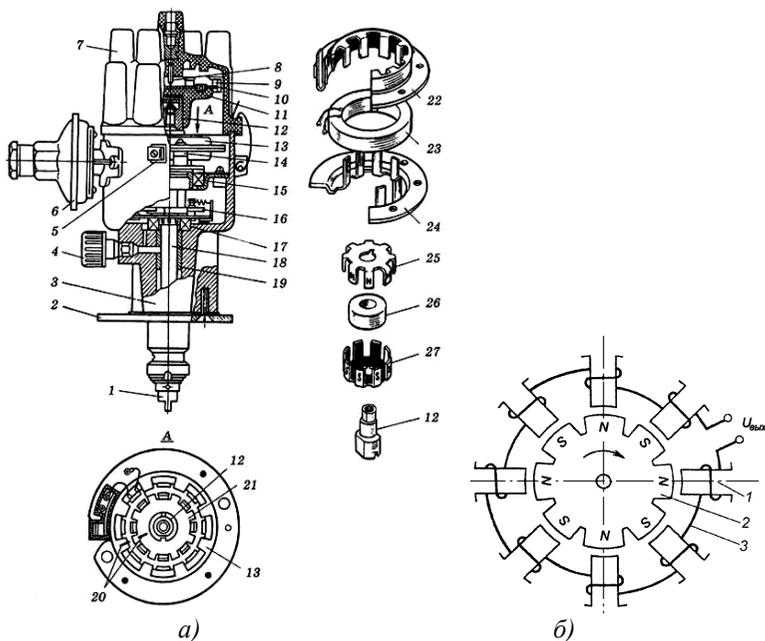
Наибольшее распространение получили магнитоэлектрические датчики - индукционные (системы с ними маркируются TSZi) и датчики Холла (системы с ними маркируются TSZh).

Действие магнитоэлектрических датчиков (МЭД) основано на явлении электромагнитной индукции. МЭД представляет собой однофазный генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов, в котором механическая энергия преобразуется в электрическую. Различают МЭД коммутаторного типа с пульсирующим магнитным потоком и с вращающимися магнитами, знакопеременным магнитным потоком и симметричной формой выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$ .

МЭД с вращающимися магнитами состоят из неподвижной обмотки 3 (рис. 98 б) статора 1 и постоянного магнита 2, жестко связанного с валом датчика-распределителя. Число пар полюсов магнита равно числу цилиндров двигателя. При вращении зубчатого ротора в обмотке статора в соответствии с законом электромагнитной индукции наводится переменная ЭДС. Когда пара зубцов набегаёт на полюсные наконечники статора, магнитный поток  $\Phi$  растёт, а после достижения максимального значения и удаления зубцов ротора от полюсных наконечников статора – уменьшается.

Конструктивно ротор МЭД, устанавливаемых в датчиках-распределителях БТСЗ, представляет собой кольцевой постоянный магнит 26 (рис. 98 а), размещённый между двумя частями когтеобразной магнитной системы с полюсными наконечниками 25 и 27. Кольцевая обмотка 23 статора расположена между двумя обоями 22 и 24 магнитной системы статора с когтеобразными наконечниками, число пар которых равно числу пар полюсных наконечников ротора.

При вращении ротора в магнитной системе статора изменяется магнитный поток, пронизывающий обмотку статора, и на выходе датчика появляются близкие к синусоидальным импульсы напряжения. Развиваемое датчиком напряжение подается на вход транзисторного коммутатора БТСЗ, который коммутирует ток в первичной цепи катушки зажигания, обеспечивая накопление энергии в ней и возникновение высокого вторичного напряжения в момент искрообразования с соответствующим УОЗ.

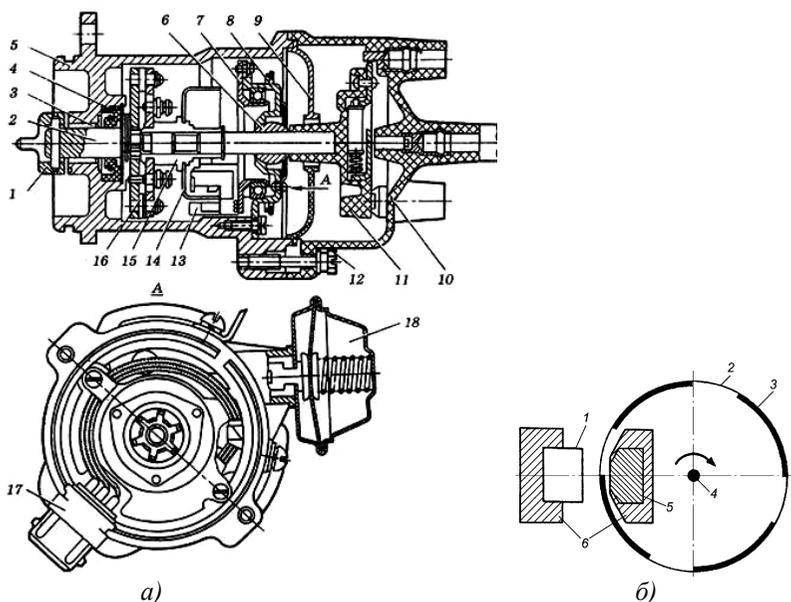


**Рис. 98 - Датчик-распределитель системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком:**

*а* - общее устройство: 1 - муфта распределителя; 2 - опорная пластина; 3- корпус распределителя; 4 - масленка; 5 - вывод; 6 - вакуумный регулятор; 7 - крышка распределителя; 8 - центральный угольный электрод с пружиной; 9 - внешний контакт ротора; 10 - центральный контакт ротора; 11 - ротор; 12, 19 - втулки; 13 - статор магнитоэлектрического датчика; 14 - регулировочные шайбы; 15, 17 - подшипники; 16 - центробежный регулятор опережения зажигания; 18 - валик распределителя; 20 - метки; 21 - ротор датчика; 22, 24 - пластины; 23 - обмотка; 25, 27 - полюсные наконечники; 26 - кольцевой постоянный магнит; *б* - принцип работы: 1 - статор; 2 - постоянный магнит; 3 - обмотка статора

Работа датчика Холла (ДХ) основана на использовании гальвано-магнитного эффекта в элементе Холла. Магнитное поле в датчике создается постоянным магнитом 5 (рис. 99 б). Магнитная система и магнитоуправляемая интегральная схема 1, объединенные в одном корпусе б, образуют микропереключатель на эффекте Холла. Коммутация магнитного потока осуществляется ротором 2 в виде шторки с

экранами 3 и прорезями, выполненным из магнитомягкой стали. Ротор связан с валиком 4 датчика-распределителя и вместе с ним вращается. Число прорезей равно числу цилиндров двигателя.



**Рис. 99 - Датчик-распределитель 40.3706 автомобилей ВАЗ-2108, ВАЗ-2109 системы зажигания с датчиком Холла:**

*а - устройство: 1 - муфта; 2 - валик; 3 - маслозащитное кольцо; 4 - сальник; 5 - корпус распределителя; 6 - втулка; 7 - подшипник; 8 - неподвижная пластина; 9 - изоляционная прокладка; 10 - крышка; 11 - ротор; 12 - винт; 13 - датчик Холла; 14 - экран; 15 - втулка крепления экрана; 16 - центробежный автомат; 17 - штекерное соединение; 18 - вакуумный автомат; б - принцип действия: 1 - магнитоуправляемая интегральная схема; 2 - ротор; 3 - экран; 4 - валик датчика-распределителя; 5 - магнит; 6 - корпус микропереключателя*

При прохождении около постоянного магнита прорези ротора силовые линии его магнитного поля пронизывают поверхность элемента Холла, и на его выходе появляется ЭДС. Когда в зазоре между магнитоуправляемой интегральной схемой и магнитом находится экран ротора, происходит шунтирование магнитного потока, и ЭДС снижается до минимума. При периодическом изменении магнитного потока на выходе ДХ формируется сигнал об угловом положении ко-

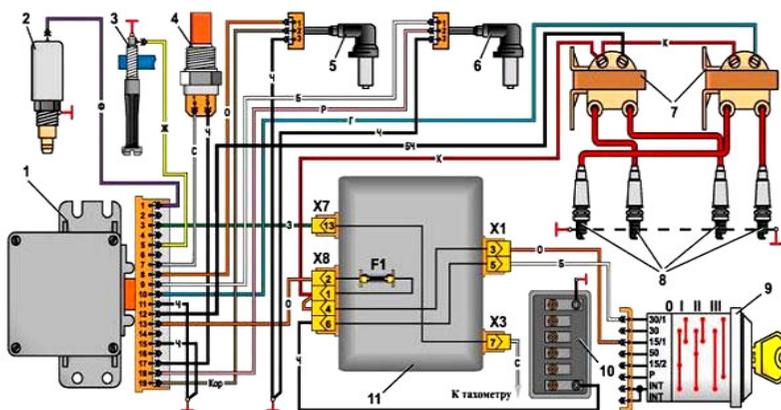
ленчатого вала двигателя в виде импульсов напряжения.

## 6.7 Цифровые и микропроцессорные системы зажигания

В настоящее время используются системы с электронно-вычислительными устройствами управления и без высоковольтного распределителя энергии по свечам в выходном каскаде. Такие системы принято подразделять на электронно-вычислительные - цифровые (ЭСЗ) и микропроцессорные (МСЗ).

Цифровые и микропроцессорные системы зажигания отличаются друг от друга способами формирования основного сигнала зажигания, т.е. того сигнала, который от ЭБУ подается на спусковое устройство накопителя.

В ЭСЗ основной сигнал зажигания формируется с применением время-импульсного способа преобразования информации от входных датчиков, т. е. когда контролируемый процесс задается временем его протекания, с последующим преобразованием времени в длительность электрического импульса. Таким образом, в ЭСЗ контроллер содержит электронный хронометр и управляется аналоговыми сигналами (рис. 100).



**Рис. 100 - Электронная система зажигания:**

1 - контроллер; 2 - электромагнитный клапан ЭПХХ; 3 - датчик-винт; 4 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 5, 6 - индуктивные датчики начала отсчета и угловых импульсов; 7 - катушки зажигания; 8 - свечи зажигания; 9 - выключатель зажигания; 10 - аккумуляторная батарея; 11 - блок предохранителей и реле

Контроллер (1) получает информацию от следующих индукционных датчиков:

- датчика начала отсчета (5), установленного на картере сцепления так, что он генерирует импульс напряжения в момент прохождения в его магнитном поле стального штифта, укрепленного на маховике, при положении в верхней мертвой точке поршней 1-го и 4-го цилиндров;

- датчика угловых импульсов (6), реагирующего на прохождение зубьев шестерни венца маховика и снабжающего контроллер информацией о частоте вращения и угле поворота коленчатого вала двигателя;

- полупроводникового датчика температуры охлаждающей жидкости (4) порогового типа, информирующего о достижении температуры заданного уровня;

- датчика разряжения во впускном коллекторе тензометрического типа, информирующего о нагрузке двигателя.

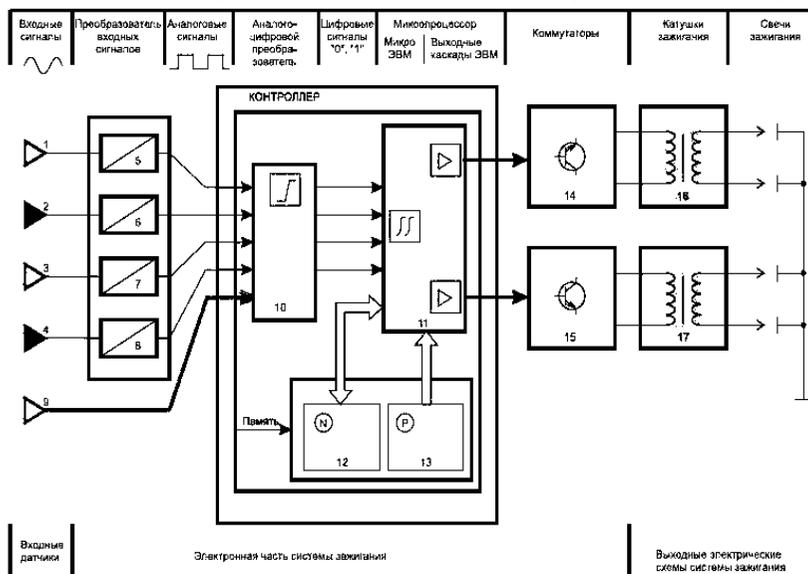
- для управления экономайзером принудительного холостого хода (ЭПХХ) сигнал поступает с концевого выключателя КВ от дроссельной заслонки.

Система работает следующим образом: в постоянном запоминающем устройстве ПЗУ контроллера записана информация об оптимальном угле опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Информация записана в двух вариантах - характеристиках для холодного (температура охлаждающей жидкости ниже 65°C) и прогретого двигателя.

Нужная характеристика выбирается по сигналу с датчика температуры, поступающего на 10-й разряд адреса ПЗУ. Процессор контроллера формирует сигнал, по которому запускается преобразователь «напряжение-время» и начинает преобразовывать изменение напряжения датчика загрузки двигателя в цифровой код. Начало измерения нагрузки двигателя, и вычисления угла опережения зажигания реализуется процессором по жесткому алгоритму. Когда вычисленный угол совпадает с углом поворота коленчатого вала, по сигналу процессора включается формирователь импульсов зажигания, вырабатывающий импульсы зажигания постоянной скважности, подаваемые на выход блока управления.

В МСЗ (рис. 101) для формирования сигнала зажигания применяется число-импульсное преобразование, при котором параметр процесса задается не временем протекания, а непосредственно числом электрических импульсов. В МСЗ все функции управления интегрированы в центральный бортовой компьютер автомобиля и персональный

блок управления для системы зажигания может отсутствовать. Функции входных датчиков МСЗ выполняют универсальные датчики комплексной системы автоматического управления двигателем. Основной сигнал зажигания подается на электронный коммутатор выходного каскада МСЗ непосредственно от центрального бортового компьютера.



**Рис. 101 - Структурная схема микропроцессорной системы зажигания:**

1-4 - входные датчики; 5-8 - преобразователи входных сигналов; 9 - датчик абсолютного давления; 10 - аналогово-цифровой преобразователь (АЦП); 11 - микропроцессор; 12 - оперативное запоминающее устройство (ОЗУ); 13 - постоянное запоминающее устройство (ПЗУ); 14, 15 - коммутаторы; 17 - двухвыводные катушки зажигания

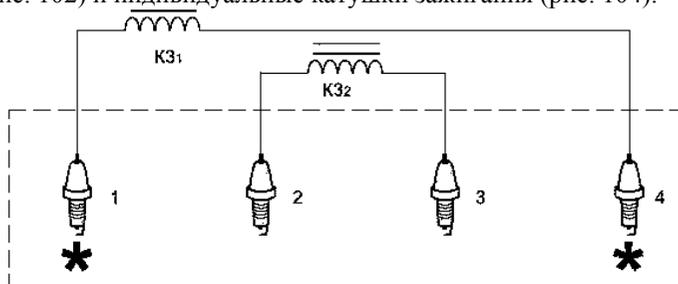
Информация от датчиков параметров рабочего процесса двигателя, которая изменяется при изменении режима работы двигателя и обновляется в каждом цикле вычислений после появления опорного сигнала ДНО, поступает в ОЗУ. Эта информация хранится в ОЗУ до тех пор, пока она не будет востребована по сигналу, устанавливаемому программой, заложенной в ПЗУ.

Используя информацию от датчиков и занесенные в ПЗУ данные таблиц УОЗ, микропроцессор вычисляет оптимальный УОЗ для каждого цикла работы двигателя и формирует соответствующий дан-

ному углу сигнал на выходе контроллера для электронного коммутатора. Значения УОЗ в таблицах ПЗУ оптимизированы по какому-либо показателю качества рабочего процесса двигателя (максимальные мощность и экономичность, минимальная токсичность и др.).

Несмотря на значительные различия электронных и микропроцессорных систем зажигания, по устройствам управления выходные каскады этих систем имеют идентичное схмотехническое и конструктивное исполнение, при котором каждая свеча зажигания на многоцилиндровом ДВС получает энергию для искрообразования по отдельному каналу. Такое распределение называется статическим или многоканальным.

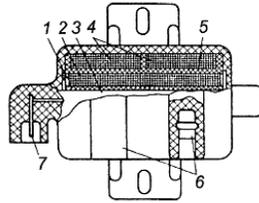
Распределение энергии в электронных системах может быть осуществлено несколькими способами. наибольшее распространение получили системы с двухвыводными катушками (на две свечи зажигания) (рис. 102) и индивидуальные катушки зажигания (рис. 104).



	1 Цилиндр	2 Цилиндр	3 Цилиндр	4 Цилиндр	
1 такт	Рабочая			Холостая	от КЗ1
2 такт		Холостая	Рабочая		от КЗ2
3 такт	Холостая			Рабочая	от КЗ1
4 такт		Рабочая	Холостая		от КЗ2
Рабочая искра 12...20 кВ. Холостая искра 5...7 кВ.					

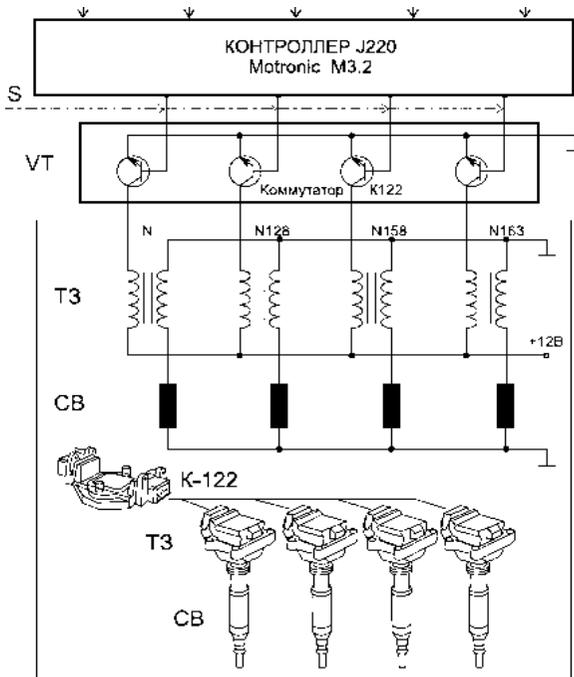
**Рис. 102 - Система с двухвыводными катушками зажигания и диаграммой распределения разряда**

В двухвыводной катушке вторичная обмотка электрически изолирована от первичной обмотки. Каждый из двух выводов высокого напряжения соединен со свечой зажигания для обеспечения искрообразования на обеих свечах при прерывании тока в первичной обмотке.



**Рис. 103 - Двухвыводная катушка зажигания:**

1 – изоляционная втулка; 2, 4 – соответственно первичная и вторичная обмотки; 3 – магнитопровод; 5 – каркас вторичной обмотки; 6, 7 – выводы соответственно вторичной и первичной обмоток

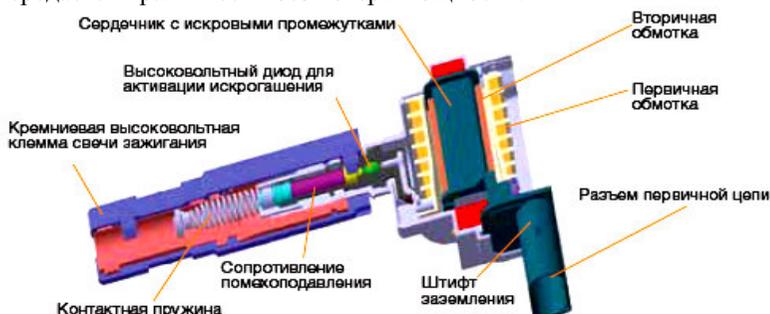


**Рис. 104 - Система зажигания с индивидуальными катушками:**

*S* - сигнал, подаваемый на вход коммутатора; *T3* - трансформатор зажигания; *CB* - свеча зажигания

Индивидуальная катушка зажигания в отличие от общей конструкции, в индивидуальных катушках первичная обмотка находится

внутри вторичной (рис. 105). Индивидуальная катушка устанавливается непосредственно на свечу зажигания, поэтому высоковольтный импульс передается практически без потери мощности.



**Рис. 105 - Устройство индивидуально одноискровой катушки зажигания**

## 6.8 Свечи зажигания и накаливания

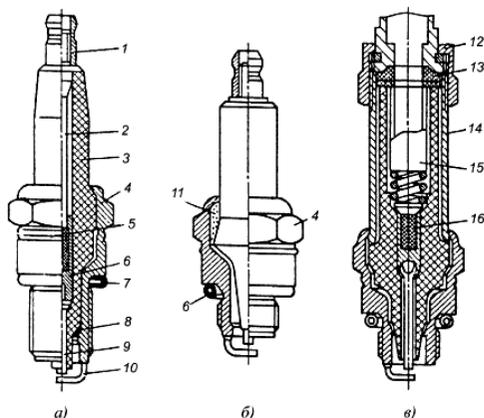
Свеча зажигания обеспечивает воспламенение топливоздушной смеси в цилиндре бензинового двигателя электрической искрой, которая возникает между электродами свечи при подаче на нее высокого вторичного напряжения катушки зажигания.

По принципу работы различают свечи с воздушным искровым промежутком, со скользящей искрой, полупроводниковые, многоискровые и другие, по исполнению – неэкранированные (открытого типа) и экранированные.

Наибольшее распространение на автомобилях получили неэкранированные свечи зажигания с воздушным искровым промежутком.

Свеча зажигания (рис. 106) имеет металлический корпус 4 с резьбой для ввертывания в отверстие головки блока цилиндров. Герметичность цилиндра в резьбовом соединении обеспечивается уплотнительным кольцом 7. В корпусе 4 путем завальцовки его верхнего края закреплен изолятор 3, внутри которого проходит контактный стержень 2, оканчивающийся контактной головкой 1 в верхней части и центральным электродом 9 в нижней. Во многих конструкциях свечей контактный стержень 2 и центральный электрод 9 разделены электропроводным герметиком 6. Для лучшего сцепления с герметиком на нижней части контактного стержня выполнена сетчатая накатка. Боковой электрод 10 с корпусом 4 соединен методом контактной сварки. Между коническими посадочными местами изолятора и корпуса устанавливаются теплопроводящую уплотнительную шайбу 8. Кроме отвода

теплоты теплопроводящая шайба 8 герметизирует корпус свечи.



**Рис. 106 - Свечи зажигания:**

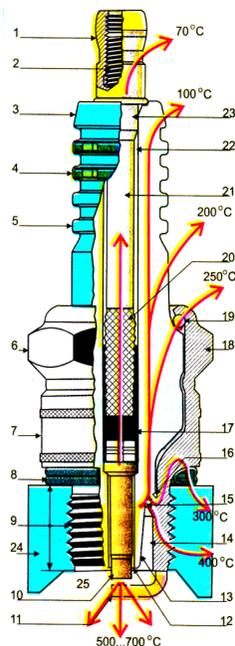
*а, б – незранированные; в – экранированная; 1 – контактная головка; 2 – контактный стержень; 3 – изолятор; 4 – корпус; 5 – термоосадочный пояс; 6 – электропроводный герметик; 7, 13 – уплотнительные кольца; 8 – теплопроводящая шайба; 9 – центральный электрод; 10 – боковой электрод; 11 – тальк; 12 – гайка; 14 – экран; 15 – контактное устройство; 16 – контактный стержень*

В экранированных свечах контакт высоковольтного провода со свечой обеспечивается с помощью контактного устройства 15, а защита от попадания на свечу влаги – резиновым уплотнителем и гайкой 12, накрученной на экран 14. Контактный стержень выполнен укороченным. Некоторые экранированные свечи зажигания имеют встроенный помехоподавительный резистор.

При работе на двигателе свеча зажигания подвергается комплексному циклическому воздействию высоких механических, электрических и химических нагрузок.

Температура газовой среды в камере сгорания двигателя колеблется от 70 °С, что соответствует температуре свежего заряда топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндр, до 2000–2700 °С (максимальная температура цикла). В то же время в подкапотном пространстве двигателя окружающий свечу зажигания воздух может иметь температуру от - 60 до +100 °С. Из-за неравномерного нагрева отдельных участков свечи в ней возникают тепловые деформации и напряжения, опасные тем, что в конструкции свечи использованы материалы с различными коэффициентами линейного расширения (различные

металлы, сплавы металлов, керамика). Свеча зажигания обеспечивает работу двигателя без перебоев в искрообразовании и калильного зажигания топливовоздушной смеси, если температура теплового конуса изолятора, расположенного в камере сгорания, находится от 400–450 до 850–900 °С.



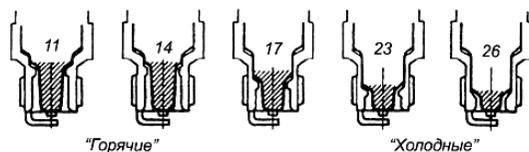
**Рис. 107 - Тепловой баланс свечи:**

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 - уплотняющее 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 (юбка) керамического изолятора; 14 - полость для заполнения горючей смесью; 15, 16 - теплоотводящие и фиксирующие кольца; 17 - теплоотводящий и токопроводящий стеклогерметик; 18 - тело корпуса; 19 - центрирующее теплопроводное кольцо; 20 - ребристая часть центрального электрода (фиксатор); 21 - токопроводящая часть контактной головки; 22 - воздушный зазор; 23 - контактная головка; 24 - тело головки блока; 25 - зона первоначального воспламенения электродами.

Нижняя граница указанного температурного диапазона определяется условием самоочищения теплового конуса изолятора свечи от нагара. Для быстрого прогрева до температуры самоочищения при пуске двигателя и достаточного нагрева при работе двигателя на режимах холостого хода и частичных нагрузок тепловой конус изолятора свечи должен иметь максимально допустимую длину. В то же время тепловой конус изолятора и центральный электрод не должны нагреваться до температуры свыше 850–900 °С при работе двигателя с полной нагрузкой во избежание воспламенения топливовоздушной смеси от нагретых частей свечи до появления искры между электродами.

Теплоотдача от свечи в окружающую среду осуществляется через ее корпус, изолятор, центральный и боковой электроды (рис. 107) часть теплоты (около 20 %) отводится от свечи, поступающей в камеру сгорания свежей топливовоздушной смесью.

Теплоотдача свечи зависит от длины теплового конуса изолятора. При длинном тепловом конусе изолятора отвод теплоты от него затрудняется: свеча с длинным тепловым конусом получает большое количество теплоты и плохо охлаждается. Такую свечу принято называть "горячей" (рис. 108). Короткий тепловой конус изолятора, обеспечивающий хорошую теплопередачу, характерен для "холодных" свечей. При установке "горячей" свечи на форсированный быстроходный двигатель возникнет калильное зажигание, тогда как на изоляторе "холодной" свечи, установленной на тихоходном двигателе с низкой степенью сжатия, будет откладываться нагар, шунтирующий искровой промежуток.



**Рис. 108 - Свечи с различными тепловыми характеристиками**

Тепловую характеристику свечи зажигания оценивают калильным числом (величина, пропорциональная среднему индикаторному давлению, при котором во время испытания свечи на специальной моторной установке с одноцилиндровым двигателем возникает калильное зажигание). Калильное число выбирается из следующего ряда чисел: 8, 11, 14, 17, 20, 23 и 26. Малые значения калильных чисел относятся к "горячим" свечам, высокие значения – к "холодным".

В некоторых странах за калильное число принимают время, в течение которого эталонный двигатель работает до начала калильного зажигания. Так, калильные числа свечей зажигания фирмы "Бош" (Bosch) находятся в пределах 45–260 условных единиц.

"Холодная" свеча с высоким калильным числом не обеспечивает необходимый тепловой режим изолятора при работе двигателя в режиме холостого хода и при малых нагрузках (рис. 109, кривая 7). На этих режимах обеспечивается нормальная работа "горячей" свечи с меньшим калильным числом (рис. 109, кривая 5). Однако при этом существует опасность перегрева изолятора и центрального электрода и даже возникновения калильного зажигания при работе двигателя с полной нагрузкой.



Рис. 109 - Зависимость температуры  $T_k$  теплового конуса изолятора свечи от нагрузки  $P$  двигателя для свечей

**Механические нагрузки.** В каждом цикле сгорания топливо-воздушной смеси в цилиндре двигателя на свечу зажигания действует значительная ударная нагрузка, стремящаяся вырвать изолятор свечи из корпуса. Максимальное давление цикла достигает 5–6 МПа. В процессе сборки свечи зажигания по существующей технологии при завальцовке в корпус и термоосадке изолятор подвергается усилию сжатия 25–30 кН. При ввертывании свечи в головку блока цилиндров к ее корпусу прикладывается вращающий момент 40–60 Нм. При длительной эксплуатации величина вращающего момента может значительно увеличиться из-за образования нагара на резьбе или срыва резьбы в

головке цилиндров. На работающем двигателе свеча зажигания испытывает также вибрационные нагрузки.

**Электрические нагрузки.** Свеча зажигания периодически находится под высоким вторичным напряжением системы зажигания, величина которого может достигать 30 кВ. Электрическая нагрузка на свечу возрастает с увеличением искрового промежутка между электродами, при скруглении острых кромок на центральном электроде и образовании выемки на боковом электроде вследствие электрической эрозии. Интенсивность изнашивания электродов дополнительно возрастает из-за того, что в продуктах сгорания находятся вещества, вызывающие химическую коррозию электродов. Такие вещества могут оказывать воздействие даже на керамический изолятор. Опыт эксплуатации показывает, что в процессе работы свечи зажигания зазор между электродами увеличивается в среднем на 0,015 мм на 1000 км пробега автомобиля. С целью повышения экономичности двигателя за счет использования обедненных топливовоздушных смесей зазор между электродами свечей увеличивают до 1,2–1,5 мм, что неизбежно приводит к необходимости роста вторичного напряжения системы зажигания и, как следствие, к повышению электрических нагрузок на свечу.

**Шунтирование искрового промежутка свечи.** Неполное сгорание топлива в цилиндре двигателя приводит к отложению токопроводящего нагара на поверхности теплового корпуса изолятора свечи зажигания.

Токопроводящий нагар на тепловом конусе изолятора шунтирует искровой промежуток свечи, вызывая утечку тока при росте напряжения во вторичной цепи катушки зажигания. Вторичное напряжение, подводимое к электродам свечи зажигания, уменьшается. Чем меньше шунтирующее сопротивление, тем больше сила тока утечки и меньше подводимое к электродам свечи вторичное напряжение.

Прекращение искрообразования возможно из-за конденсации влаги на холодном тепловом конусе свечи при пуске двигателя. К аналогичному результату может привести утечка тока, а иногда и разряд по наружной поверхности изолятора, находящейся в подкапотном пространстве, если она загрязнена или покрыта влагой. Поэтому материал изолятора не должен поглощать влагу, а поверхность изолятора должна быть стойкой к смачиванию.

Искровые свечи различают по диаметру резьбы корпуса, длине ввертной части, типу уплотнения, калильному числу. Маркировка свечей зажигания должна содержать (рис. 110):

- обозначение диаметра и шага резьбы (А – резьба М14х1,25 или М – резьба М18х1,5);

- букву, характеризующую особенность конструкции свечи (К – с коническим уплотнителем без прокладки; М – малогабаритная);
- калильное число, указываемое после двух букв (если конструктивные особенности свечи отсутствуют, то калильное число ставится после первой буквы);
- длину резьбовой части 19 или 11 мм соответственно буквы Д или Н (при отсутствии буквы после калильного числа длина резьбовой части 12 мм);
- на выступание теплового конуса изолятора за торец корпуса указывает буква В.

*Пример маркировки:* А17ДВ – свеча с резьбой М14х1,25, калильным числом 17, длиной резьбовой части корпуса 19 мм, выступающим тепловым конусом, обычным уплотнением медной шайбой.



**Рис. 110 - Маркировка свечей зажигания**

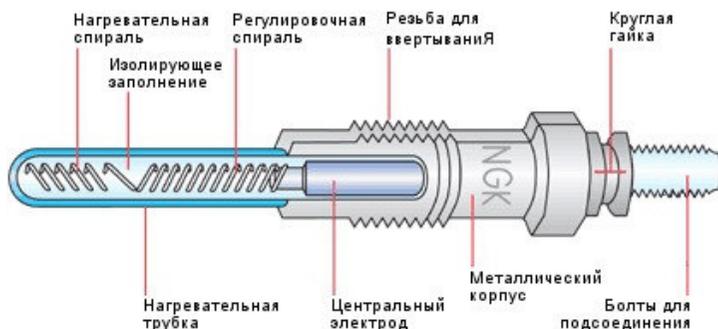
Дизельные двигатели - это двигатели с самовоспламенением, которое происходит от повышения температуры внутри камеры сгорания при сильном сжатии топливовоздушной смеси. Однако при низких температурах для холодного пуска требуется больше энергии, так как и подаваемый воздух, и сам двигатель холодные, и часть тепла, получаемого при сжатии, рассеивается на их обогрев.

Чтобы компенсировать эти потери, используют свечи накаливания. Стержень свечи накаливания выступает внутрь камеры сгорания или предкамеры и расположен точно на краю завихрения топливовоздушной смеси для ее оптимального подогрева. При подаче на них напряжения их нагревающий стержень раскаляется до 800 и даже более градусов. Двигатель нуждается и в послепусковом накаливании, пока

он не прогрелся до рабочей температуры. Это позволяет добиться полного сгорания топлива, а значит, и уменьшения выброса вредных веществ в атмосферу.

Свечи накалывания, используемые в современных двигателях, отличаются друг от друга не только визуально, но и используемыми материалами и характеристиками - временем нагрева, потребляемым током и т. д. Существует два основных вида - стержневые (рис. 111) и керамические (рис. 112 свечи накалывания, которые, в свою очередь, подразделяются на несколько типов.

Стержневые свечи накалывания - свечи, в которых нагревательная спираль располагается в накалывающем стержне, изготовленном из жаропрочного металла. Они производятся четырех типов - стандартные, свечи для быстрого пуска, свечи для системы QGS и саморегулирующиеся (SRM).



**Рис. 111 - Стержневая свеча накалывания**

Нагревательная и регулировочная спирали таких свечей заключены в стержень накалывания из термостойкого литейного сплава на основе легкого металла. Они образуют общий резистивный элемент, причем нагревательная спираль вместе с передней частью стержня накалывания образует нагревательную зону, тогда как регулировочная спираль закреплена на токоведущих болтах для подключения. Пространство между спиралью и стержнем заполнено изолирующим порошком (окись магния).

Нагревательная спираль непосредственно не подвергается воздействию сгорания и ударных волн, которые возникают из-за быстрого расширения смеси. Стержень накалывания обеспечивает определенную защиту нагревательной спирали от углерода, образующегося при сгорании. Он не откладывается, так что не возникает короткого замыкания.

Стандартные стержневые свечи накаливания имеют такую нагревательную спираль, сопротивление которой не изменяется с повышением температуры, всегда потребляя одинаковый ток.

Свечи накаливания для облегченного пуска имеют нагревательную спираль, сопротивление которой изменяется при изменении температуры. Сначала сопротивление низкое, так что через нагревательную спираль протекает большой ток. Температура поднимается быстрее, чем в стандартных свечах, в результате сокращается время предварительного разогрева. При повышении температуры повышается и сопротивление, отчего уменьшается ток.

Стержневые свечи накаливания QGS нагреваются очень быстро, но требуют специального устройства управления QGS. Имеются два различных и не взаимозаменяемых типа свечей накаливания для облегченного пуска: с одной нагревательной спиралью и с двумя нагревательными спиральями.

Первый тип имеет одну нагревательную спираль с низким сопротивлением, которая выполнена с расчетом на очень высокий ток. Второй тип содержит как нагревательную, так и регулировочную спираль. Это гарантирует, что сопротивление при повышении температуры повышается, и поэтому в известной мере обеспечивается регулировка температуры. Эти свечи накаливания обеспечивают очень малое время предварительного разогрева и улучшают пусковые качества.

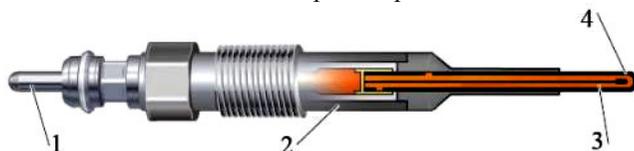
Если напряжение подается слишком долго, температура становится слишком высокой, свечи могут оплавиться и треснуть. Поэтому устройство управления или реле должно уменьшать или совсем выключать ток, как только температура достигает примерно 900 оС.

Стержневые свечи накаливания SRM имеют нагревательную и регулировочную спираль. Нагревательная спираль нагревается очень быстро, а регулировочная спираль повышает сопротивление при повышении температуры. Благодаря свойствам регулировочной спирали такая свеча нагревается очень быстро, а при достижении температуры нагрев автоматически понижается.

Такая система разогрева не требует никакого внешнего контроля и обеспечивает отличные характеристики разогрева и остаточного накала!

Стержневые свечи накаливания с остаточным накалом могут функционировать при полном напряжении генератора. Их температура быстро повышается, однако затем снижается до величины, ниже температуры свечей без остаточного накала. Это происходит благодаря нагретой регулировочной спирали, электрическое сопротивление которой повышается, в то время как ток уменьшается, в результате чего

становится невозможным выход из строя стержня накаливания.



**Рис. 112 - Керамическая свеча накала:**

*1 - соединительный контакт; 2 - корпус свечи; 3 - керамический нагревательный элемент; 4 - защитный керамический слой*

Керамические свечи накаливания подразделяются на два основных типа - свечи для системы QGS и саморегулирующиеся (SRC). В отличие от нагревательной спирали стержневой свечи, нагревательная спираль керамической свечи имеет особо высокую точку плавления. Кроме того, она размещается в крайне износостойком материале - нитриде кремния, который не только защищает ее от высоких температур и вибрации в камере сгорания, но и является очень эффективным проводником тепла.

Сейчас есть более совершенные свечи накаливания - высоко-температурные свечи (НТС) и следующее поколение - новые высоко-температурные свечи (ННТС - New High Temperature Ceramic glow plug).

Концепция нового поколения керамических свечей накаливания ННТС предусматривает использование удлиненного нагревательного электрода уменьшенного диаметра, обеспечивающего повышение температуры до 1000 °С всего за 2 с. Кроме того, время остывания увеличено до 10 минут, а в результате возможности промежуточного накаливания впервые появляется потенциал для сокращения выбросов, например на фазе пуска.

Керамические свечи накаливания новой серии нагреваются максимально до температуры около 1300 °С, что обеспечивает великолепные условия пуска двигателей с низкой степенью сжатия, обеспечивающих, в свою очередь, потенциал для сокращения выбросов. Кроме того, они имеют повышенную вибрационную сопротивляемость. Обе новые свечи накаливания позволяют также снизить расход энергии.

В керамической свече накаливания для облегченного пуска повышение температуры происходит быстрее, чем в стержневых свечах для облегченного пуска. Прикладываемое напряжение при этом точно регулируется с помощью специального устройства управления или реле накаливания.

Так же, как и стержневые свечи накаливания, керамические све-

чи саморегулирующегося типа оснащаются нагревательной спиралью и регулировочной спиралью для регулировки напряжения, которая уменьшает ток при повышении температуры. Эти свечи отличаются ускоренным повышением температуры и увеличенной теплопроводностью. Этот тип свечей зажигания не нуждается во внешнем управлении, так как является саморегулирующимся.

Керамические свечи накаливания снабжены специальной нагревательной спиралью, которая обладает особенно высокой температурой плавления. Эта спираль заключена в новый керамический материал - силиконнитрит. Он отличается очень высокой теплопроводностью, что обеспечивает очень малое время разогрева. Материал может выдерживать в течение длительного времени быстрый нагрев.

Керамические свечи накаливания имеют более высокую термостойкость и больший срок службы, чем стержневые свечи накаливания.

Хорошо функционирующие и надежные свечи накаливания - серьезный помощник при каждом холодном пуске.

В холодное время года двигатели не всегда запускаются, как хотелось бы. Одного возникающего тепла часто недостаточно, чтобы запустить двигатель. Нередко в камерах сгорания не хватает требуемого тепла. Потери тепла из-за холодных цилиндров и впускаемого воздуха препятствуют самовоспламенению. Дизельный двигатель без подачи тепла не достигает требуемых температур. Основной функцией свечей накаливания является снабжение дополнительной энергией при пуске.

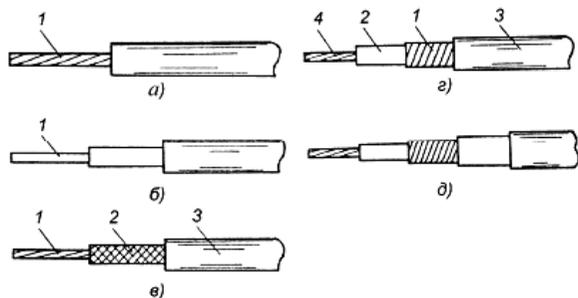
Стержень свечи накаливания выступает внутрь камеры сгорания или предкамеры, располагаясь точно на краю завихрения топливной смеси. Таким образом, он имеет возможность направить тепло точно туда, где оно требуется. Однако он ни в коем случае не должен выступать в камеру сгорания слишком далеко, так как не будут гарантированы подготовка топлива и формирование топливной смеси. Выделение свечей накаливания тепла оптимизирует сгорание, уменьшая выделение бело-голубого дыма и другие выбросы. Топливо сгорает равномернее и полнее; при этом освобождается больше энергии, и температура в камере сгорания повышается быстрее, устраняя детонационный стук при холодном пуске. Благодаря остаточному накаливанию топливо сгорает полнее, снижая выделения дыма примерно на 49 %.

Свеча накаливания подвергается воздействию сгорающего топлива, поэтому должна выдерживать воздействие сильного нагрева, высокого давления, вибраций и вызывающих коррозию химикатов. Кроме того, она должна быстро достигать рабочей температуры и

иметь длительный срок службы.

### 6.9 Высоковольтные провода. Свечной наконечник

На автомобилях применяются провода высокого напряжения обычные с металлическим проводником 1 (рис. 113 а и б) и специальные с распределенными параметрами для подавления радиопомех (рис. 113 в-д).



**Рис. 113 - Высоковольтные провода марок:**  
а - ПВВ; б - ПВРВ; в - ПВВО; г - ПВВП; д - ПВВП-40

Высоковольтные провода марок ПВВ, ПВРВ, ППОВ и ПВЗС имеют медную токопроводящую жилу, изолированную поливинилхлоридным пластикатом, резиной или полиэтиленом. Поверх изоляции токопроводящей жилы провода марок ПВРВ, ППОВ и ПВЗС еще имеют оболочку из поливинилхлоридного пластика и резины повышенной маслобензостойкости.

Системы зажигания автомобильных бензиновых двигателей являются источником радиопомех. Высоковольтные провода таких систем выполняют функцию антенн, излучающих энергию в результате радиопомех. Для того чтобы уровень радиопомех не превышал нормированных значений, провода марок ППВ, ПВРВ, ППОВ и ПВЗС на двигателе устанавливаются с помехоподавительными резисторами, которые могут находиться на свечах или в распределителе зажигания. В настоящее время широко применяются провода с распределенным активным сопротивлением (резистивный провод), которые позволяют отказаться от помехоподавительных резисторов.

Токопроводящая жила резистивного провода выполняется из немаetalлического материала с высоким электрическим сопротивлением. Для сердечника жилы используется хлопчатобумажная пряжа (рис. 113 е), пропитанная сажевым раствором. Сердечник жилы 1 находится

в хлопчатобумажной или капроновой оплетке 2. Для изоляции 3 резистивных проводов используют поливинилхлоридный пластикат, одно- или двухслойную резину.

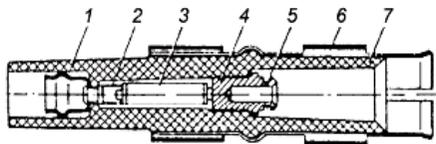
Недостатком резистивного провода является то, что при их использовании трудно обеспечить надежный контакт сердечника из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной сажевым раствором, в хлопчатобумажной или капроновой оплетке с наконечниками. Поэтому на автомобилях нашли применение реактивные провода с активным, индуктивным и емкостным распределенным сопротивлением переменному току. Благодаря наличию в них металлической токопроводящей жилы легко обеспечивается надежный контакт с наконечниками.

На льняную нить 4 (рис. 113 з) реактивного провода нанесен слой ферропласта, состоящий (по массе) из 80 % ферритового порошка и 20 % поливинилхлоридного.

Резистивный провод ПВВО обладает сопротивлением 15–40 кОм/м и рассчитан на максимальное рабочее напряжение 15 кВ.

Поглощение радиопомех в проводе марки ПВВП обеспечивается проводником и диэлектриком ферропластового сердечника. Провод ПВВП выпускается диаметром 7,2 мм на напряжение 25 кВ и диаметром 8,0 мм на напряжение 40 кВ и имеет сопротивление 2 кОм/м.

Для бесконтактных систем зажигания автомобилей ВАЗ применяется провод ПВВП-40 с силиконовой изоляцией, рассчитанный на напряжение до 40 кВ, сопротивлением 2,55 кОм/м.



**Рис. 114 - Экранированный наконечник свечи:**

1 – вывод; 2 – пружина; 3 – резистор; 4 – наконечник; 5 – скоба; 6 – экран; 7 – корпус

Помехоподавительный резистор 3 (рис. 114) может встраиваться в свечной экранированный наконечник.

### **Контрольные вопросы:**

1. В какой момент образуется искра: 1) в контактной; 2) в бесконтактной системах зажигания?
2. Для чего нужен прерыватель?
3. Какое напряжение бывает в первичной цепи?

4. Что такое угол опережения зажигания (УОЗ)?
5. Каковы способы изменения УОЗ?
6. Для чего конденсатор в первичной цепи?
7. Каким должен быть начальный УОЗ?
8. Как устанавливается УОЗ в контактной системе зажигания?
9. Что такое датчик Холла и принцип его работы.
10. Как работает свеча зажигания?
11. Какова функция транзистора в коммутаторе? 12. Что такое время накопления тока?
13. Что такое задающий диск?
14. Где и какие помехоподавители установлены?
15. Основные правила эксплуатации системы зажигания.
16. Какие факторы обуславливают выбор типа свечей зажигания для конкретного двигателя?
17. Для чего нужны помехоподавительные резисторы, встроенные в свечи зажигания или свечные наконечники?
18. Как по внешнему виду свечи зажигания оценить условия сгорания рабочей смеси в двигателе, в котором была установлена данная свеча?
19. Причины возникновения калильного зажигания и детонации?
20. Классификация автомобильных систем зажигания.

## **7 СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

Безопасность автомобилей при движении по дорогам и тракторов при выполнении технологических операций, особенно в темное время суток, во многом зависит от состояния систем освещения и световой сигнализации. Световые приборы предназначены для обеспечения качественной работы в различных условиях эксплуатации, для освещения дороги, передачи информации о габаритных размерах автомобиля и трактора и техническом состоянии их отдельных систем, предполагаемом и совершаемом маневрах, для освещения номерного знака, кабины, контрольно-измерительных приборов, подкапотного пространства, багажника и т.д.

### **7.1 Осветительные приборы**

В обязательный комплект световых приборов для АТС входят: фары дальнего света; фары ближнего света; передние и задние габаритные огни.

ритные огни; фонари заднего хода; указатели поворота; аварийный сигнал; сигнал торможения; фонарь освещения заднего номерного знака; задний противотуманный огонь; контурный огонь; задние светоотражающие устройства нетреугольной формы; передние светоотражающие устройства нетреугольной формы; боковое светоотражающее устройство на автомобилях длиной более 6 м; боковые габаритные огни на транспортных средствах длиной более 6 м (за исключением грузовых автомобилей без кузова).

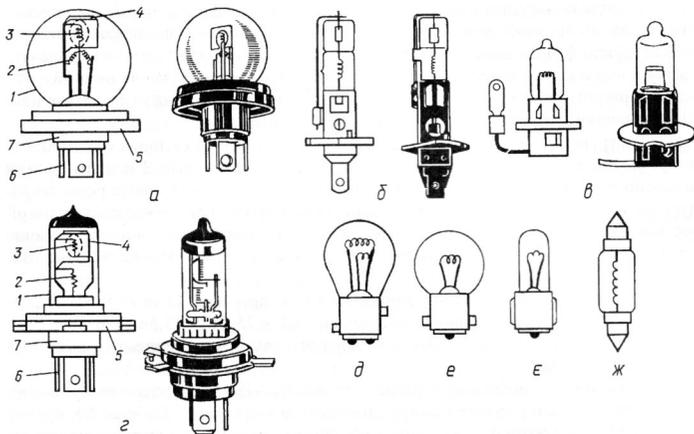
Светотехнические приборы подразделяют на **внешние** (фары головного и рабочего освещения, фонари различного назначения) и **внутренние** (плафоны, лампы освещения щитка приборов, контрольные лампы), **осветительные и светосигнальные**. Световой пучок осветительного прибора воспринимается после отражения от дороги или от объекта на дороге, а световой поток светосигнального прибора наблюдатель воспринимает непосредственно. Фары и фонари заднего хода можно считать и осветительными, и светосигнальными приборами. Водитель автомобиля, на котором они установлены, воспринимает их световой поток после отражения от дороги и наблюдаемых объектов, а другие участники дорожной обстановки непосредственно.

В качестве источника света в традиционных автомобильных и тракторных световых приборах используют следующие типы ламп: накаливания, галогеновые, ксеноновые, биксеноновые, светодиодные и лазерные.

Автомобильная лампа накаливания состоит из колбы 1 (рис. 115), одной или двух нитей накала 2 и 3, цоколя 7 с фокусирующим фланцем 5 или без него и выводов 6.

Стеклоянная колба лампы может иметь шаровидную, каплевидную, грушевидную или цилиндрическую форму. Нити накала в двухнитевых лампах имеют различное функциональное назначение, и изготавливается из тугоплавкого вольфрама. При прохождении электрического тока нить накала лампы нагревается и при определенной температуре начинает излучать свет. Энергия светового излучения, воспринимаемого человеческим глазом, составляет только небольшую часть потребляемой лампой электрической энергии. Большая часть электрической энергии выделяется в виде теплового излучения.

Тугоплавкий вольфрам имеет температуру плавления 3380 °С. С повышением температуры спирали увеличиваются яркость и световая отдача лампы. Однако при температуре нити накала свыше 2400 °С вольфрам интенсивно испаряется и, оседая на стенках стеклянной колбы, образует темный налет, уменьшающий световой поток лампы.



**Рис. 115 - Автомобильные лампы накаливания:**

*а* – фар головного освещения с европейской асимметричной системой светораспределения; *б* – галогенная категория Н1; *в* – галогенная категория Н3; *г* – галогенная категория Н4; *д* – двухнитевая штифтовая; *е* – однонитевая штифтовая; *ж* – пальчиковая; *з* – софитовая; 1 – колба; 2 – нить дальнего света; 3 – нить ближнего света; 4 – экран; 5 – фокусирующий фланец; 6 – выводы; 7 – цоколь

Вольфрам интенсивнее испаряется в вакуумных лампах. Поэтому лампы мощностью свыше 2 Вт заполняют смесью инертных газов – аргона и азота или криптона и ксенона. Благодаря большому давлению инертных газов в колбе газонаполненной лампы допускается более высокая температура нагрева спирали, что позволяет увеличить световую отдачу до 14–18 лм/Вт при сроке службы 125–200 ч.

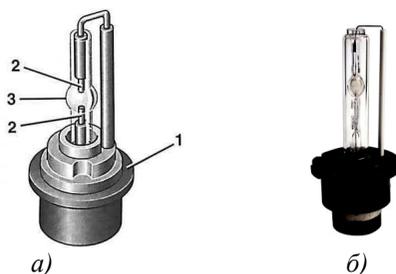
Колба галогенной лампы также заполняется инертным газом (аргон, ксенон, криптон и др.) и дополнительно небольшим количеством паров йода или брома. В лампах с йодным циклом частицы вольфрама, осевшие на стенках колбы после испарения нити накала, соединяются с парами йода и образуют йодистый вольфрам. При температуре колбы из жаростойкого кварцевого стекла 600–700 °С йодистый вольфрам испаряется, диффундирует в зону высокой температуры вокруг нити накала и распадается на вольфрам и йод. Вольфрам оседает на нити накала, а пары йода остаются в газовом пространстве колбы, участвуя в дальнейшей реализации йодного цикла.

Кроме йода и брома, галогенный цикл в автомобильных лампах накаливания обеспечивают соединения брома: бромистый метилен

$\text{CH}_3\text{Br}_2$  и бромистый метил  $\text{CH}_2\text{Br}_2$ .

Световая отдача галогенных ламп составляет 22–25 лм/Вт, что в 1,5 раза превышает световую отдачу обычных ламп. Для реализации галогенного цикла необходима высокая температура стенок колбы – до 600–700 °С. Поэтому колбу галогенной лампы изготавливают из кварцевого стекла. Колба имеет небольшие размеры. Для обеспечения более равномерного отложения вольфрама на спиральной нити накала она должна быть выполнена в форме прямого цилиндра.

Ксеноновая лампа представляет собой кварцевую колбу, центральная часть которой имеет шаровую или эллипсоидную форму. В колбу впаяны два вольфрамовых электрода (рис. 116). Внутренний объем колбы заполнен инертным газом - ксеноном - под давлением 0,6–0,8 МПа.



**Рис. 116 - Устройство ксеноновой лампы:**

*а - устройство: 1 - цоколь; 2 - электроды; 3 - стеклянная колба с ксеноном; б - внешний вид*

Принцип работы ксеноновой лампы основан на свечении атомов ксенона в межэлектродном промежутке под действием приложенного электрического напряжения. Во время работы лампы давление газов внутри колбы повышается до 2-3 МПа, благодаря чему спектральный состав излучаемого светового потока приближается к спектру дневного света. Яркость разряда в межэлектродном промежутке значительно превышает яркость нити лампы накаливания и составляет 200-1000 Мкд/м<sup>2</sup>.

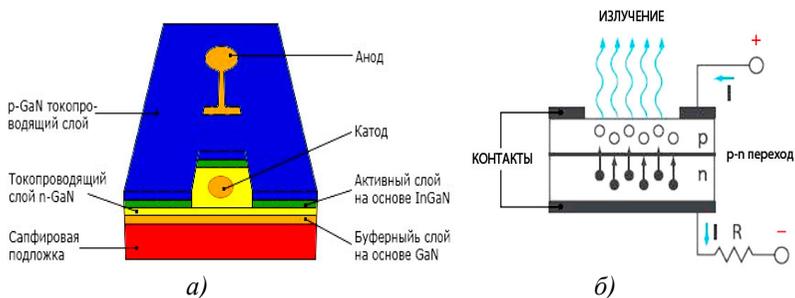
Низковольтная система автомобиля не может зажечь и обеспечить бесперебойную работу ксеноновой лампы. Для этого устанавливаются модифицированные балласты. Они подают мощный импульс на электроды лампы. 20КВ способствуют ионизации газа внутри лампы и формированию дугового разряда. Газ проводит ток, за счет чего излучает свет определенного цвета. Для постоянного поддержания дуги свечения необходим импульс гораздо меньшей амплитуды и

мощности. Время выхода лампы в рабочее состояние зависит от ее мощности, колеблется между несколькими миллисекундами и 5-6сек. Основной поток света формируется в области катода, спектр свечения примерно равномерен по всей зоне видимого света. Алгоритм действия лампы таков: электроды, впаянные в корпус колбы, получают высоковольтный импульс от смежного конденсатора. Напряжение зависит от состава смеси газов, наполняющих лампу, и от длины ее колбы. В некоторых моделях ксенона для начальной ионизации газа используется третий электрод. Он представляет собой ленту металла вдоль трубки и служит для запуска разряда через ксеноновую лампу.

Конструктивные элементы системы ксенона дают свет, близкий спектрально к дневному освещению. Ксеноновые лампы излучают разные оттенки свечения, в зависимости от цветовой температуры. От данного показателя зависит яркость и мощность светового потока. Наиболее оптимальные лампы ксенона имеют температуру свет 4300-5000 К. С уменьшением и увеличением данного показателя яркость незначительно падает, меняется цвет светового луча. Ксенон в 8000 К светит синим цветом, но мало эффективен в условиях плохой погоды. Более комфортное для человеческого восприятия свечение ксенона до 5000 К, этот диапазон наиболее близок к дневному свету. Ксенон в 10000 К и более (12000 К) имеет фиолетовый цвет, тем насыщеннее, чем выше температура, практической пользы не имеет и используется для проведения различных шоу.

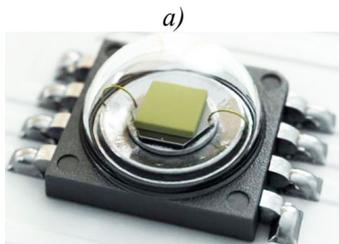
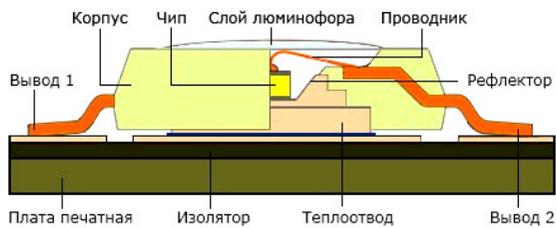
Биксеноновые системы подразумевают использование тех же ксеноновых ламп но с механическим изменением светового потока, что позволяет чередовать получение "дальнего" или " ближнего" света фар.

Светодиодные лампы (*Светоизлучающий диод*. Буквенно его обозначают сокращением СИД (СД) в русском языке или LED в английском). Принцип работы светодиодных ламп основан на процессе *p-n* перехода. В отличие от кремниевого или германиевого диода в них используются арсенид галлия (GaAs) и нитрид галлия (GaN), из которых при реализации *p-n* перехода выделяются фотоны, являющиеся источником видимого света (рис. 117 б). Сам элемент формирующий световой поток представляет собой несколько токопроводящих слоев толщиной 10-15 нм и называют чипом (рис. 117 а).



**Рис. 117 - Устройство чипа светодиода**  
*а - устройство; б - принцип работы*

Частотный спектр световых волн от полупроводниковых материалов значительно уже, чем от обычных ламп накаливания или солнца, что утомляет глаза человека, создает определенный дискомфорт. С целью исправления этого недостатка в отдельные конструкции светодиодов вводится слой люминофора (рис. 118).

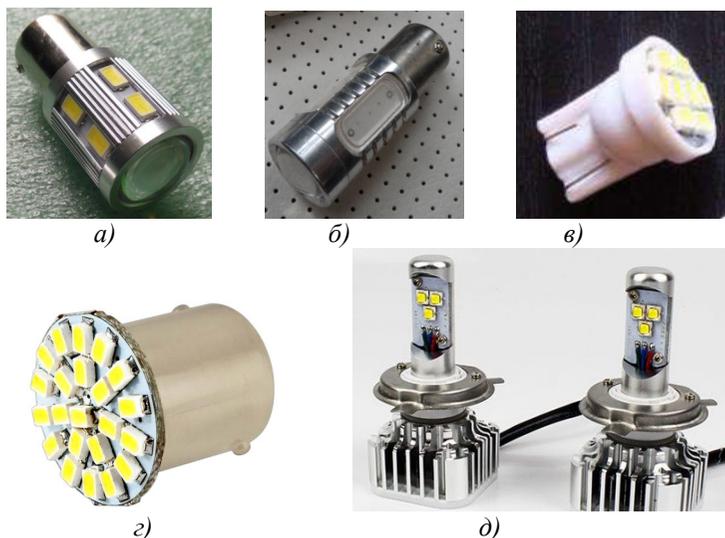


**Рис. 118 - Устройство светодиода:**  
*а - устройство; б - внешний вид*

Величина излучаемого светового потока полупроводниковых материалов зависит от тока, проходящего через *p-n* переход. Чем

больше ток, тем выше излучение, но до определенного значения.

Количество светодиодных кристаллов, установленных в одну лампу, может превышать сотню работающих элементов. На каждый из них необходимо подвести оптимальный ток. Для этого создают стеклотекстолитовые платы с токопроводящими дорожками. Они могут иметь самую различную конструкцию. К контактным площадкам плат припаиваются светодиодные кристаллы. Чаще всего их формируют в определенные группы и запитывают последовательно друг с другом. Через каждую созданную цепочку пропускают один и тот же ток.



**Рис. 119 - Типы автомобильных светодиодных ламп:**  
*а, б - габаритных и стоп-сигнала; в - освещения салона; г - противотуманных фар; д - головного света*

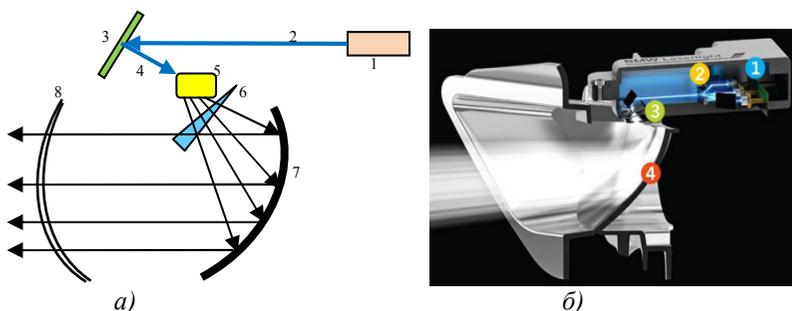
Светодиодные лампы имеют ряд преимуществ. Время включения лампы до полной мощности составляет 50-70 нс, высокая стойкость к вибрации и механическим воздействиям, срок службы от 50000 ч, на 70 % снижение потребляемой энергии (3,5 Вт против 35 Вт у галогеновых и ксеноновых).

Впервые лазерные фары разработаны концерном BMW в 2009 г., в настоящее время устанавливаются на автомобилях Audi и Volkswagen. Конструктивно лазерный модуль фары представляет из себя блок лазерных диодов (рис. 120), люминофор (рис. 121 поз. 5), зеркальную

матрицу и линзу (рис. 121). Лучи длиной 450-460 нм формируются посредством лазерных диодов поступают на элемент из флуоресцентного материала (желтый фосфор), из которого выделяются фотоны белого цвета. Преломляясь через линзу они попадают на зеркало отражателя, имеющего сферическую форму для концентрации светового потока, и через стекло фары - на дорожную поверхность.



**Рис. 120 - Лазерный диод**



**Рис. 121 - Принцип работы лазерной фары:**

*а - устройство и принцип работы: 1 - лазерный диод; 2 - синий луч лазера; 3 - матрица отражающих управляемых микрозеркал; 4 - отраженный луч лазера; 5 - элемент из флуоресцентного материала (желтый фосфор); 6 - фокусирующая линза; 7 - отражатель; 8 - стекло фары; 9 - световой пучок; б - устройство: 4 - отражатель*

Основными светотехническими параметрами световых приборов являются активная поверхность оптической системы, световое отверстие, телесный и плоский углы охвата, углы излучения и рассеивания, фокус и фокусное расстояние оптической системы, коэффициент отражения для отражателей и коэффициент пропускания и поглощения для рассеивателей.

*Активной поверхностью* оптической системы является зеркальная поверхность отражателя. Ее проекция на плоскость, перпендику-

лярную оптической оси, называется *световым отверстием*. Оптическая ось светового прибора – это ось его симметрии. Лучи, падающие на активную поверхность отражателя параллельно оптической оси, собираются в *фокусе*. В реальных оптических системах с фокусом совмещают центр тела накала источника света. Отрезок оптической оси от фокуса до вершины отражателя называется *фокусным расстоянием*.

*Телесным углом охвата активной поверхности* является угол, в пределах которого поверхность оптической системы видна из фокуса.

Сечение телесного угла охвата меридиональной плоскостью, проходящей через ось вращения параболоида, образует *плоский угол охвата*. Телесный угол, в котором сконцентрирован отраженный активной поверхностью и вышедший из системы световой поток, называют *углом излучения оптической системы*.

*Коэффициент отражения оптической системы* – это отношение отраженного светового потока к световому потоку, падающему на отражающую поверхность.

*Коэффициент пропускания* – отношение светового потока, прошедшего через поверхность, к световому потоку, падающему на нее.

Под *коэффициентом поглощения* понимается отношение светового потока, поглощаемого световой системой, к световому потоку, ею создаваемому.

Световой пучок фары может быть сформирован **прожекторным, проекторным** или **матричным методом**. Наиболее распространенный прожекторный метод обеспечивает концентрацию и распределение светового потока источника тока отражателем и при необходимости его перераспределение рассеивателем в соответствии с заданным режимом освещения.

Для концентрации светового пучка при таком методе его формирования используется параболоидный отражатель с круглым или прямоугольным (усеченным) отверстием.

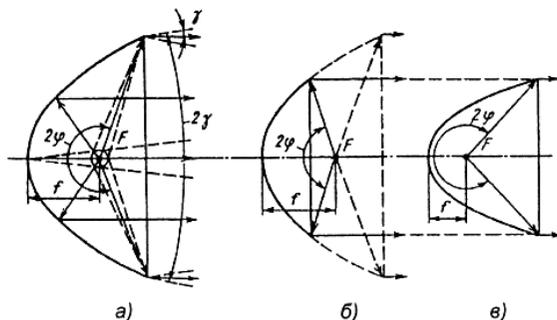
В качестве преломляющих элементов применяют цилиндрические, сферические и эллипсоидные линзы, призмы и линзы–призмы.

В зависимости от преломляющей структуры рассеивателя добиваются как изменения формы светового пучка, так и силы света в различных направлениях светораспределения.

Формирование необходимой структуры светового пучка обеспечивается также изменением положения тела накала относительно фокальной точки отражателя.

Отраженные от параболоида лучи идут узким пучком параллельно оптической оси, если в фокусе  $F$  (рис. 122,  $a-v$ ) отражателя по-

мещен точечный источник света. Нить накала лампы имеет конечные размеры. Технологически невозможно обеспечить точную геометрическую форму параболоида отражателя и у него вместо фокуса имеет место фокальная область. Поэтому в фарах отраженные лучи представляют собой слабо расходящийся пучок света.



**Рис. 122 - Параметры параболоидного отражателя:**

*а – распределение светового потока при расположении тела накала в фокусе; б – мелкая фара; в – глубокая фара*

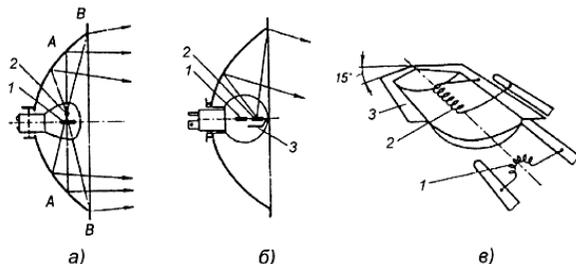
Световой поток источника света распространяется в пределах телесного угла  $4\pi$ . На отражатель падает световой поток, расходящийся в телесном угле  $\omega_1$ , которому соответствует плоский угол охвата  $2\varphi$ . После отражения этот поток собирается в малом телесном угле  $\omega_2$ , при сечении которого меридиональной плоскостью получают плоский угол излучения  $2\gamma$ . Даже при некотором уменьшении отраженного светового потока из-за потерь на поглощение света концентрация пучка отраженных лучей в малом телесном угле  $\omega_2$  позволяет во много раз увеличить силу света в нем по сравнению с силой света нити накала лампы.

Для получения дальнего и ближнего света в двухфарных системах освещения используют двухнитевые лампы накаливания. Современные автомобили оборудуют фарами головного освещения с американской и европейской системами асимметричного светораспределения ближнего света. Асимметричный световой пучок обеспечивает лучшую освещенность той стороны дороги, по которой движется автомобиль, и уменьшает ослепление водителя встречного транспорта.

В лампах фар с американской и европейской системами светораспределения нить накала дальнего света располагают в фокусе отражателя. Световой пучок дальнего света с малым углом рассеяния может быть получен при минимальных размерах спирали, выполняемой в

виде дуги, лежащей в горизонтальной плоскости. Большие линейные размеры нити дальнего света по горизонтали обуславливают большее рассеяние светового пучка в горизонтальной плоскости.

В фарах с американской системой светораспределения нить 2 ближнего света (рис. 123, а) в виде спирали цилиндрической формы смещена несколько вверх и вправо относительно фокуса, если смотреть на отражатель со стороны светового отверстия. Спираль ближнего света расположена поперек оптической оси.



**Рис. 123 - Автомобильные фары с различными системами распределения ближнего света:**

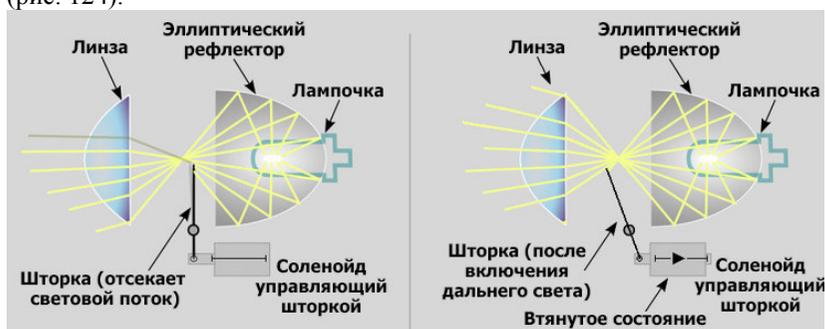
*1 – нить дальнего света; 2 – нить ближнего света; 3 – экран*

Если источник света выведен из фокуса, отраженный параболом пучок света отклоняется от оптической оси. При этом пучок света разделяется на две части. Одна часть светового пучка, попадающая на внутреннюю поверхность отражателя от вершины до фокальной плоскости *AA*, отражается вправо и вниз относительно оптической оси. Остальная часть светового пучка, отражаемая от внешней части парабооида между фокальной плоскостью *AA* и плоскостью светового отверстия *BB*, направлена влево и вверх и попадает в глаза водителя встречного автомобиля.

Световой пучок фар ближнего света с американской системой распределения не имеет четкой светотеневой границы. Увеличение угла рассеяния отраженного светового пучка требует дополнительного светораспределения рассеивателем со сложной структурой оптических микроэлементов. Для уменьшения светового потока лучей, направленных вверх и влево от оптической оси, применяют отражатели с меньшей глубиной. Светораспределение фар американской системы регламентируется силой света в контрольных точках измерительного экрана.

В фарах с европейской системой светораспределения нить 2 ближнего света (рис. 123, б) цилиндрической формы выдвинута вперед

по отношению к нити  $l$  дальнего света и расположена чуть выше и параллельно оптической оси. Лучи от нити ближнего света, попадающие на верхнюю половину отражателя, отражаются вниз и освещают близлежащие участки дороги перед автомобилем. Непрозрачный экран 3, расположенный под нитью 2 ближнего света, исключает попадание световых лучей на нижнюю половину отражателя, поэтому глаза водителя встречного транспортного средства находятся в теневой зоне. Одна сторона экрана 3 отогнута вниз на угол  $15^\circ$  (рис. 123, в), что позволяет увеличить площадь активной поверхности левой половины отражателя и освещенность правой обочины и правой полосы движения автомобиля. Такие системы используются в биксеноновых фарах (рис. 124).



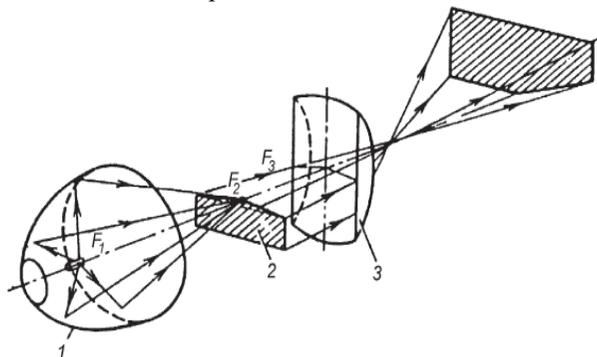
**Рис. 124 - Принцип работы биксеноновых фар**

Фары европейской системы имеют более рациональное светораспределение. Сила света лучей, идущих выше оптической оси, у фар с американской системой выше. Ослепляющее действие фар американской системы больше. В то же время освещенность дороги фарой американской системы при переключении с дальнего света на ближний меняется меньше. Фара европейской системы по сравнению с фарой американской системы лучше освещает правую полосу дороги и обочину. Однако при движении автомобиля по неровной дороге колебания светотеневой границы приводят к быстрому утомлению зрения водителя. Фары с американской системой светораспределения с размытым световым пучком ближнего света менее чувствительны к неровностям дороги.

Обе системы обеспечивают безопасный встречный разъезд автомобилей только на прямой ровной дороге при условии правильной регулировки оптических элементов и своевременного переключения дальнего света на ближний.

Проекционный (асферической линзы) принцип реализуется светооптической системой с эллипсоидным (полиэллипсоидным) отражателем или отражателем со свободной поверхностью.

Тело накала устанавливается в первом фокусе  $F_1$  отражателя. После отражения световой пучок концентрируется в зоне второго фокуса  $F_2$  отражателя на относительно малой площадке, где устанавливается экран, с формой, обеспечивающий требуемой светораспределение. Изображение в плоскости экрана проецируется на дорожное полотно асферической линзой, фокальная точка которой, совпадает со 2-ым фокусом эллипсоиды отражателя.

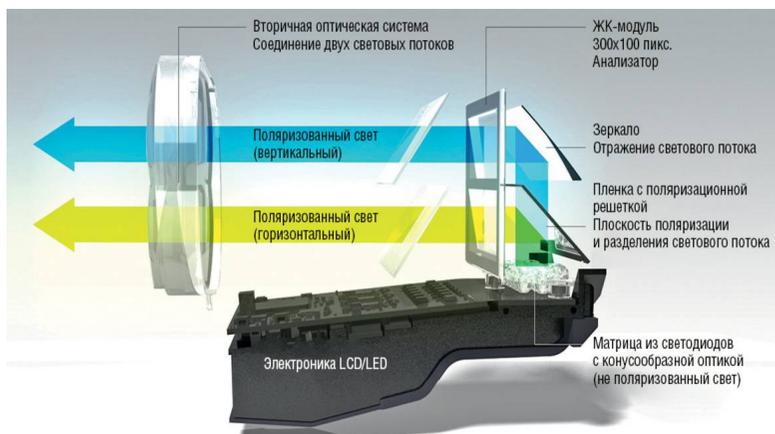


**Рис. 125 - Проекционный принцип формирования светового потока**

Преимуществом этой проекционной системы является отсутствие бликов, благодаря светотеневой границе с любой степенью резкости и малое световое отверстие без потерь мощности. К недостаткам этой системы относятся высокие рабочие температуры, «расположение пучка в спектр» на светотеневой границе и воспринимаемую с дискомфортом высокую яркость линзы.

Матричные формирователи светового потока (матричные фары) выпускаются двух типов.

Первый вариант используется, в основном, для светодиодных фар и представляет собой разделенный на секторы набор светодиодов для ближнего, дальнего света, габаритных огней и указателей поворота. Конструкция объединяет по группам по 5 диодов, которые в совокупности образуют специальную матрицу (рис. 126). В этом случае управление световыми потоками осуществляется через электронный блок управления фарами. При включении водителем опции электронный блок включает соответствующую группу светодиодов.



**Рис. 126 - Устройство матричной фары**

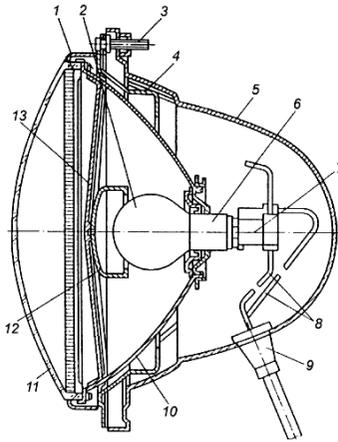
Второй вариант представлен отражателями из микрзеркал смонтированных на электрической плате на подвижных элементах, способных менять угол отражения светого потока со скоростью 5000 раз в минуту. Данные системы используются для лазерных фар.

Использование матричных фар в совокупности с видеокамерами позволяет создать управляемые системы освещения. В частности систему предотвращения встречных и попутных автомобилей, подсвечивание пешехода, находящегося в зоне пересечения траектории движения автомобиля, регулировка мощности светового потока в зависимости от скорости движения автомобиля или места его перемещения (город или загородная трасса).

Фары освещения бывают различных конструкций.

**Круглые фары** с европейской системой светораспределения (рис. 127). Использовались широко до настоящего времени.

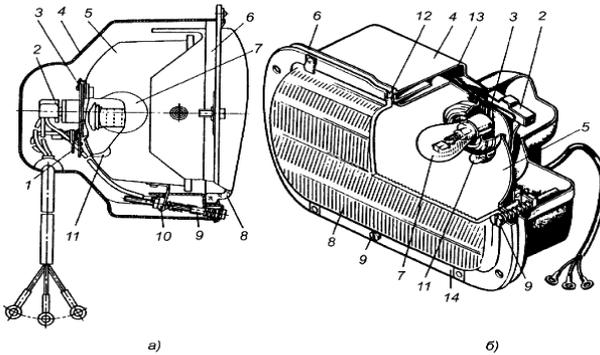
Прямоугольные фары имеют параболидный отражатель, ограниченный снизу и сверху горизонтальными плоскостями. Благодаря увеличению ширины светового отверстия в горизонтальной плоскости обеспечивается лучшее освещение дороги на большом расстоянии (рис. 128, 129).



**Рис. 127 - Автомобильная фара ФГ140:**

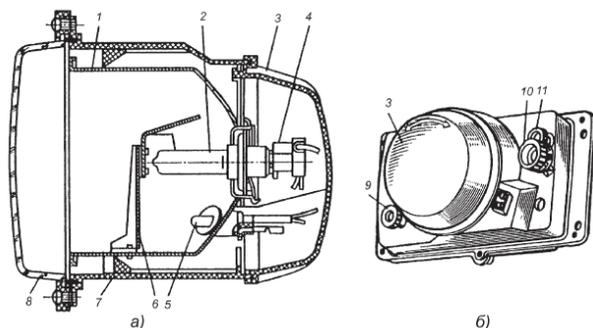
1 – внутренний ободок; 2 – лампа; 3 – регулировочный винт; 4 – опорное кольцо; 5 – корпус; 6 – цоколь лампы; 7 – соединительная колодка; 8 – провода; 9 – держатель проводов; 10 – отражатель; 11 – рассеиватель; 12 – экран; 13 – держатель экрана

**Прямоугольные фары.**



**Рис. 128 - Прямоугольная фара:**

а – устройство; б – внешний вид; 1 – контактная пластина; 2 – соединительная колодка; 3 – металлическая пластина; 4 – пластмассовый кожух; 5 – отражатель; 6 – корпус; 7 – двухнитевая лампа; 8 – рассеиватель; 9 – винт; 10 – пластмассовая гайка; 11 – лампа габаритного огня; 12 – уплотнительная прокладка; 13 – пружинная защелка; 14 – ободок



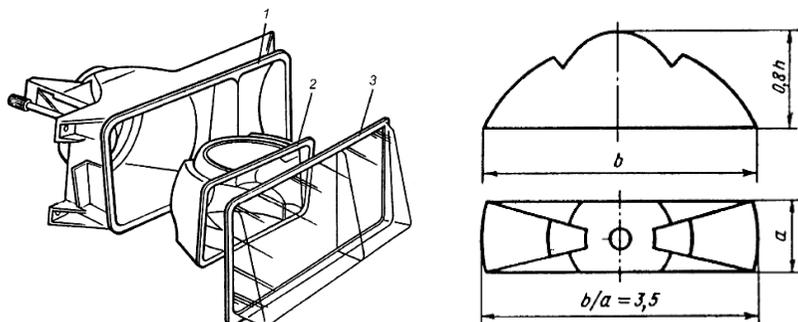
**Рис. 129 - Прямоугольная фара с галогенной лампой:**

*а* – устройство; *б* – расположение ручек регулирования; 1 – от-  
ражатель; 2 – галогенная лампа; 3 – крышка; 4 – соединительная ко-  
лодка; 5 – лампа габаритного огня; 6 – экран; 7 – корпус; 8 – рассеи-  
ватель; 9 – ручка регулирования в горизонтальной плоскости; 10 –  
ручка корректора; 11 – ручка регулирования в вертикальной плоско-  
сти

**Гомофокальные фары.** Для улучшения аэродинамических качеств передняя часть автомобиля должна иметь меньшую высоту, сре-  
занные углы на виде сбоку и в плане. Для таких автомобилей необходи-  
мы фары малой высоты и большой ширины с увеличенной шириной  
луча для ближнего света, что позволяет применять рассеиватели с  
большим углом наклона в двух плоскостях. Кроме того, фары должны  
занимать как можно меньше места в подкапотном пространстве.

Достигнуть требуемых светотехнических характеристик при  
приемлемых соотношениях ширины, высоты и глубины фары позволя-  
ет принцип гомофокальности, т.е. объединения нескольких усеченных  
параболоидных элементов с различным фокусным расстоянием (на-  
пример 20 и 40 мм) при совмещенных положениях их фокусов. Необ-  
ходимый эффект достигается благодаря тому, что излучение от расфо-  
кусированного источника тела накала при ближнем свете происходит у  
различных участков отражателя по-разному. Это зависит от их фокус-  
ного расстояния

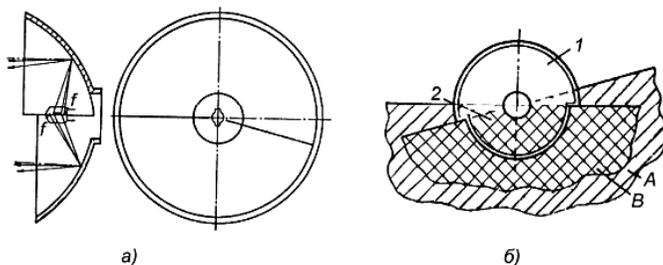
Гомофокальный отражатель (рис. 130) комплектуется из отдель-  
ных секторов разнофокусных отражателей таким образом, чтобы обес-  
печить формирование светораспределения дальнего и ближнего света  
при оптимальных размерах и оптимальной преломляющей структуре  
рассеивателя. Требуемое светораспределение в режимах ближнего и  
дальнего света обеспечивается только отражателем.



**Рис. 130 - Гомофокальная фара:**

*a* - элементы гомофокальной фары: 1 - корпус; 2 - отражатель; 3 - рассеиватель; *b* - относительные размеры отражателей

**Бифокальные фары.** В четырехфарных системах с отдельными режимами освещения используются фары с бифокальным отражателем (рис. 131) ближнего света со смешанной светотехнической системой. Отражатель такой фары состоит из двух частей с положением фокальных точек по разные стороны от тела накала источника света и границей раздела между частями отражателя.



**Рис. 131 - Бифокальный отражатель фары ближнего света:**

*a* - конструктивная схема; *b* - зоны светораспределения; 1, 2 - соответственно верхняя и нижняя части отражателя; А, В - зоны светораспределения, образованные соответственно верхней и нижней частями отражателя

Граница раздела зеркально соответствует форме, создаваемой светотеневой границей асимметричного светораспределения ближнего света. Рассеиватели приборов систем освещения с разделенными режимами имеют относительно простую преломляющую структуру.

**Противотуманные фары.** Противотуманные фары предназначены для улучшения видимости при движении в тумане, снегопаде и других тяжелых метеорологических условиях. Необходимость использования специальных противотуманных фар обусловлена тем, что светораспределение головных фар при включении их в туманах, ливневых дождях, снегопадах ухудшает условия видимости. Основной причиной ухудшения видимости из автомобиля в туманах и осадках при включенных фарах головного света является характер светораспределения головных фар (дальнего и ближнего света), обуславливающий относительно малый градиент изменения сил света в пучке фар в вертикальной плоскости, что при увеличенном рассеянии на частичках дождя и тумана резко снижает яркостный контраст.

Противотуманные фары могут иметь круглое или прямоугольное световое отверстие (рис. 132). Их встраивают в кузов, бампер или прикрепляют к бамперу автомобиля с помощью кронштейна. Противотуманные фары могут входить в состав блок-фар.

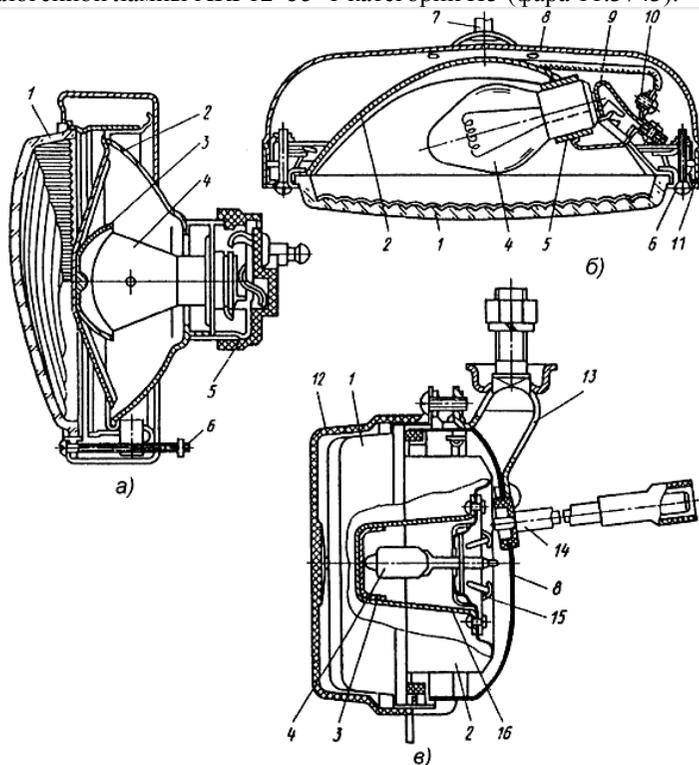


**Рис. 132 - Противотуманные фары:**

*а – круглые с лампой накаливания; б – прямоугольные навесные с лампой накаливания; в – прямоугольные встраиваемые с лампой накаливания; г – прямоугольные с галогеновой лампой; д – светодиодные; е – П.3743 с галогенной лампой*

Оптическая система противотуманной фары включает отражатель 2 (рис. 133) параболического типа, рассеиватель 1, лампу 4, нить накала которой расположена в фокусе отражателя, и экран 3. Лампу устанавливают в патроне 5 (фары ФГ119) или в специальном держателе-

ле 15 галогенной лампы АКГ12-55-1 категории НЗ (фара 11.3743).

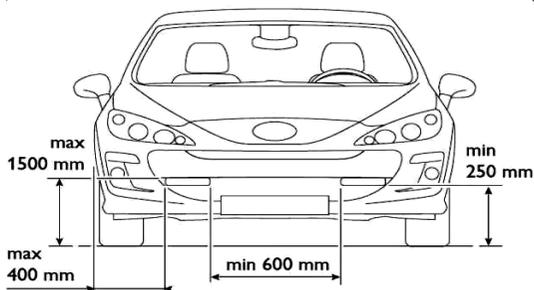


**Рис. 133 - Устройство противотуманных фар:**

*а – ФГ119; б–ФГ120Б; в – 11.3743; 1 – рассеиватель; 2 – отражатель; 3 – экран; 4 – лампа; 5 – патрон; 6 – регулировочный винт; 7 – шаровая опора; 8 – корпус; 9 – контактная пластина; 10 – зажим; 11 – ободок; 12 – защитная крышка; 13 – кронштейн крепления; 14 – провод; 15 – пружинный держатель лампы; 16 – держатель экрана*

Особенностью противотуманных фар является то, что они формируют не направленный свет, а широкий, распространяющийся в основном в горизонтальной плоскости. Из-за такого, не направленного освещения, не происходит рассеивания светового потока, и становится возможным осветить дорогу перед автомобилем и обочину.

Противотуманные фары располагаются ближе к земле, их установка регламентируется ГОСТ Р 41.48-2004 п. 6.3.



**Рис. 134 - Нормативные требования ГОСТ и ПДД установки противотуманных фонарей**

Дневные ходовые огни (Daytime running lights, ДХО) располагаются на внешней стороне автомобиля. Основное, главное и единственное предназначение ходовых огней - улучшение видимости транспортного средства при движении на дороге.

Как отдельные устройства ходовые огни ДХО стали появляться в Скандинавских странах. На законодательном уровне именно в этих странах было разрешено использовать ходовые огни отдельно от ближнего света фар в дневное время.

В соответствии с законодательной базой ДХО включаются с момента завода автомобиля и гаснут в момент включения ближнего света. Ездить со включенными световыми приборами нельзя.

Позже ДХО стали использоваться в европейских странах: Франции, Норвегии, Италии, а затем и в остальных. В настоящее время во всем мире автомобили европейского производства выпускаются с конвейера с установленными ходовыми огнями ДХО. Первые ДХО были на основе галогенных ламп. Современные - только с использованием светодиодов (светодиодные ходовые огни)

По международным стандартам ЕЭК №48 LED ходовые огни DRL должны иметь излучатели площадью от 25-400 см<sup>2</sup> и силой света от 400, но не более 800 Кд. ДХО устанавливаются в соответствии с ГОСТ Р 41.48-2004 (п. 6.19) на расстоянии не ниже 250 мм не выше 1500 мм от земли (полотна дороги). Минимальное расстояние между внутренними краями ДХО составляет 600 мм, а от края автомобиля не более 400 мм (рис. 135).



Рис. 135 - Нормативные требования ГОСТ и ПДД установки

ДХО

## 7.2 Светосигнальные приборы

На автомобиле установлено большое число светосигнальных приборов. Автомобиль имеет габаритные огни, сигналы торможения, указатели поворота, стояночные огни и световозвращатели.

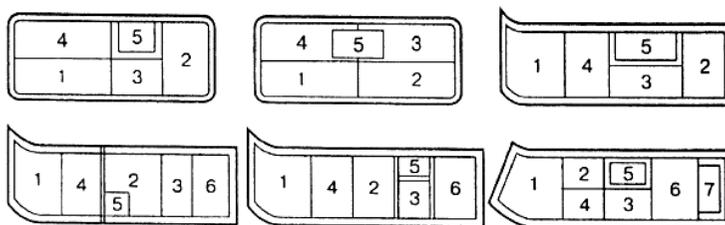
Форма, размеры и расположение светосигнальных приборов должны отвечать установленным нормам и соответствовать внешнему виду модели автомобиля.

*Отдельным* считается световой прибор с одним или несколькими параллельно включенными источниками света и одной светящейся поверхностью, собранный в отдельном корпусе.

*Комбинированный* световой прибор имеет один источник света (или несколько параллельно включенных и одновременно светящихся источников света), один корпус, но две или несколько светящихся поверхностей.

*Совмещенный* световой прибор имеет разные источники света или один источник света, работающий в разных режимах, одну светящуюся поверхность и один корпус. Двухнитевая лампа в совмещенном световом приборе, объединяющем функции заднего габаритного огня и сигнала торможения, считается за два источника света.

*Сгруппированный* световой прибор объединяет в одном корпусе несколько самостоятельных световых приборов с отдельными источниками света и отдельными светящимися отверстиями. Каждый из сгруппированных вместе световых приборов может иметь несколько источников света и несколько светящихся отверстий. В сгруппированном световом приборе сигнальные фонари могут располагаться горизонтально и вертикально (рис. 136).

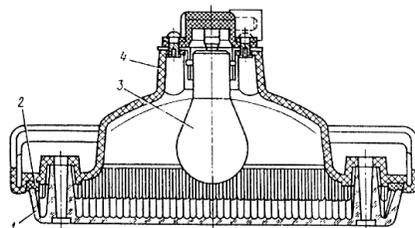


**Рис. 136 - Примеры расположения светосигнальных секций в задних левых группированных световых приборах:**

*1 – указатель поворота (оранжевый); 2 – сигнал торможения (красный); 3 – фонарь заднего хода (белый); 4 – габаритный огонь (красный); 5 – световозвращатель (красный); 6 – противотуманный фонарь (красный); 7 – фонарь освещения номерного знака (белый)*

На легковых автомобилях устанавливают встроенные фонари. Выносные фонари широко используют на грузовых автомобилях. Их крепят к кронштейнам или другим деталям кузова.

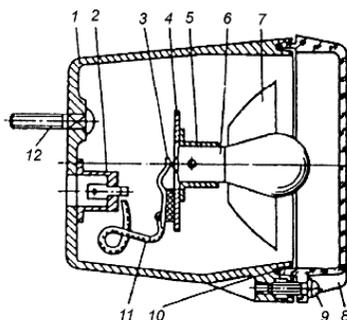
Светораспределение светосигнального фонаря зависит от типа его *оптической системы* – *линзовой* или *смешанной*. В линзовой оптической системе требуемые сила света и светораспределение обеспечиваются одним рассеивателем (без отражателя). К приборам с линзовой оптической системой относятся габаритные и стояночные огни, боковые повторители указателей поворота и др. Такие приборы состоят из корпуса *4*, лампы *3* накаливания и рассеивателя *1* с линзовыми или призматическими микроэлементами (рис. 137). Внутренняя поверхность корпуса может быть окрашена в белый цвет.



**Рис. 137 - Светосигнальный фонарь с линзовой оптической системой:**

*1 – рассеиватель; 2 – герметизирующая прокладка; 3 – лампа; 4 – корпус*

В смешанных оптических системах необходимое светораспределение создается отражателем 7 и рассеивателем 8 (рис. 138). Рассеиватель перераспределяет световой поток от отражателя и лампы 6. Не-преобразованный световой поток от лампы улучшает светотехнические характеристики светосигнальных приборов. Благодаря большой силе света в заданных углах геометрической видимости, создаваемой смешанной оптической системой, ее применяют в сигналах торможения и указателях поворота. Световой поток лампы наилучшим образом используется при установке в корпус 1 параболического отражателя.



**Рис. 138 - Конструктивная схема сигнального фонаря со смешанной оптической системой:**

*1 – корпус; 2 – штукерный разъем; 3 – пружинный контакт; 4 – монтажная панель; 5 – патрон лампы; 6 – лампа; 7 – отражатель; 8 – рассеиватель; 9 – винт крепления; 10 – резиновая прокладка; 11 – соединительный провод; 12 – болт крепления фонаря*

**Габаритные огни.** Два передних и два задних габаритных огня сигнализируют о наличии и примерной ширине транспортного средства. Габаритные огни должны работать в постоянном режиме.

Габаритные огни по функциональному назначению и размещению подразделяются на передний, задний и боковые.

Передние габаритные огни еще называют парковочными лампами или подфарниками. Их расположение – по краям передней части авто, на одной линии. На грузовом транспорте их выносят на крылья. В этом месте они располагаются и на старых легковых моделях. Свет – белый.

Сзади автомобиля устанавливаются задние габаритные огни. Их расположение – по одной линии с боковых сторон. На автобусах и грузовиках задние габариты дополнительно устанавливают в верхней части. Являются составным элементом блок-фар и имеют исключительно

красный свет.

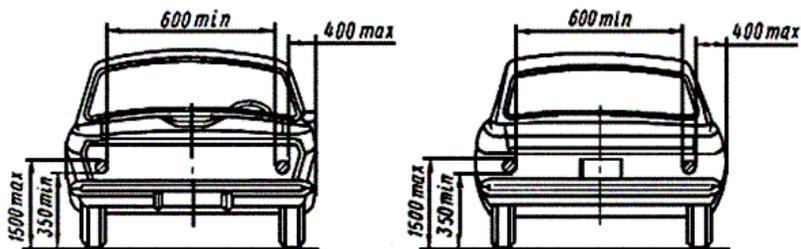


Рис. 135 - Нормативные требования установки габаритных огней

Боковые габаритные огни обозначают границы автомобиля сбоку. Применяются для механических транспортных средств и прицепов. Должны излучать желтый цвет, в некоторых случаях – красный.

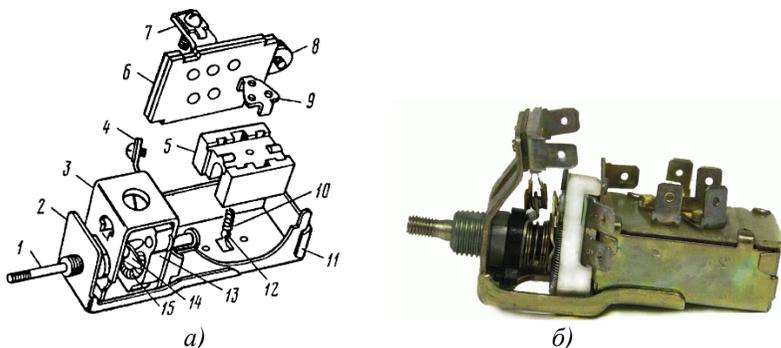
### 7.3 Коммутационные аппараты

Для управления приборами освещения и световой сигнализации применяют центральные, дополнительные и комбинированные переключатели света, переключатели и электромагнитные или электронные прерыватели тока указателей поворота, выключатели наружного и внутреннего освещения, щитка приборов, сигналов торможения, противотуманных фар, фонарей заднего хода и т.д., имеющими общее название - коммутационная аппаратура.

#### Переключатели.

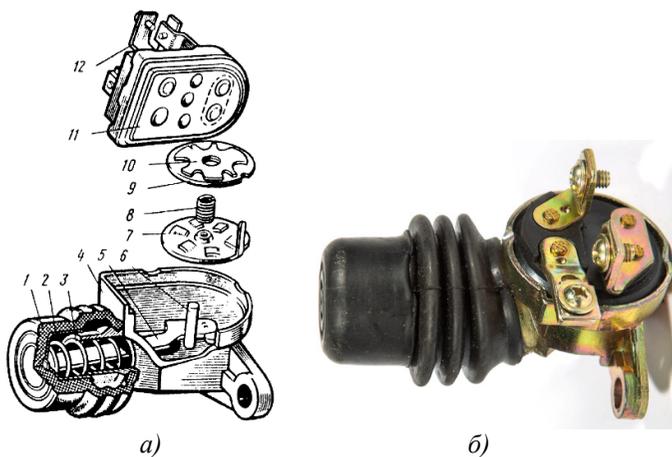
В центральном переключателе света ползункового типа неподвижные контакты панели 6 (рис. 136) замыкаются контактной пластиной 9 каретки 5 из изоляционного материала. Каретка, перемещаемая штоком 1, надежно фиксируется в трех положениях шариком 12 с пружиной 10. Реостат 15 в цепи электроснабжения ламп контрольно-измерительных приборов размещен на изоляторе 13. Сопrotивление реостата изменяют перемещением подвижного контакта 14, закрепленного на штоке 1. Переключатель собран в корпусе 11 и с помощью кронштейна 2 закреплен на приборной панели. Усилие при перемещении штока составляет 20–40 Н.

Дополнительный ножной переключатель света (рис. 137) обеспечивает переход с ближнего света фар головного освещения на дальний или при соответствующей схеме включения световых приборов – от габаритных огней передних фонарей на ближний свет фар.



**Рис. 136 - Центральный переключатель света:**

*а - устройство: 1 – шток; 2 – кронштейн крепления; 3 – корпус реостата; 4 – вывод реостата; 5 – каретка; 6 – контактная панель; 7, 8 – выводы переключателя; 9 – контактная пластина; 10 – пружина; 11 – корпус; 12 – шарик; 13 – изолятор реостата; 14 – подвижный контакт реостата; 15 – реостат; б - внешний вид*



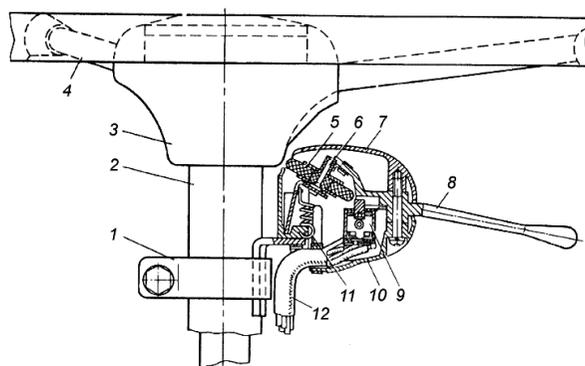
**Рис. 137 - Ножной переключатель света:**

*а - устройство: 1 – защитный резиновый колпачок-уплотнитель; 2 – плунжер; 3 – пружина штока; 4 – корпус; 5 – шток; 6 – ось; 7 – храповик; 8 – пружина храповика; 9 – текстолитовая шайба; 10 – контактная пластина; 11 – контактная панель; 12 – вывод; б - внешний вид*

В корпусе 4 переключателя установлен плунжер 2 с пружиной 3

штока 5. При нажатии на резиновый колпачок-уплотнитель 1 плунжер 2 через шток 5 поворачивает храповик 7 и текстолитовую шайбу 9 с латунной контактной пластиной 10. Последняя замыкает контакты на контактной панели 11 в соответствии со схемой коммутации переключателя. Пружина 8 фиксирует храповик 7 в корпусе 4 и обеспечивает надежное соединение контактных пар. При снятии усилия с колпачка-уплотнителя 1 пружина 3 возвращает плунжер 2 в исходное положение. При повторном нажатии на колпачок-уплотнитель контактная пластина 10 замыкает другую пару контактов на контактной панели 11. Резиновый колпачок-уплотнитель защищает внутренние полости переключателя от проникновения влаги и грязи. Устанавливается ножной переключатель на наклонном полу кабины водителя слева.

**Отдельные переключатели.** Используются для переключения указателя поворота. Переключатель (рис. 138) устанавливается на рулевой колонке и состоит из механического привода, обеспечивающего ручное включение и автоматическое отключение, и переключателя 9, предназначенного для соединения электрической цепи сигнальных ламп указателей поворота с источниками тока.

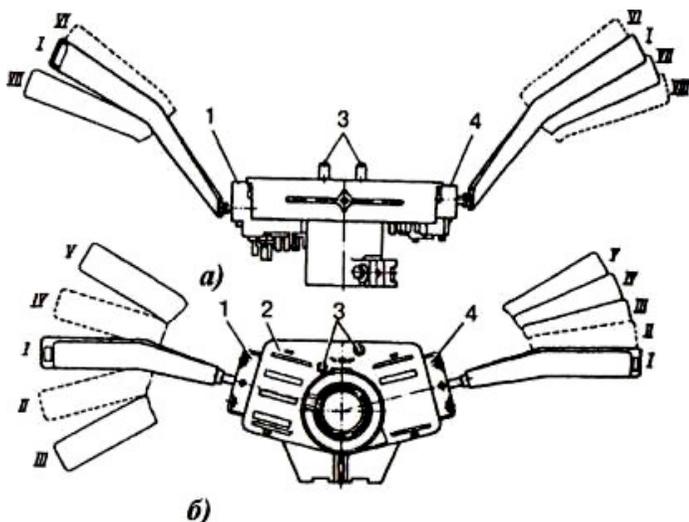


**Рис. 138 - Переключатель указателей поворота:**

1 – хомут крепления переключателя; 2 – рулевая колонка; 3 – ступица рулевого колеса; 4 – рулевое колесо; 5 – ролик; 6 – ось ролика; 7 – крышка переключателя; 8 – рычаг; 9 – переключатель; 10 – корпус переключателя; 11 – пружина; 12 – провод

Многофункциональный комбинированный переключатель (рис. 139) с помощью соединителя 2 и хомута закреплен на кронштейне рулевой колонки. Комбинированный переключатель содержит два самостоятельных переключателя, установленных и зафиксированных с по-

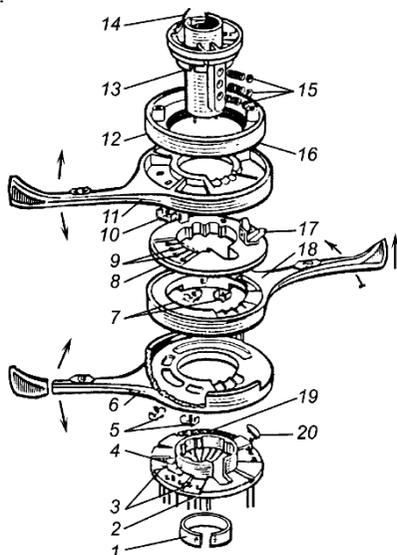
мощью пружинных защелок в соответствующих гнездах соединителя. Левый переключатель 1 коммутирует цепи наружного освещения, указателей поворота и фар головного освещения, а правый -- цепи систем очистки лобового и заднего стекол автомобиля и стекол фар головного освещения. При перемещении водителем рычага переключателя 1 от себя (положения VII рычага) включается дальний свет фар. В нефиксируемом положении VII рычага переключателя 1 обеспечивается включение дальнего света фар при световой сигнализации. Жгут проводов к обоим переключателям присоединяется штекерными колодками.



**Рис. 139 - Многофункциональный комбинированный переключатель 681.3709:**

*а* -- положение рычагов переключателя вдоль оси рулевого колеса; *б* -- положение рычагов переключателя при перемещении вокруг рулевой колонки; / -- переключатель наружного освещения указателей поворота и света фар; 2 -- соединитель; 3 -- контактные штифты звуковых сигналов; 4 -- переключатель стеклоочистителя и стеклоомывателя светом фар. Это положение рукоятки не фиксируется. При перемещении водителем рукоятки на себя возможны четыре фиксированных положения: 1-е -- все выключено; 2-е -- включены передние и задние габаритные огни; 3-е -- включены габаритные огни в сочетании с ближним светом фар головного освещения; 4-е -- включены габаритные огни в сочетании с дальним светом фар головного освещения

Трехрычажный комбинированный переключатель для легковых автомобилей (рис. 140) состоит из переключателей света фар, указателей поворота, стеклоочистителя, стеклоомывателя и выключателя звукового сигнала. Дальний и ближний свет фар переключаются за счет перемещения вокруг оси рычага 6. Перемещением рычага вдоль рулевой колонки водителем на себя обеспечивается независимое включение дальнего света.



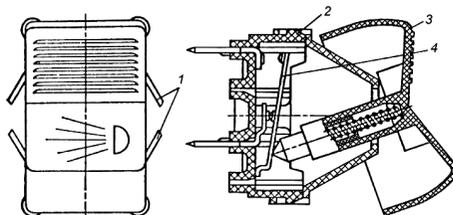
**Рис. 140 - Комбинированный переключатель:**

1 – стопное кольцо; 2 – корпус переключателя света; 3 – контакты ближнего и дальнего света; 4 – выключатель электродвигателя омывателя ветрового стекла; 5 – контактные пластины переключателя света фар; 6 – рычаг переключения света фар; 7 – контактные пластины переключателя указателей поворота; 8 – корпус переключателя указателей поворота; 9 – контакты переключателя указателей поворота; 10 – контактная пластина переключателя указателей поворота; 11 – рычаг переключателя указателей поворота; 12 – диск автоматического выключения переключателя указателей поворота; 13 – ступица; 14 – контактная пластина кнопки звукового сигнала; 15 – шариковые фиксаторы; 16 – выступы; 17 – собачка автоматического выключения указателей поворота; 18 – рычаг переключателя стеклоочистителя; 19 – контакты переключателя стеклоочистителя; 20 – выключатель, обеспечивающий сигнализацию дальним светом фар

Указатели поворота включаются поворотом рычага 11. При этом контактная пластина 10 соединяет соответствующие контакты 9, а собачка 17, вращаясь вокруг своей оси, позволяет одному из ее плеч занять вертикальное положение. Переключатель указателей поворота автоматически выключается после завершения маневра. Когда водитель возвращает рулевое колесо в исходное положение, выступ 16 диска 12 переводит собачку 17 и вместе с ней рычаг 11 в нейтральное положение.

### Выключатели

Клавишный выключатель (рис. 141) с соответствующим символом на клавише, имея два фиксированных положения, выключает лампы габаритных огней, лампы фонарей освещения номерного знака, освещения багажника, а также соединяет с источником тока переключатель света фар и выключатель освещения приборной панели. Выключатель закрепляется в отверстиях приборной панели с помощью пружинных распорок 1 на его корпусе 4. Клавишный выключатель освещения приборной панели обычно действует только при включенных наружном освещении и зажигании.



**Рис. 141 - Клавишный выключатель:**

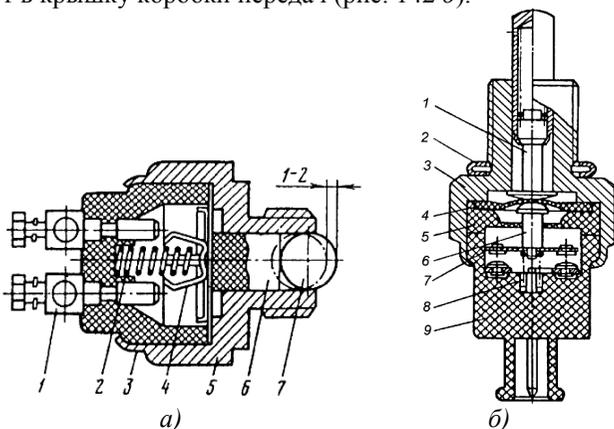
*1 - пружинные распорки; 2 - клавиша; 3 - контактная пластина; 4 - корпус*

Выключатели фонаря заднего хода устанавливаются в коробке передач и служат для автоматического включения фонаря при движении автомобиля задним ходом. При соответствующем положении рычага переключения передач замыкаются контакты в цепи электропитания фонарей заднего хода. Рычаг коробки передач воздействует на шарик, замыкает контакты с выводами 1 контактной пластиной 4.

Выключатели фонаря заднего хода устанавливаются в коробке передач и служат для автоматического включения фонаря при движении автомобиля задним ходом. При соответствующем положении рычага переключения передач замыкаются контакты в цепи электропитания фонарей заднего хода. Рычаг коробки передач, воздействуя

на шарик 7 (рис 142 а), замыкает контакты с выводами 1 контактной пластиной 4.

Выключатель с использованием уплотнительного кольца 2 свернут в крышку коробки передач (рис. 142 б).



**Рис. 142 - Выключатели фонаря заднего хода:**

*а - механического действия: 1 – вывод; 2 – пружина; 3 – изолятор; 4 – контактная пластина; 5 – корпус; 6 – толкатель; 7 – шарик; б - с уплотнительным кольцом: 1 – приводной шток; 2 – уплотнительное кольцо; 3 – корпус; 4 – мембрана; 5 – вставка; 6 – изолирующий плунжер; 7 – подвижный контакт; 8 – пружина подвижного контакта; 9 – основание выключателя*

При включении передачи заднего хода приводной шток 1, расположенный в корпусе 3, через диафрагму и изолирующий плунжер 6 воздействует на подвижный контакт 7, замыкая контактную систему в основании 9 выключателя.

В соответствии с типом привода тормозной системы на автомобилях применяются выключатели сигналов торможения с механическим, гидравлическим или пневматическим приводом.

Все выключатели, независимо от типа, имеют три исполнения под различное напряжение бортовой электросети - 6, 12 и 24 В. При этом электрическое соединение может выполняться с помощью установленного на корпусе прибора или вынесенного за его пределы (с помощью кабеля) электрического разъема различных типов:

- с ножевыми (плоскими) контактами;
- с штыревыми контактами;
- с штыревыми или ножевыми контактами с защитной пласти-



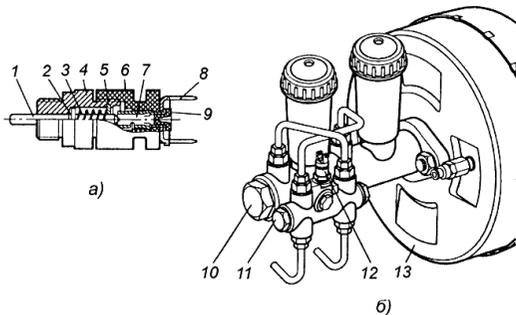
- с баойнетным (поворотным) креплением;
- клеммы с винтовыми зажимами.

Выключатель с механическим приводом (рис. 143 а) устанавливается над тормозной педалью на специальном кронштейне. При нажатии на педаль освобождается шток 5 и под действием пружины замыкает контакты выключателя, находящиеся в цепи электроснабжения сигнала торможения.

В гидравлическом выключателе (рис. 143 б) пружина 3, отжимая диафрагму 5 с контактным диском 4, размыкает контактную систему. Выключатель установлен в тройнике главного тормозного цилиндра тормозного гидропривода. При торможении под давлением жидкости, поступающей в корпус выключателя, диафрагма прогибается и, преодолевая сопротивление пружины, замыкает контакты выключателя, находящиеся в цепи электроснабжения сигнала торможения.

Аналогично работает выключатель сигнала торможения с пневмоприводом при поступлении в него сжатого воздуха из пневматической тормозной системы (рис. 143 в).

Контроль состояния тормозной системы осуществляется через контрольную лампу на приборном щитке. Включение лампы осуществляется через выключатель (рис. 144). Токпроводящий штекер выключателя замыкается на массу контактом 7, находящимся в держателе 6, при перемещении плунжера 1 в случае нарушения герметичности в одном из контуров рабочей тормозной системы.

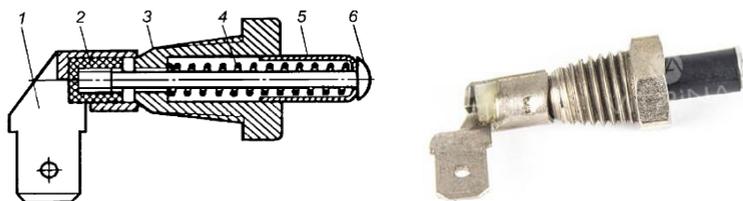


**Рис. 144 - Выключатель сигнального устройства:**

*а* – устройство; *б* – размещение в гидроприводе тормозной системы; 1 – плунжер; 2 – замыкатель; 3 – пружина; 4 – корпус; 5 – шайба; 6 – держатель; 7 – контакт; 8 – штекер; 9 – заглушка; 10 – главный тормозной цилиндр; 11 – сигнальное устройство; 12 – выключатель; 13 – вакуумный усилитель

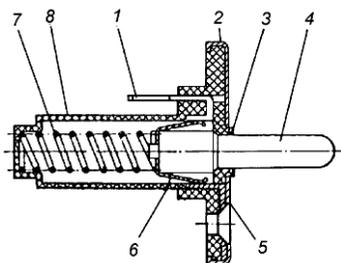
После восстановления работоспособности тормозной системы плунжер возвращается в исходное состояние под действием пружины 3.

Выключатель контрольной лампы стояночной тормозной системы (рис. 145) установлен на кронштейне в механизме привода тормозной системы. При снятии усилия со штифта 6 выключателя под действием пружины 4, расположенной в направляющей 5, штекерный контакт 1 соединяется с массой через корпус 3 выключателя, ввернутый непосредственно в кузов автомобиля.



**Рис. 145 - Выключатель контрольной лампы стояночной тормозной системы:**

1 – штекерный контакт; 2 – изолятор контакта; 3 – корпус выключателя; 4 – пружина; 5 – направляющая штекера; 6 – штифт с кнопкой



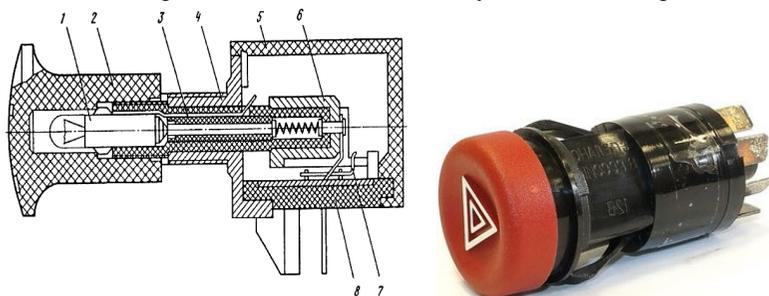
**Рис. 146 - Выключатель лампы подкапотного пространства:**

1 – штекер; 2 – крышка; 3 – втулка; 4 – шток; 5 – контактная пластина; 6 – подвижной контакт; 7 – пружина; 8 – корпус

Подкапотный фонарь при открывании капота включается выключателем (рис. 146). При снятии усилия на шток 4 со стороны капота подвижный контакт 6 под действием пружины 7 замыкает токопроводящий штекер 1 и контактную пластину 5, соединяющую выключатель с массой кузова автомобиля через крышку 2 выключателя и винт его крепления.

Выключатель аварийной световой сигнализации (рис. 147) слу-

жит для одновременного включения всех указателей поворота.



**Рис. 147 - Выключатель аварийной световой сигнализации:**

1 – контрольная лампа; 2 – ручка; 3 – шток; 4 – корпус; 5 – крышка; 6 – каретка; 7 – контактная пластина; 8 – основание с выводами

### Реле-прерыватели

Реле-прерыватели предназначены для работы в режиме маневрирования, когда мигают лампы указателей поворота одного борта автомобиля и трактора, и в режиме аварийной сигнализации, при котором мигают лампы указателей поворота двух бортов одновременно.

Для формирования прерывистого светового сигнала указателей поворота применяют *электромагнитные* и *электронные* реле-прерыватели.

Реле-прерыватели выполняют следующие функции:

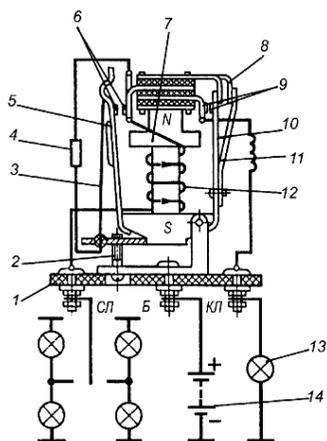
- генерацию импульсов напряжения, подаваемых на лампы указателей поворота и боковых повторителей;
- выдачу информации об отказе в работе любой из сигнальных ламп указателей поворота.

В электромагнитном реле-прерывателе (рис. 148) установлен сердечник 7 электромагнита с обмоткой 12. К сердечнику прикреплены два якоря 5 и 10 с подвижными контактами, а также изолированные неподвижные контакты.

При включении правого или левого поворота поступающий на вывод "Б" реле-прерывателя ток от аккумуляторной батареи 14 проходит через сердечник 7 электромагнита, якорь 5, нихромовую струну 3, резистор 4, обмотку 12 и далее с вывода "СЛ" через переключатель на сигнальные лампы указателей поворота соответствующего борта автомобиля.

Контакты 6 в разомкнутом состоянии удерживает струна 3, закрепленная в изолирующей стеклянной бусинке. При прохождении

тока струна нагревается и удлиняется, ее натяжение уменьшается. Сердечник 7 электромагнита притягивает якорь 5. Контакты 6 замыкаются, и ток к сигнальным лампам указателей поворота подводится, минуя резистор 4 и струну 3. Лампы горят полным накалом. Отключенная струна 3 охлаждается, становится короче и размыкает контакты 6. Далее процесс повторяется. Реле прерыватель обеспечивает проблесковый режим работы лампы с частотой  $90 \pm 30$  циклов в 1 мин.



**Рис. 148** Электромагнитное реле-прерыватель указателей поворота:

1 – основание; 2 – регулировочный винт; 3 – струна; 4 – резистор; 5, 10 – якорь; 6 – контакты в цепи сигнальных ламп; 7 – сердечник электромагнита; 8 – металлическая планка; 9 – контакты в цепи контрольной лампы; 11 – пластина; 12 – обмотка электромагнита; 13 – контрольная лампа; 14 – аккумуляторная батарея

В результате увеличения силы тока в обмотке 12 электромагнита после замыкания контактов 6 к сердечнику 7 притягивается якорь 10, подпружиненный плоской пластиной 11, и через замкнутые контакты 9 ток поступает к контрольной лампе 13.

В случае перегорания одной из ламп указателей поворота сила тока в обмотке электромагнита уменьшается. Намагничивающей силы электромагнита уже будет недостаточно для притягивания якоря 10 и замыкания контактов 9, поэтому контрольная лампа не загорается. При этом уменьшается также частота мигания исправных ламп указателей поворота.

Электронные реле указателей поворотов построены по тому же

принципу, что и тепловые, но вместо проволоки из нихрома здесь действует электронная схема из транзисторов. В управляющую микросхему заложен алгоритм, благодаря которому производятся автоматические импульсы, в определенные моменты подающие ток на обмотку сердечника. При включении указателей поворота или аварийной сигнализации конденсатор начинает заряжаться. Одновременно параллельно резистору подключается цепочка резистор – диод через замкнутые контакты прерывателя и нити накаливания соответствующих ламп поворота. Это приводит к понижению потенциала эмиттера транзистора, транзисторы переходят в состояние насыщения, ток поступает в обмотку реле, контакты замыкаются и включают лампы указателей поворота. При этом конденсатор начинает разряжаться, но удерживает транзистор в состоянии насыщения. После разряда транзисторы переходят в режим отсечки, электроснабжение обмотки реле прекращается, яркость свечения ламп падает. Затем процесс повторяется.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Классификация и назначение приборов автомобильной системы освещения.*
- 2. Назначение отражателей, и какие виды отражателей применяются в световых приборах автомобилей?*
- 3. Назначение рассеивателей, и какие виды рассеивателей применяются в световых приборах автомобилей?*
- 4. Классификация и устройство источников (ламп) автомобильной системы освещения и световой сигнализации.*
- 5. Устройство и принцип формирования светового пучка фар с параболическим отражателем.*
- 6. Устройство и принцип формирования светового пучка фар с бифокальным отражателем.*
- 7. Устройство и принцип формирования светового пучка противотуманных фар.*
- 8. Особенности устройства и принципа формирования луча фар ближнего света европейской (асимметричной) системы освещения.*
- 9. Особенности устройства и принципа формирования луча фар ближнего света американской (симметричной) системы освещения.*

## **8 ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛЫ**

Звуковые сигналы автомобиля используют для оповещения пе-

шеходов и водителей о приближении автомобиля или о состоянии его рабочих агрегатов. Звуковой сигнал включается также в систему "автомобильного сторожа" или автомобильная противоугонная система.

По характеру звучания сигналы подразделяют на шумовые и тональные, а по устройству - на рупорные и безрупорные. Шумовые сигналы являются безрупорными, тональные - рупорными.

Питание сигналов постоянным током осуществляется от сети автомобиля.

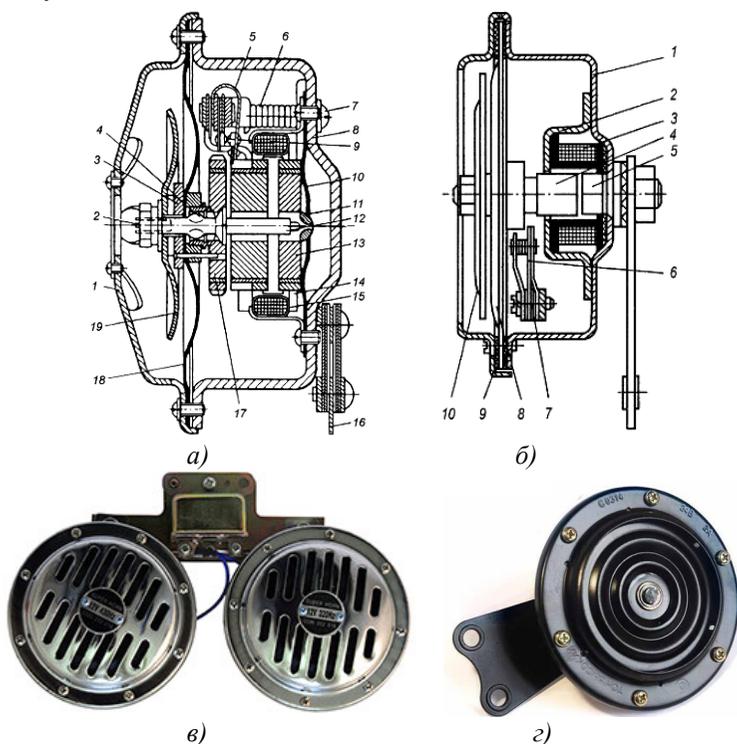
Принцип работы шумовых и тональных сигналов аналогичен. Основным их исполнительным элементом является электромагнит, катушка которого подключается к сети питания через контакты прерывателя. Якорь электромагнита связан со звукоизлучающей мембраной.

При протекании тока по катушке электромагнита его якорь притягивается к сердечнику, и мембрана прогибается. Одновременно происходит размыкание контактов прерывателя, катушка электромагнита обесточивается, якорь под действием упругой силы мембраны возвращается в исходное положение, замыкая контакты прерывателя. Таким образом, процесс притягивания и отпускания якоря становится периодическим, возникают колебания якоря вместе с мембраной. От частоты колебаний якоря зависит высота тона излучаемого звука. По основной частоте звука сигналы делят на сигналы высокого и низкого тонов.

Основными характеристиками звуковых сигналов являются уровень звукового давления (в децибелах) и спектральный состав звука. Звуковое давление должно быть в пределах 85–125 дБ. Основная частота звука составляет 200–400 Гц. Обычно на автомобилях используется одновременное включение сигналов низкого и высокого тонов. Основные частоты звука этих сигналов гармонично сочетаются. Разница основных частот звука сигналов высокого и низкого тонов составляет 65–100 Гц. Наибольшее воздействие оказывают на слуховые органы человека и хорошо слышны в кабине обгоняемого автомобиля при высоком уровне посторонних шумов звуковые сигналы, частотный спектр которых находится в пределах 1800–3550 Гц. Поэтому размеры, материалы и конфигурацию мембран, резонаторов и других звукоизлучающих деталей подбирают таким образом, чтобы вся звуковая энергия сигнала была сконцентрирована в этом диапазоне.

Безрупорный шумовой сигнал (рис. 149 *a*) имеет резонатор 19 в виде чашеобразного диска, который колеблется вместе с мембраной 18. Один вывод безрупорного шумового сигнала постоянного тока соединен с аккумуляторной батареей, а второй – с выключателем, замыкающим цепь электроснабжения обмотки 15 электромагнита 13 на

массу.



**Рис. 149 - Безрупорные шумовые сигналы:**

*а, в - автомобильный: 1 - крышка; 2 - шлицы для регулировки; 3 - прижимная шайба; 4 - шпоночный выступ; 5 - пружинная пластина прерывателя; 6 - пружина регулировочного винта; 7 - регулировочный винт; 8 - корпус; 9 - контакты прерывателя; 10 - центрирующая пружина; 11 - упор стержня; 12 - стержень; 13 - сердечник электромагнита; 14 - конденсатор; 15 - обмотка электромагнита; 16 - пружинная подвеска; 17 - якорь; 18 - мембрана; 19 - резонатор;*  
*б, г - тракторный: 1 - крышка; 2 - мембрана; 3 - электромагнит; 4 - якорь; 5 - сердечник электромагнита; 6 - прерыватель; 7 - регулировочный винт; 8 - регулировочная прокладка; 9 - корпус; 10 - резонатор*

При включении сигнала электромагнит притягивает якорь 17, вместе с которым перемещается мембрана 18 с резонатором 19. В конце хода якорь нажимает на пружинную пластину 5, размыкая контакты

9 прерывателя. Цепь электроснабжения электромагнита размыкается, и под действием упругой силы мембрана движется в обратном направлении, вновь замыкая контакты 9 прерывателя. Далее цикл движения якоря с мембраной периодически повторяется.

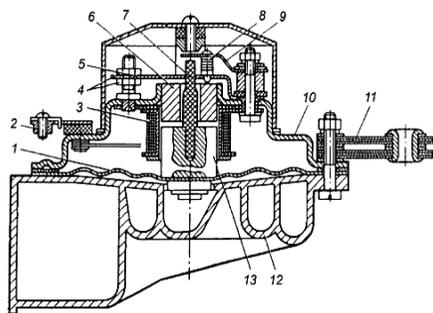
Вибрация мембраны передается резонатору 19. От частоты колебаний мембраны и резонатора зависит высота тона звучания сигнала и нужный частотный диапазон звукоизлучения. Качество звучания сигнала регулируется винтом 7, головка которого расположена с внешней стороны корпуса 8. Регулировочный винт изменяет положение контактов 9 прерывателя относительно якоря 17.

Мембрана 18 по периферии зажимается между корпусом 8 и крышкой 1. Центральная часть мембраны жестко связана с якорем.

Подбором прокладок между корпусом и мембраной регулируется зазор между якорем 17 и сердечником 13 электромагнита.

Работа тракторного звукового сигнала имеет (рис. 149 б) аналогична.

Рупорный тональный сигнал имеет корпус 10, электромагнит с обмоткой 3, сердечником 6 и якорем 13, прерыватель с контактами 8 и мембрану 1 (рис. 150). Резонатором в тональном сигнале является столб воздуха, заключенный в рупоре 12. Конфигурация рупора обеспечивает взаимную настройку частот колебаний мембраны и воздушного столба, чем достигается получение громкого звука определенного тона.



**Рис. 150 - Тональный рупорный сигнал:**

1 – мембрана; 2 – изолированный вывод обмотки; 3 – обмотка электромагнита; 4 – регулировочные гайки; 5 – пластина неподвижного контакта; 6 – сердечник электромагнита; 7 – упорный штифт; 8 – контакты; 9 – пружина подвижного контакта; 10 – корпус; 11 – подвеска сигнала; 12 – рупор; 13 – якорь

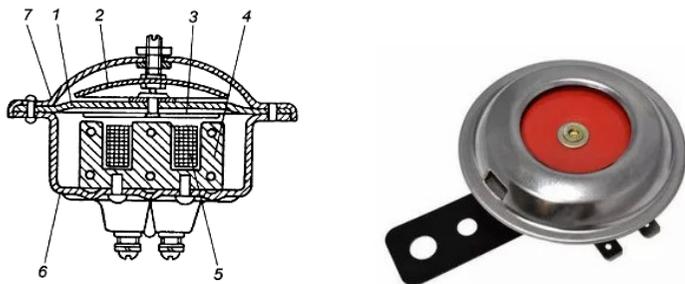
Конец рупора расширяется для эффективного излучения звука.

Мембрана установлена между корпусом *10* и рупором *12*. На мембране жестко закреплен якорь *13* с упорным штифтом *7*. Один конец обмотки *3* электромагнита соединен с изолированным выводом *2*, другой – с пружиной *9* подвижного контакта. В исходном положении контакты *8* замкнуты и соединяют цепь электроснабжения обмотки электромагнита через пластину *5* неподвижного контакта, корпус *10*, подвеску *11* и корпус автомобиля с отрицательным выводом аккумуляторной батареи.

При подсоединении вывода *2* выключателя сигнала с положительным выводом аккумуляторной батареи на обмотку *3* электромагнита подается напряжение бортовой сети электрооборудования автомобиля. Якорь *13*, преодолевая упругую силу мембраны *1*, притягивается к сердечнику *6* электромагнита. При этом штифт *7* нажимает на пружину *9* и размыкает контакты *8* прерывателя в цепи электроснабжения обмотки электромагнита.

При размыкании электрической цепи обмотки *3* сердечник *6* электромагнита перестает притягивать якорь *13*, а мембрана *1* под действием упругих сил возвращается вместе с якорем *13* в исходное положение. Контакты вновь замыкаются. Далее процесс повторяется. В результате якорь колеблется с частотой 200–400 Гц. Колебательный процесс мембраны сложнее, поэтому в спектре звука, создаваемом воздушным столбом в рупоре при колебаниях мембраны, присутствуют составляющие с частотой 2000–3500 Гц.

Безрупорный звуковой сигнал переменного тока (рис. 151) получает питание от генератора переменного тока. Катушка *5* электромагнита закреплена в алюминиевом корпусе *6*.



**Рис. 151 - Звуковой сигнал переменного тока:**

*1 – мембрана; 2 – резонатор; 3 – якорь; 4 – сердечник электромагнита; 5 – катушка электромагнита; 6 – корпус; 7 – крышка*

Частота переменного тока зависит от частоты вращения колена-

чатого вала двигателя. С такой же частотой колеблется мембрана 1.

Штифт колеблющейся мембраны периодически ударяется о штифт резонатора 2, жестко соединенного с крышкой 7. После каждого удара резонатор колеблется с постоянной частотой, которая должна обеспечивать необходимый тембр звука.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Классификация и назначение приборов автомобильной системы звуковой сигнализации.*
- 2. Устройство и принцип работы безрупорного шумового сигнала.*
- 3. Устройство и принцип работы тонального рупорного сигнала.*
- 4. Устройство и принцип работы звукового сигнала переменного тока.*

## **9 ЭЛЕКТРОПРИВОД**

Электропривод (ЭП) предназначен для обеспечения движения исполнительных механизмов устройств различного функционального назначения и управлении этим движением. ЭП представляет собой электромеханическую систему, осуществляющую преобразование электрической энергии в механическую и обеспечивающую электрическое управление потоками как электрической, так и механической энергии.

ЭП классифицируют по следующим признакам:

*1) по характеру движения* - вращательного, колебательного и поступательного движения. При этом частота вращения вала якоря электродвигателя может быть регулируемой и нерегулируемой, а само движение – непрерывным или дискретным, однонаправленным или двунаправленным (реверсивным).

*2) по числу используемых электродвигателей:*

- групповые (один электродвигатель ЭП приводит в движение несколько исполнительных механизмов одного устройства или один исполнительный механизм нескольких устройств);

- индивидуальные (одиночные - обеспечивает движение одного рабочего органа исполнительного механизма);

- взаимосвязанные (многодвигательные - два или несколько электрически и механически связанных между собой индивидуальных ЭП, работающих совместно на один или несколько исполнительных механизмов или если электродвигатели связаны между собой меха-

нически и работают на общий вал).

Выбор конструктивного исполнения электродвигателя для ЭП проводится с учетом следующих показателей:

1) повторно-кратковременного режима - отношение времени рабочей части каждого цикла ко всему периоду времени цикла.

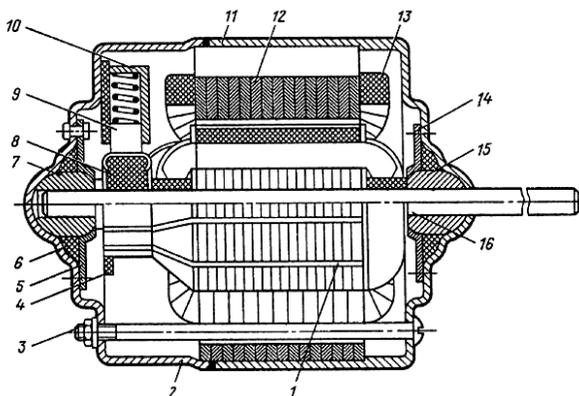
2) с учетом отведенного для его размещения пространства, а также условий окружающей среды с целью защиты ЭП от воздействия пыли, влаги, вредных газов, паров топлива, масла, высокой температуры и т.д.

3) механической характеристики исполнительного механизма - зависимость частоты вращения  $n$  рабочего органа от сопротивления движению.

На автомобилях и тракторах применяются только электродвигатели постоянного тока с двумя способами возбуждения: электромагнитным и от постоянных магнитов. Их номинальные мощности должны соответствовать ряду 6, 10, 16, 25, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 250, 370 Вт, а номинальные частоты вращения валов ряду 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 9000 и 10 000 мин<sup>-1</sup>. Электромагнитное возбуждение может быть последовательным, параллельным и смешанным. При последовательном электромагнитном возбуждении достигается высокая кратность пускового вращающего момента по отношению к номинальному. Параллельное электромагнитное возбуждение или независимое возбуждение от постоянных магнитов обеспечивают необходимую жесткость механической характеристики.

#### **Электродвигатели с электромагнитным возбуждением**

Электродвигатели малой мощности (до 60 Вт) выполняют двухполюсными. Пакет якоря *1* (рис. 152) электродвигателя и коллектор *8* закреплены на валу *16*, который вращается в самоустанавливающихся подшипниках *7* и *15* скольжения из порошкового материала. Левый подшипник *7* установлен в крышке *2*, правый подшипник *15* - в корпусе *11*. Подшипники смазываются маслом, которым пропитана фетровая набивка *6*. В крышке и корпусе подшипники удерживаются и центрируются пластинчатыми пружинами *5* и *14*. Статор с полюсами *12*, на которых закреплены катушки *13* обмотки возбуждения, прикреплен к внутренней поверхности корпуса *11*.



**Рис. 152 - Электродвигатель с электромагнитным возбуждением:**

*1 – якорь; 2 – крышка; 3 – винт; 4 – траверса; 5, 14 – пластинчатые пружины; 6 – фетровая набивка; 7, 15 – подшипники; 8 – коллектор; 9 – щетка; 10 – щеткодержатель; 11 – корпус; 12 – пакет статора; 13 – обмотка возбуждения; 16 – выходной вал*

#### **Электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов.**

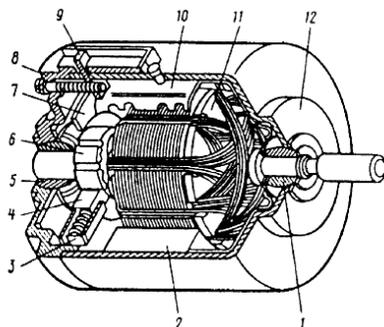
Их количество в современных автомобилях и тракторах составляет более 90 %.

При применении для возбуждения постоянных магнитов упрощается конструкция электродвигателей, уменьшается в 1,5–2,0 раза расход меди, на 10–12 % повышается КПД. Упрощается схема внутренних соединений. При равной мощности уменьшаются сила потребляемого тока и рабочая температура нагрева. Срок службы повышается до 250–300 тыс. км пробега автомобиля.

Электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов отличаются тем, что у них отсутствует пакет статора с обмоткой возбуждения, вместо которой используются постоянные магниты, закрепляемые на корпусе пластинчатыми пружинами или приклеиваемые.

Постоянные магниты 2 закреплены на корпусе 12 пружинами 10 (рис. 152). Крышка 8 прикреплена к корпусу винтами, которые вворачиваются в крепежные пластины 9, расположенные в пазах корпуса. В корпусе и крышке установлены подшипники 1 и 5 из порошкового материала, в которых вращается вал якоря 11. Все щеткодержатели 3 находятся на траверсе 7, изготовленной из изоляционного материала. Траверса закреплена на крышке 8. Щетки 4, по которым ток подводит-

ся к коллектору 6, размещены в щеткодержателях 3 коробчатого типа.



**Рис. 152 - Электродвигатель отопителя:**

*1 и 5 – подшипники скольжения; 2 – постоянный магнит; 3 – щеткодержатель; 4 – щетка; 6 – коллектор; 7 – траверса; 8 – крышка; 9 – крепежная пластина; 10 – пружина; 11 – якорь; 12 – корпус*

Наибольшее распространение в электродвигателях автомобильных электроприводов получает магнитный материал на основе соединения неодим–железо–бор ( $\text{Nd-Fe-B}$ ) с очень высокими магнитными свойствами, превышающий по своим показателям магнитные сплавы типа алюминий–никель–кобальт ( $\text{Al-Ni-Co}$ ) и даже самарий–кобальт ( $\text{Sm-Co}$ ).

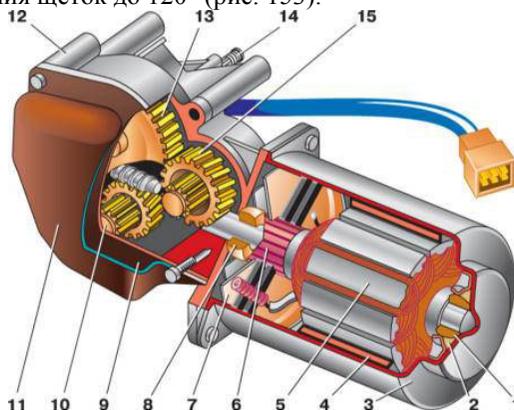
Применение магнитов из материала неодим–железо–бор, сочетающих высокую коэрцитивную силу и наибольшую для известных магнитов магнитную энергию, в электродвигателях постоянного тока позволяет снизить на 20–25 % расход меди и примерно на 30 % улучшить массо-габаритные показатели электромеханических систем автомобильного и тракторного электропривода.

### **Моторредукторы**

Используются в очистителях ветрового и заднего стекол автомобиля, в фарочистителях, в стеклоподъемниках и в электроприводе блокировки дверей.

Конструкция моторредуктора определяется конструкцией входящего в него электродвигателя, однако при этом вал электродвигателя удлинен и заканчивается нарезкой червяка редуктора. Стенка корпуса редуктора играет роль передней крышки электродвигателя, щеточный узел расположен со стороны редуктора. Червячное колесо приводит в действие кривошипно-шатунный механизм, состоящий из зубчатых секторов, преобразующий вращательное движение вала двигателя в движение щеток. Зубчатые секторы позволяют расширить

угол колебания щеток до  $120^\circ$  (рис. 153).

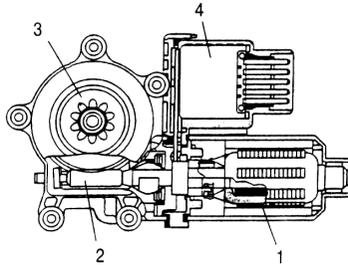


**Рис. 153 - Схема моторредуктора очистителя ветрового стекла:**

*1 - задняя втулка вала якоря; 2 - войлочное кольцо; 3 - корпус электродвигателя; 4 - постоянный магнит; 5 - якорь; 6 - коллектор; 7 - траверса со щеткодержателями, дросселями и термобиметаллическими предохранителями; 8 - передняя втулка вала якоря; 9 - панель с помехоподавительными конденсаторами и контактами концевого выключателя; 10 - блок промежуточных шестерен; 11 - крышка; 12 - корпус редуктора; 13 - ведомая шестерня; 14 -- выходной вал моторредуктора; 15 - блок промежуточных шестерен*

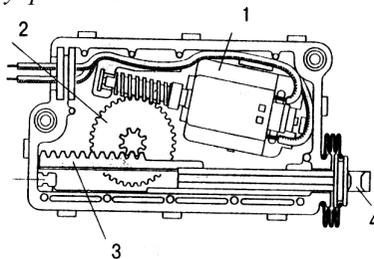
Конструкция моторредукторов стеклоподъемников в значительной мере зависит от размеров электродвигателя. Если габариты малы и допускают расположение моторредуктора в зоне механизма подъема стекла, то редуктор объединен с двигателем в единую конструкцию, в которой редуктор через червячное колесо осуществляет управление механизмом подъема (рис. 154). Такая конструкция может содержать одно- или многоступенчатый промежуточный редуктор, позволяющий при той же скорости подъема стекла увеличить частоту вращения якоря электродвигателя и, следовательно, уменьшить его габариты и массу.

Моторредуктор блокировки замков дверей (рис.155) имеет электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов, на выходном валу которого расположена шестерня, перемещающая зубчатую рейку, осуществляющую в зависимости от направления вращения вала двигателя блокировку или разблокировку дверных замков через передвижной шток.



**Рис. 154 - Моторредуктор стеклоподъемника:**

*1 - электродвигатель; 2 - червячный редуктор; 3 - выходная шестерня; 4 - блок управления*

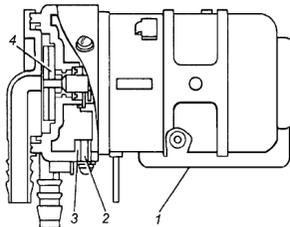


**Рис. 155 - Моторредуктор блокировки замков дверей:**

*1 - электродвигатель; 2 - червячный редуктор; 3 - рейка; 4 - передвижной шток*

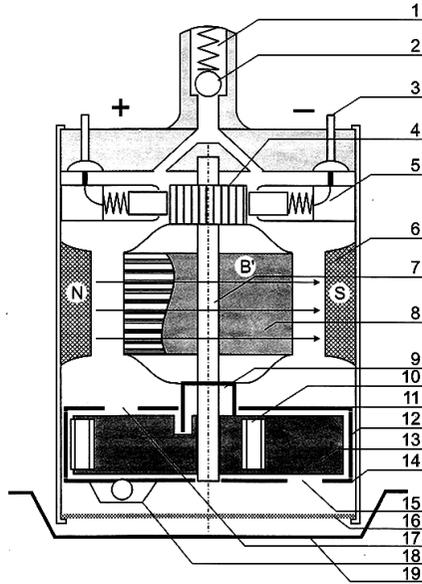
### Мотонасосы

Мотонасосы применяются в системах омывателей стекол и фар, в струйной фарочистке, системе перекачки жидкости, в системе обогрева и т.п. Мотонасос представляет собой соединение в одну общую конструкцию электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов и жидкостного насоса.



**Рис. 156 - Мотонасос омывателя ветрового стекла:**

*1 - электродвигатель; 2 - крепежный винт; 3 - корпус насоса; 4 - крыльчатка*



**Рис. 157 - Конструкция автомобильного электробензонасоса:**

1 - выходной штуцер; 2 - обратный клапан; 3 - электроклемма; 4 - коллектор; 5 - щеткодержатель с пружиной и щеткой; 6 - статорный постоянный магнит; 7 - неподвижная ось для якоря электродвигателя и для ротора насоса; 8 - якорь электродвигателя; 9 - сцепная вилочка; 10 - центробежный ролик; 11 - крышка нагнетателя с выпускной щелью; 12 - статор нагнетателя с эксцентрической цилиндрической полостью; 13 - ротор нагнетателя с пятью центробежными роликами; 14 - донце нагнетателя с входной щелью; 15 - входное отверстие; 16 - сетка фильтра грубой очистки топлива; 17 - выпускное отверстие; 18 - клапан сброса; 19 - выемка в днище бензобака

Современные автомобили оборудованы впрысковой системой подачи топлива. Поэтому для создания давления топлива используются электрические бензонасосы. Приводной частью бензонасоса является электродвигатель постоянного тока с двумя постоянными магнитами 6, расположенными на статоре, и с двенадцатисекционной рабочей обмоткой, намотанной на 12-пазном якоре 8 (рис. 157). Якорь барабанного типа. Якорная обмотка петлевая, короткозамкнутая, по отношению к внешней электрической цепи, - разделена щетками на две параллельные ветви. Всего в обмотке 288 витков медного провода диа-

метром 0.6 мм, по 24 витка в каждой секции. Два статорных магнита создают постоянное магнитное поле В' с полюсами N и S, которое пронизывает магнитные массы и витки якоря электродвигателя. Коллектор 4 имеет 12 ламелей, которые попарно соединены с бортовой электрической сетью напряжением 12 Вольт посредством подпружиненных щеток 5 и двух внешних электроклемм 3.

Щетки к клеммам подсоединены многожильным гибким медным проводом. Клеммы выведены за пределы корпуса бензонасоса (обозначены соответственно «+» и «-») и имеют герметическое уплотнение.

Перекачивающим элементом может являться шибберный или центробежный насосы.

Электродвигатель рассчитан на рабочее напряжение 12 В и в нагруженном режиме потребляет ток до 6 А. Мощность электродвигателя примерно 80 Вт.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Устройство, принцип работы электродвигателей и моторедукторов вспомогательного оборудования автомобилей.*
- 2. Устройство, принцип работы мотонасоса.*
- 3. Устройство, принцип работы электробензонасоса.*
- 4. Показатели выбора конструктивного исполнения электродвигателя для привода вспомогательного оборудования автомобилей.*

## **10 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

Контрольно-измерительные приборы служат для контроля за работой смазочной системы и охлаждения двигателя, наличия топлива в баке и заряда аккумуляторной батареи. К ним относятся указатели давления масла, температуры охлаждающей жидкости, уровня топлива в баке, амперметр и аварийные сигнализаторы пониженного давления масла и перегрева двигателя. Все указатели смонтированы на щитке приборов. Их датчики расположены в зоне измеряемых показателей.

Автомобильные контрольно-измерительные приборы по способу отображения информации, которую они представляют водителю, разделяют на две группы: указывающие и сигнализирующие.

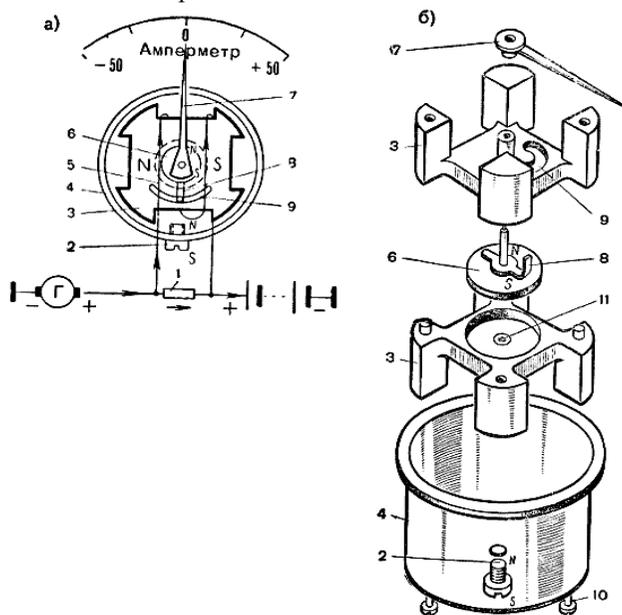
*Указывающие приборы* имеют шкалу и стрелку, по положению которой относительно шкалы определяется значение измеряемой величины. Чтобы оценить измеряемую величину, водитель должен отвлечься на некоторое время от наблюдения за движением автомобиля, посмотреть на шкалу прибора и осознать показание. Информация при-

бора о контролируемом параметре дает возможность судить о состоянии контролируемого узла или системы автомобиля.

*Сигнализирующие приборы* (сигнализаторы) реагируют только на одно, как правило, аварийное значение измеряемого параметра, информируют об этом световым или звуковым сигналом. Сигнализатор удобен для водителя, поскольку не требует от него постоянно наблюдения, анализа (оценки) полученной информации, и, следовательно, меньше отвлекает от процесса управления автомобилем. Однако информация от сигнализатора поступает к водителю, когда нормальный режим работы уже нарушен или близок к нарушению. Кроме того, сигнализаторы менее информативны, чем указывающие приборы.

### Амперметр

Амперметр типа АП100 (рис. 158) с подвижным магнитом является магнитоэлектрическим прибором, обеспечивающим большую точность и надежность работы.



**Рис. 158 - Амперметр:**

*а - схема; б - детали амперметра; 1 - шунт; 2 - неподвижный магнит; 3 - пластмассовые колодки; 4 - стальной экран; 5 - катушка; 6 - подвижной магнит; 7 - стрелка; 8 - ограничитель хода стрелки; 9 - прорезь; 10 - винты; 11 - подшипник оси стрелки*

Внутри стального экрана 4 винтами 10 крепятся две пластмассовые колодки 3. При сборке между колодками устанавливают подвижной магнит 6 с жестко связанными с ним осью и ограничителем хода стрелки 7. Магнит 6 вместе с ограничителем 8 может поворачиваться в кольцевом пространстве колодок на угол, ограничиваемый прорезью 9. На колодки намотана катушка 5 из тонкого провода. Параллельно катушке включен проводник с очень малым сопротивлением; его называют шунтом.

Стальной экран 4 усиливает магнитный поток, создаваемый катушкой, что повышает чувствительность амперметра, а также защищает его от воздействия магнитных полей других приборов.

При отсутствии тока в катушке в результате взаимодействия разноименных полюсов неподвижного магнита 2 и дискового подвижного магнита 6 стрелка устанавливается на нулевом делении шкалы. При прохождении тока по катушке вокруг нее создается магнитное поле, направленное под углом  $90^\circ$  к полю подвижного магнита 6.

Магнитное поле катушки 5 воздействует на магнит 6 и поворачивает его, а вместе с ним и стрелку на некоторый угол. При увеличении силы тока в катушке увеличивается ее магнитное поле, что вызывает отклонение стрелки на больший угол. Изменение направления тока в катушке вызовет изменение, направления действия ее магнитного поля, и стрелка отклонится в обратную сторону.

#### **Магнитоэлектрический указатель температуры охлаждающей жидкости.**

Магнитоэлектрический указатель температуры охлаждающей жидкости (рис. 159) состоит из датчика ТМ100 с полупроводниковым термическим сопротивлением (термистором) и магнитоэлектрического приемника УК105, рассчитанных на 12 или 24В.

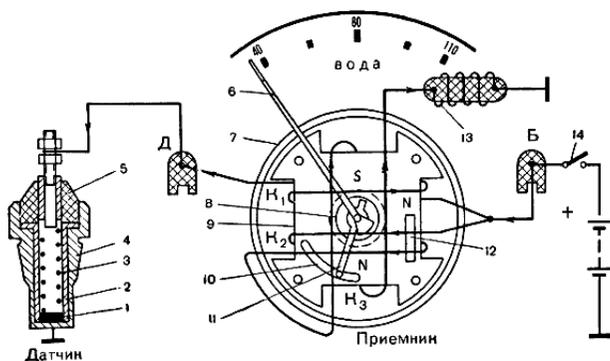
Этот прибор точен и надежен в работе и не создает помех радиоприему. Прибор включается в цепь выключателем зажигания 14.

Датчик изменяет силу тока в катушке К1 приемника при изменении температуры жидкости, что и обеспечивает отклонение стрелки по шкале на различный угол.

В латунный корпус 4 датчика устанавливается тонкий круглый диск (термистор) 1, изготовленный из окиси меди и окиси марганца. Термистор является полупроводником, сопротивление которого резко понижается с повышением температуры и повышается при его охлаждении.

Термистор соединяется с массой через корпус датчика. Пружина 3 соединяет термистор с выводным зажимом датчика, укрепленным в изоляторе 5. Бумажный патрон 2 изолирует пружину и боковую по-

верхность термистора от корпуса датчика.



**Рис. 159 - Схема магнитоэлектрического указателя температуры воды:**

1 - термистор; 2 - бумажный патрон; 3 - пружина; 4 - корпус; 5 - изолятор; 6 - стрелка; 7 - стальной экран; 8 и 12 - постоянные магниты; 9 - колодка; 10 - прорезь; 11 - ограничитель угла поворота стрелки; 13 - сопротивление температурной компенсации; 14 - выключатель зажигания; Б и Д - зажимы; К1, К2 и К3 - катушки

В приемнике на основании, состоящем из двух пластмассовых колодок 9 намотаны три катушки К1, К2 и К3. Электрическая схема указателя состоит из двух параллельных ветвей (см. рис. 159). В одной из ветвей включена последовательно катушка К1 и термистор. В другой ветви включены последовательно катушки К2 и К3 и добавочное сопротивление 13. В канавку одной из колодок закладывается постоянный магнит 12. На оси стрелки 6 приемника жестко укреплен постоянный магнит 5, выполненный в виде диска, и ограничитель 11 угла поворота стрелки. Отогнутый конец ограничителя входит в прорезь 10 верхней колодки 9. Магнит и ограничитель поворота стрелки устанавливаются в кольцевом пространстве между обеими колодками. При отсутствии тока в катушках вследствие взаимодействия разноименных полюсов магнитов 8 и 12 стрелка устанавливается на нулевом делении шкалы. Стальной экран 7 защищает приемник от влияния магнитных полей других приборов и проводников на точность его показания. При работе прибора сила тока в катушках К2 и К3 не изменяется, а поэтому и магнитные поля, создаваемые этими катушками, остаются практически постоянными. Сила тока в катушке К1, а следовательно, и создаваемое ею магнитное поле зависят от температуры термистора. Путь

тока в цепи указан стрелками на схеме. Магнитные поля катушек К1 и К2 действуют навстречу друг другу, а магнитное поле катушки К3 действует под прямым углом к ним.

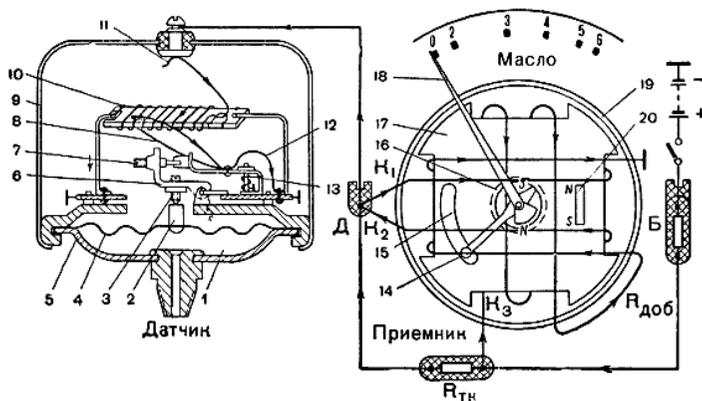
В результате взаимодействия магнитных полей трех катушек создается общее результирующее магнитное поле, действующее на магнит 8.

С повышением температуры сопротивление термистора снижается, что увеличивает силу тока в катушке К1 и ее магнитное поле. При этом изменяется величина и направление действия результирующего магнитного поля, которое, воздействуя на магнит 5, поворачивает его на оси, а вместе с ним и стрелку приемника в сторону больших показаний шкалы.

В процессе эксплуатации приемник и датчик не регулируют.

### Магнитоэлектрические указатели давления масла и воздуха.

Магнитоэлектрические указатели давления масла и воздуха состоит из датчика реостатного типа и приемника (рис. 160).



**Рис. 160 - Схема магнитоэлектрического указателя давления масла или давления воздуха:**

1 - камера; 2 - штырь; 3 - упорный винт; 4 - диафрагма; 5 - корпус; 6 - рычажок; 7 - регулировочный винт; 8 - ползунки; 9 - крышка; 10 - обмотка реостата; 11 - контактная пластина; 12 - проводник; 13 - пружина; 14 - ограничитель угла поворота стрелки; 15 - прорезь; 16 и 20 - магниты; 17 - колодки; 18 - стрелка; 19 - магнитный экран;  $R_{доб}$  - добавочное сопротивление;  $R_{ТК}$  - сопротивление температурной компенсации; К1, К2 и К3 - катушки; Б и Д - клеммы

Внутрь камеры 1 датчика указателя давления масла подводится

масло из масляной системы двигателя или воздух в указателе давления воздуха в тормозной системе. Приемники и датчики изготавливаются для 12 и 24-вольтовой системы электрооборудования на разное измеряемое давление и отличаются друг от друга в основном числом витков и величиной сопротивления. На шкале приемника имеются надписи масло или воздух. В корпусе 5 датчика закреплена гофрированная диафрагма 4 со штырем 2. Рычажок двух ползунков 8 отводится в исходное положение (влево по рисунку) пружиной 13. Обмотка 10 реостата из нихромовой проволоки намотана на изолятор из миканита. Ползунки соединены с массой мягким медным проводником 12. При воздействии масла или воздуха на диафрагму 4 она прогибается вверх, при этом усилие от нее передается через штырь 2 на рычажок 6, а затем через регулировочный винт 7 на рычажок ползунков 8.

В приемнике на основании из двух пластмассовых колодок 17 намотаны три катушки К1, К2 и К3 из большого количества витков тонкого медного провода. Электрическая схема приемника состоит из трех параллельных ветвей. Путь тока в цепи указателя показан стрелками на схеме.

Между колодками устанавливают дискообразный магнит 16 и ограничитель 14 поворота стрелки. Отогнутый конец ограничителя входит в прорезь 15 одной из колодок 17. В канавке одной колодки заложен магнит 20. Стальной экран 19 защищает приемник от влияния магнитных полей других приборов и проводников на точность его показания.

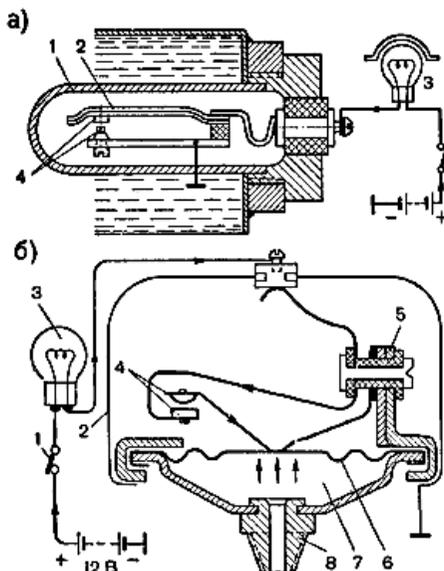
При выключенной цепи указателя вследствие взаимодействия разноименных полюсов магнитов 16 и 20 стрелка устанавливается немного левее нулевого деления шкалы.

При включенной цепи и отсутствии давления масла (или воздуха) на диафрагму ползунки датчика включают большую часть сопротивления реостата в цепь приемника. В этом случае сила тока в катушках К2 и К3 и магнитные поля этих катушек будут малы по сравнению с силой тока и магнитным полем катушки К1. Результирующее магнитное поле трех катушек располагает магнит 16 в направлении, при котором стрелка приемника устанавливается против нулевого деления шкалы. Когда давление масла или воздуха возрастает, то диафрагма прогибается вверх и через штырь 2 перемещает рычажок 6 вверх относительно его оси. Рычажок посредством регулировочного винта 7 воздействует на ползунки 8, перемещает их вправо по рисунку. Сопротивление реостата выключается, в результате чего увеличивается сила тока в катушках К2 и К3 и их магнитные поля. Вследствие шунтирования реостатом датчика катушки К1 уменьшается сила тока в ней, что

является причиной ослабления магнитного поля этой катушки. При этом изменяется величина и направление результирующего магнитного поля трех катушек, которое, воздействуя на магнит 16, поворачивает его, а вместе с ним и стрелку приемника в сторону больших показаний шкалы.

### Сигнализаторы.

**Сигнализатор температуры жидкости** (рис. 161 а) служит для предупреждения водителя о недопустимом повышении температуры жидкости в системе охлаждения двигателя.



**Рис. 161 - Схемы сигнализаторов:**

*а - температуры жидкости; 1 - патрон; 2 - биметаллическая пластина; 3 - сигнальная лампа; 4 - контакты; б - давления масла: 1 - выключатель; 2 - крышка; 3 - сигнальная лампа; 4 - контакты; 5 - кронштейн; 6 - диафрагма; 7 - камера; 8 - штуцер*

Латунный патрон 1 ввернут в верхний бачок радиатора, а сигнальная лампа 3 помещена на щитке приборов. При низкой температуре жидкости контакты 4 сигнализатора разомкнуты, и цепь сигнальной лампы выключена. При повышении температуры воды выше допустимой ( $100-118^{\circ}\text{C}$ , в зависимости от конструкции двигателя и датчика), увеличивается нагрев патрона, а следовательно, и биметаллической пластины 2, которая, деформируясь, вызывает замыкание контактов и

включает сигнальную лампу.

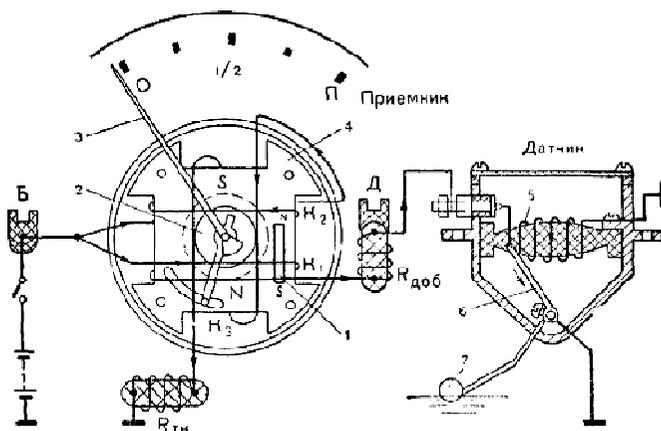
**Сигнализатор давления масла** служит для предупреждения водителя об угрозе аварии двигателя вследствие чрезмерного понижения давления масла. При неработающем двигателе или когда в системе смазки давление масла ниже допустимой величины, диафрагма 6 (рис. 161 б) находится в исходном положении, контакты 4 замкнуты и сигнальная лампа 3 включена в цепь.

При работающем двигателе масло из магистрали поступает через штуцер 8 в камеру 7 под диафрагмой, и когда давление поднимется выше минимально допустимого значения для данного двигателя, диафрагма 5, прогибаясь, поднимет упругую пластину верхнего контакта, контакты разомкнутся и выключат цепь сигнальной лампы.

Датчики сигнализаторов давления масла и температуры жидкости не регулируют в процессе эксплуатации.

### Магнитоэлектрический указатель уровня топлива.

Магнитоэлектрический указатель уровня топлива (рис. 162) более точен и надежен в работе по сравнению с электромагнитным. Устройство приемника указателя уровня топлива аналогично устройству приемника указателя температуры воды (см. рис. 159).



**Рис. 162 - Схема магнитоэлектрического указателя уровня топлива:**

1 и 2 - постоянные магниты; 3 - стрелка; 4 - колодки; 5 - обмотка реостата; 6 - ползунок; 7 - поплавок; K1, K2 и K3 - катушки; Rдоб - добавочное сопротивление; Rтк - сопротивление температурной компенсации; Б и Д - зажимы

В цепь катушки К1 включено добавочное сопротивление Rдоб, предназначенное для ограничения силы тока в катушке при выключенном реостате датчика, что предотвращает перегрев изоляции обмотки катушки.

Сила тока в катушке К1 и ее магнитное поле изменяются в зависимости от положения ползунков 6 на обмотке 5 реостата датчика.

При работе прибора сила тока в катушках К2 и К3, а следовательно, и их магнитные поля остаются неизменными. Магнитные поля катушек К1 и К2 действуют встречно, а поэтому направление и величина их суммарного магнитного поля будут зависеть от силы тока в катушке К1.

Если топливный бак заполнен полностью, обмотка 5 реостата датчика будет введена полностью, поэтому сила тока в катушке К1: и магнитное поле ее будут небольшими. В этот момент результирующее магнитное поле, созданное тремя катушками, повернет магнит 2; а вместе с ним и стрелку 3 в положение П — полного уровня топлива в баке.

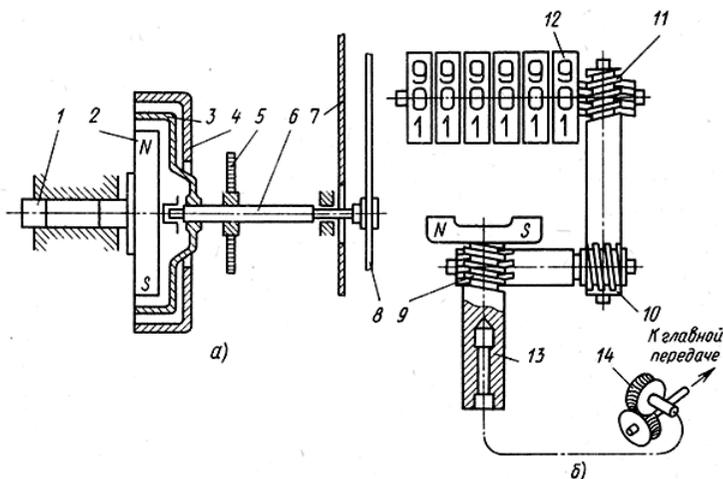
При уменьшении уровня топлива в баке поплавков датчика опускается и перемещает ползунок 6, выключая сопротивление реостата датчика. Сила тока в катушке К1 увеличивается, магнитное поле ее становится больше, и результирующее магнитное поле трех катушек перемещает магнит 2, а вместе с ним стрелку 3 по шкале приемника в сторону меньших делений шкалы

### **Спидометр**

Спидометр - прибор, показывающий скорость движения автомобиля. Спидометры бывают двух типов: механические и электронные. Если первые снабжаются механическим индикатором, вроде стрелки, то вторые, могут вместо этого иметь индикатор электронный – цифры на дисплее.

Принцип действия магнитоиндукционных скоростных узлов всех спидометров с приводом от гибкого вала или с электроприводом одинаковый (рис. 163), но они отличаются конструктивным исполнением.

Магнит 2 закреплен на приводном валике 1 прибора. Оба полюса или несколько пар полюсов магнита расположены по периферии диска. На оси 6, свободно вращающейся в двух подшипниках, закреплена деталь 3 из немагнитного материала (например алюминия), называемая катушкой. Снаружи ее с некоторым зазором размещен экран 4 из магнитомягкого материала (обычно сталь Ст10), который концентрирует магнитное поле.



**Рис. 163 - Скоростной и счетный узлы спидометра:**  
*а - схема магнитоиндукционного скоростного узла; б - схема привода счетного узла (пояснения в тексте)*

При вращении магнита 2 его поле наводит в теле катушки вихревые токи, создающие магнитное поле катушки. При взаимодействии поля магнита и поля катушки возникает крутящий момент, стремящийся повернуть катушку в направлении вращения магнита. Повороту оси катушки препятствует спиральная пружина-волосок 5, создающая противодействующий момент, значение которого пропорционально углу поворота. Угол поворота катушки пропорционален только окружной скорости полюсов магнита, т. е. смещение стрелки 8 спидометра пропорционально частоте вращения магнита. Следовательно, зависимость показаний спидометра от скорости автомобиля линейна, и шкала спидометра 7 равномерна.

Все спидометры имеют на приводном валике однозаходный червяк, от которого приводится в действие счетный узел. Принцип действия счетных узлов всех отечественных спидометров одинаков, однако по конструкции их разделяют на два вида: с внешним зацеплением и с внутренним зацеплением счетных барабанчиков.

В автомобильном спидометре между входным валиком 13 (рис. 163 б) и начальным барабанчиком 12 счетного узла применяют три понижающие червячные передачи 9, 10, 11 с общим передаточным числом 624. Спидометры для автомобилей ВАЗ имеют передаточное число 1000.

Электропривод спидометра состоит из двух синхронно работающих узлов-датчиков и приемника, соединенных экранированным проводом и включенных в цепь электрооборудования автомобиля.

Датчик электропривода устанавливают непосредственно на коробке передач. Он представляет собой контактный прерыватель, преобразующий постоянный ток в трехфазный переменный, частота которого изменяется пропорционально частоте вращения коллектора датчика.

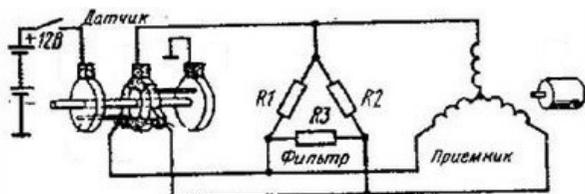


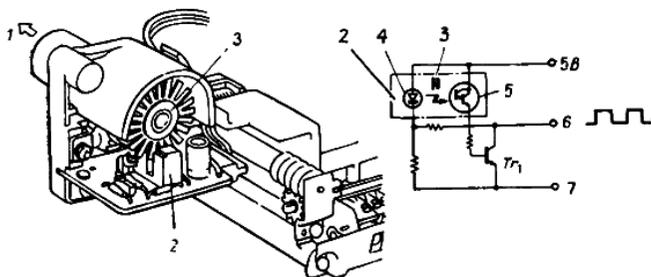
Рис. 164 - Спидометр с электроприводом

Основными элементами датчика являются: вращающийся коллектор с двумя токоведущими сегментами а, изолированными один от другого сегментами б из изоляционного материала; три неподвижные токосъемные щетки, и, сдвинутые относительно друг друга на  $120^\circ$  и соединенные с фазами приемного двигателя. Постоянный ток подводится к сегментам через токоподводящие щетки, лежащие на контактных кольцах. Сегменты а занимают по окружности коллектора углы, равные  $120^\circ$ , а изолированные сегменты б - углы  $60^\circ$ . Токосъемные щетки занимают углы по  $30^\circ$ .

Приемник представляет собой трехфазный синхронный двигатель с вращающимся двухполюсным постоянным магнитом. Обмотка статора - трехфазная катушечная с тремя явно выраженными полюсами, а ротор электродвигателя - это постоянный двухполюсный магнит. Вращение ротора передается счетному механизму спидометра.

В электронном счетчике отсутствует механическая связь между показаниями на приборной панели и вторичным валом КПП. Способ реализации во многом зависит от устройства датчика скорости, который бывает двух типов:

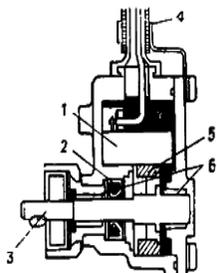
- оптоэлектронный (рис. 165). В корпусе КПП, как и в случае с механическим спидометром, устанавливается скоростная часть с тротилом. Вот только показания скорости автомобиля рассчитывается на основании импульсов, формирующихся фотопрерывателем. Частота импульсов пропорциональна скорости вращения троса, что позволяет высчитать фактическую скорость автомобиля;



**Рис. 165 - Оптоэлектронный датчик скорости:**

1 - трос привода спидометра; 2 - фотопрерыватель; 3 - диск; 4 - светодиод; 5 - фотозлемент; 6 - выход датчика; 7 - масса

- безтросовый. В корпусе КПП устанавливается магнитно-резистивный элемент (МРЭ) (рис. 166).



**Рис. 166 - Датчик скорости с магниторезистивным элементом:**

1 - магниторезистивный элемент; 2 - уплотнитель; 3 - приводная ось; 4 - монтажные провода; 5 - кольцевой многополюсный магнит; 6 - подшипник

Многополюсный магнит вращается вместе с ведомым валом КПП. Возникающие изменения магнитного поля увеличивают/уменьшают сопротивление МРЭ, которое преобразовывается мостовой схемой в импульсы.

Определение расстояния ведется подсчетом импульсов. 6000 прямоугольных импульсов, в соответствии с международными стандартами равны 1 километру пути. Отображаться показания могут как на электронном табло так и посредством барабанного счетчика.

Еще большее распространение получил электронный спидометр, работающий на эффекте Холла.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей давления.*
- 2. Устройство и принцип работы автомобильных сигнализаторов давления.*
- 3. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей уровня технологических жидкостей.*
- 4. Устройство и принцип работы автомобильных сигнализаторов уровня технологических жидкостей.*
- 5. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей зарядного режима аккумуляторной батареи.*
- 6. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей скорости движения и пройденного пути (спидометры).*
- 7. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей частоты вращения коленчатого вала (тахометры).*

## **11 ДАТЧИКИ**

### **Датчики. Назначение и устройство.**

Датчики служат для преобразования неэлектрических показателей в электрические. В системах управления бензиновым двигателем устанавливаются свыше десяти датчиков, которые могут быть объединены в следующие группы: расходомеры воздуха, датчики температуры, угла открытия дроссельной заслонки, угла поворота коленчатого вала и детонации. Принципиально различаются четыре типа расходомеров:

1. Потенциометр, управляемый поворачивающейся под воздействием воздуха заслонкой;
2. Датчик изменения перепада давления во впускном трубопроводе;
3. Датчик Кармана, измеряющий число вихрей, создаваемых воздушным насосом;
4. Термоанемометрический датчик, реагирующий на изменение сопротивления платиновой проволоки.

**Датчики температуры** охлаждающей жидкости и воздуха представляют собой полупроводниковый элемент, сопротивление которого резко почти линейно, изменяется (рис. 167).

**Датчик угла открытия дроссельной заслонки** (положения дроссельной заслонки) представляет собой потенциометр, ползун которого связан с осью заслонки. Характеристика датчика линейная (рис. 168).

При воздействии на педаль подачи топлива изменяется положение заслонки и напряжение подаваемое на контролер. В закрытом состоянии напряжение составляет 0,7 В, при полностью открытой 4 В. В соответствии с этими данными датчик и контролирует подачу топлива.



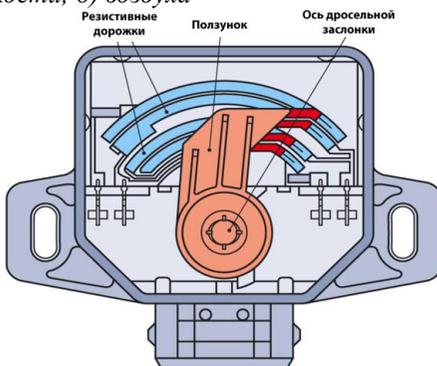
а)



б)

**Рис. 167 – Датчики температуры:**

а) охлаждающей жидкости; б) воздуха



**Рис. 168 - Датчик угла открытия дроссельной заслонки**

Датчики положения дроссельной заслонки выпускаются в двух вариантах: пленочно-резисторные и бесконтактные.

Пленочно-резисторные имеют резистивные дорожки контактного типа, а бесконтактные датчики работают на основе магнитно-резисторного эффекта.

### **Регулятор холостого хода**

Регулятор холостого хода – это электромеханическое устройство, задачей которого является поддержание определенной частоты вращения коленчатого вала при полностью закрытой дроссельной заслонке (рис. 169). Например, во время прогрева мотора или изменения нагрузки, когда включается дополнительное оборудование. Устройство регулятора холостого хода следующее: внутри корпуса находится

шаговый электромотор, с которым соединена подпружиненная конусная игла. Когда двигатель работает на холостом ходу игла, перемещаясь вперед-назад, регулирует площадь поперечного сечения обходного воздушного канала, через который проходит воздух при полностью закрытой заслонке

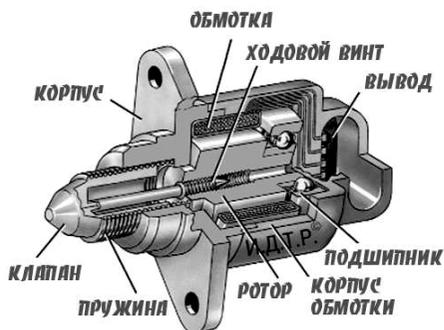


Рис. 169 – Устройство регулятора холостого хода

Датчик кислорода - лямбда-зонд - устанавливается в выхлопной системе автомобиля, некоторые модели автомобилей могут содержать в комплектации два кислородных датчика (рис. 170), в таком случае один из них устанавливается до катализатора, второй – после катализатора. Применение 2 датчиков, позволяет усилить контроль, за отработанными газами автомобиля, тем самым достигнуть наиболее эффективной работы катализатора.

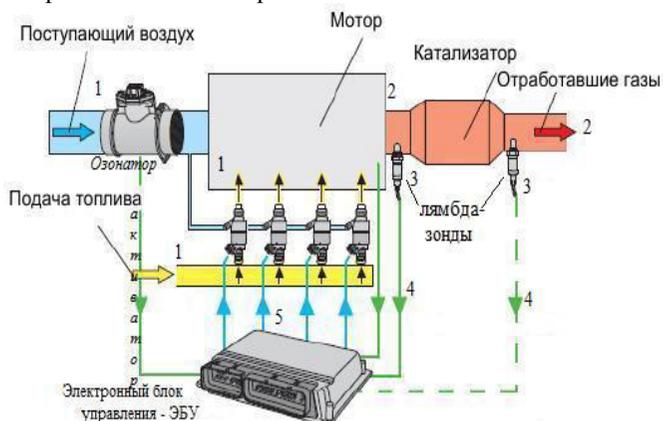
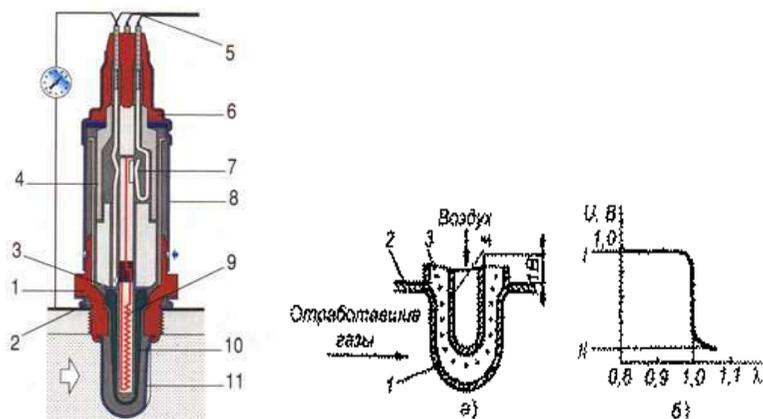


Рис. 170 – Установка двух датчиков кислорода

Лямбда-зонд выдает данные о концентрации кислорода в отработавших газах, реагируя на отклонение от стехиометрического состава горючей смеси, попадающей в цилиндры. В датчике используется сильная зависимость ЭДС твердотелого гальванического элемента из двуокиси циркония или титана от концентрации кислорода (рис. 171).



**Рис. 171 - Датчик кислорода:**

1 - металлический корпус с резьбой; 2 - уплотнительное кольцо; 3 - токосъемник электрического сигнала; 4 - керамический изолятор; 5 - проводка; 6 - манжета проводов уплотнительная; 7 - токопроводящий контакт цепи подогрева; 8 - наружный защитный экран с отверстием для атмосферного воздуха; 9 - подогрев; 10 - наконечник из керамики; 11 - защитный экран с отверстием для отработавших газов

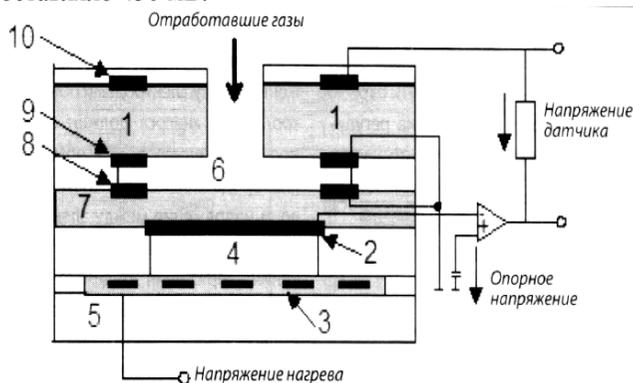
Такая электрохимическая ячейка реагирует на атомы кислорода и создает разность между корпусом 2 и внутренней стороной 4 пробырки до 1 В. Эта разность и служит управляющим сигналом (рис. 171 б), заставляющим электронный модуль изменять подачу топлива в двигатель до тех пор, пока в отработавших газах не останется свободного, т.е. не вступающего в химическую реакцию кислорода.

### **Широкополосный лямбда-зонд или универсальный лямбда-зонд (LSU)**

Лямбда-зонд этого типа представляет собой новое поколение зондов, многократно используемых в качестве предкатализаторных и имеющих очень широкий диапазон измерений (рис. 172). Это позволяет оптимально использовать их для двигателей, работающих на бедных смесях, газе и дизтопливе. Значение лямбда выдается не в виде

скачкообразно растущей кривой напряжения, как у циркониевого зонда, а в виде почти линейной кривой роста силы тока. Благодаря этому теоретически возможно измерение значения лямбда в большом диапазоне измерений (более широкий диапазон) от  $\lambda = 0,7$  до  $\lambda = \infty$ . Надежно анализируемые сигналы получают при значениях лямбда до 3,4. Значение  $\lambda$  определяется не по изменению напряжения, а по изменению силы тока. Рабочая температура в регулируемом диапазоне составляет  $750\text{ }^\circ\text{C}$ . Из-за очень низкого сопротивления нагревательного элемента рабочая температура зонда достигается через 15 секунд.

В отличие от зонда с релейной характеристикой напряжение на электродах поддерживается постоянным. Это реализуется с помощью так называемого электролизного «насоса», подающего на электрод со стороны ОГ столько кислорода, чтобы напряжение между электродами всегда составляло 450 мВ.



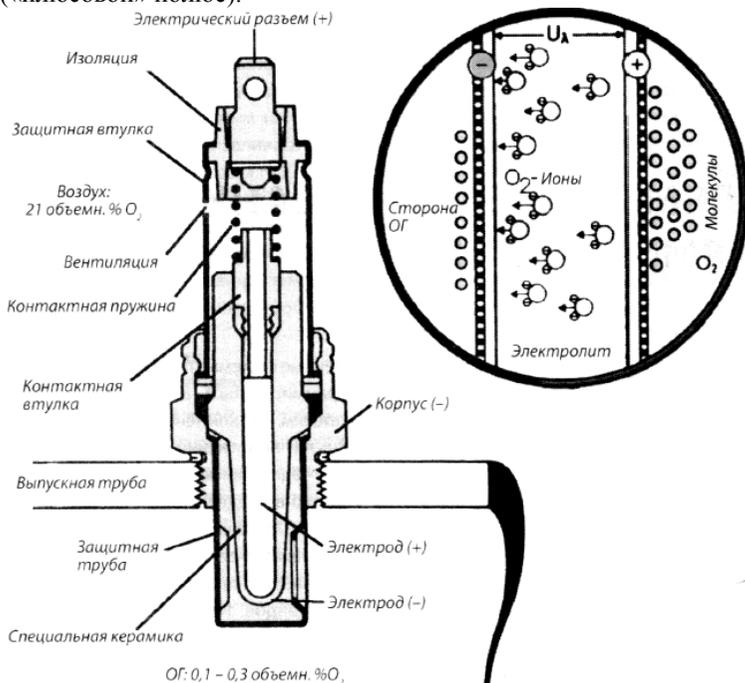
**Рис. 172 - LSU-зонд:**

1 - электролизный «насос» ( $ZrO_2$ ); 2 - платиновые электроды опорной ячейки; 3 - нагревательный элемент; 4 - эталонный зазор; 5 - керамика из  $ZrO_2$ ; 6 - измерительный зазор (диффузионный зазор, 10-50 мкм;); 7 - опорная ячейка (измерительная ячейка,  $ZrO_2$ ); 8 - платиновые электроды опорной ячейки; 9 - измерительная ячейка; 10 - платиновые электроды электролизного «насоса»

### Циркониевый зонд или зонд напряжения

Лямбда-зонд работает по принципу гальванического концентрационного кислородного элемента (рис. 173). Он состоит из полупроводникового электролита (диоксид циркония  $ZrO_2$  и триоксид иттрия  $Y_2O_3$ ), который начинает пропускать ток - ионы кислорода - при температуре около  $300\text{ }^\circ\text{C}$ . Кислород из наружного воздуха или эталонно-

го воздуха диффундирует через электролит и ионизируется. Ионы накапливаются на покрытом платиной электроде со стороны ОГ и образуют относительный избыток электронов («минусовой» полюс). Со стороны воздуха возникает относительный недостаток электронов («плюсовой» полюс).



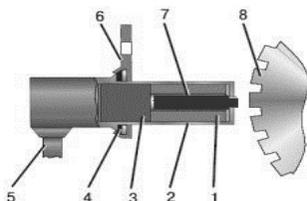
**Рис. 173 - Функция зонда напряжения (источник: Opel)**

Разность потенциалов зависит от содержания кислорода в ОГ и, соответственно, от состава смеси. Сигнал напряжения анализируется управляющей электроникой, сравнивается с жестко заданным опорным напряжением и используется для коррекции смеси.

Если измеренное зондом напряжение составляет около 800 мВ (богатая смесь), то она будет обедняться с заданным линейным снижением до тех пор, пока зонд не измерит напряжение около 200 мВ (бедная смесь). После этого смесь обогащается с заданным линейным увеличением до тех пор, пока не будет измерено напряжение около 800 мВ. При этом напряжение постоянно сравнивается с жестко заданным опорным напряжением 450 мВ.

**Датчик угла поворота коленчатого вала двигателя размеща-**

ется в корпусе распределителя зажигания и состоит обычно из двух катушек и двух роторов - магнитов.



**Рис. 174 - Датчик угла поворота коленчатого вала двигателя:**

*1 – обмотка датчика; 2 – корпус; 3 – магнит; 4 – уплотнитель; 5 – привод; 6 – кронштейн крепления; 7 – магнитопровод; 8 – диск синхронизации*

Одна пара катушка-ротор выдает сигнал  $G$  угла поворота коленчатого вала, другая - сигнал  $Ne$  скорости вращения коленчатого вала двигателя (рис.174).

**Датчики частоты вращения коленчатого вала двигателя** используются для:

- измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- определения положения коленчатого вала (или положения поршней двигателя).

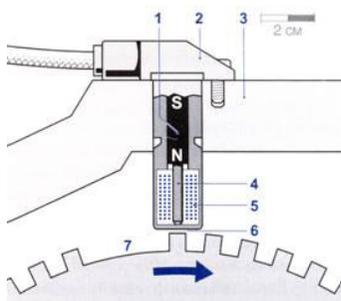
Частота вращения коленчатого вала рассчитывается по частоте сигналов, поступающих от этого датчика. Выходной сигнал датчика является одной из важнейших величин электронной системы управления двигателем.

Датчик установлен оппозитно ферромагнитному триггерному колесу 7 (рис.175), от которого он отделен воздушным зазором.

В датчике находится сердечник 4 из электротехнического железа (полюсный штифт), окруженный обмоткой 5. Полюсный штифт соединен с постоянным магнитом 1. Магнитное поле воздействует на этот полюсный штифт и поступает на триггерное колесо. Уровень магнитного потока, проходящего через обмотку, зависит от положения датчика относительно триггерного колеса (зазор или зуб).

Магнитный поток рассеяния концентрируется на зубе, что ведет к усилению полезного потока, проходящего через обмотку. Напротив, зазор ослабляет этот поток. При вращении триггерного колеса происходит изменение магнитного потока, что, в свою очередь, индуцирует в обмотке электромагнита синусоидальное выходное напряжение, пропорциональное скорости изменения этого потока и, следовательно,

частоте вращения коленчатого вала.



**Рис. 175 – Индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала:**

*1 – постоянный магнит; 2 – корпус датчика; 3 – блок цилиндров двигателя; 4 – полюсный штифт; 5 – обмотка; 6 – воздушный зазор; 7 – триггерное колесо с зазором-меткой*

В системах управления двигателем с регулированием с помощью электромагнитных клапанов обычно используются триггерные колеса с 60-ю зубьями, при этом два зубца пропущены (7, рис. 175). Следовательно, это колесо имеет  $60 - 2 = 58$  зубьев. Очень большой зазор между зубьями предназначен для отметки определенного положения коленчатого вала и служит как установочная метка для синхронизации блока управления.

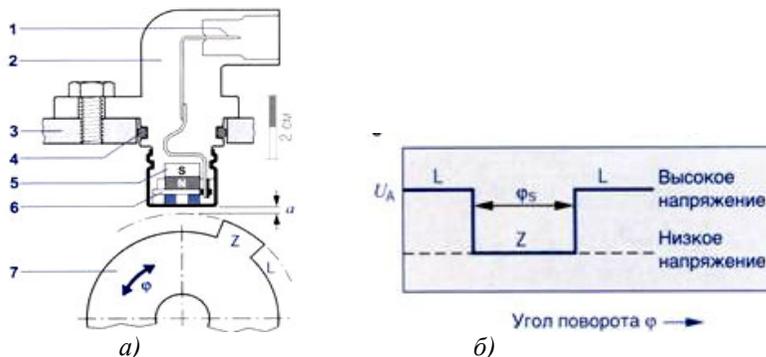
#### **Фазный датчик Холла**

Частоты вращения распределительного и коленчатого валов соотносятся как 1:2. Положение распределительного вала показывает, находится ли поршень двигателя, движущийся к ВМТ, на такте сжатия или выпуска. Фазный датчик на распределительном валу передает эту информацию в блок управления.

В таких датчиках (рис. 176 а) использован эффект Холла. Вместе с распределительным валом вращается ферромагнитное триггерное колесо 7 с зубьями и сегментами, либо диафрагма с отверстиями. Интегральная схема датчика Холла 6 располагается между триггерным колесом и постоянным магнитом 5, который генерирует магнитное поле, перпендикулярное элементу Холла.

Когда зуб Z триггерного колеса проходит у токнесущего элемента (полупроводниковая плата) стержневого датчика, то он изменяет напряженность магнитного поля, перпендикулярного элементу Холла. В результате этого путь электронов, которые движутся за счет про-

дольного напряжения, действующего на элемент, отклоняется по перпендикуляру к направлению тока.



**Рис. 176 – Фазный датчик Холла:**

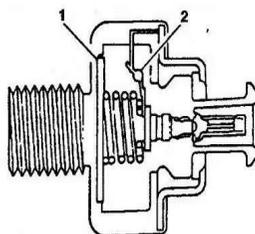
*а – расположение датчика и однодорожечного триггерного колеса относительно друг друга; б - характеристика выходного сигнала  $U_A$ ; 1 – электрический разъем; 2 – корпус датчика; 3 – блок цилиндров двигателя; 4 – уплотнительное кольцо; 5 – постоянный магнит; 6 – интегральная схема Холла; 7 – триггерное колесо с зубом/ сегментом  $Z$  и зазором  $L$ ;  $a$  – воздушный зазор;  $\varphi$  – угол поворота;  $j_s$  – ширина сигнала;  $U_A$  – выходное напряжение*

За счет этого возникает сигнал напряжения (напряжение Холла), который находится в милливольтовом диапазоне и не зависит от относительной скорости между датчиком и триггерным колесом. Оценивающая электронная схема, встроенная в интегральную схему, вырабатывает сигнал в форме прямоугольных импульсов (высокий/ низкий, рис. 176 б).

**Датчик детонации** - представляет собой пьезоэлемент, установленный в жестком корпусе, частота собственных колебаний которого равна частоте колебаний при детонации. В этот период пьезоэлемент вырабатывает максимум напряжения, так как испытывает максимальные нагрузки (рис. 177).

Датчики детонации по принципу своего функционирования являются датчиками вибрации и пригодны для регистрации акустических колебаний, возникающих в конструктивных элементах двигателя. Эти колебания возникают при неконтролируемом детонационном сгорании в рабочей смеси в двигателе. Они преобразуются датчиком в электрические сигналы и направляются в блок управления. Как правило, 4-цилиндровые рядные двигатели оснащены одним датчиком, 5- и

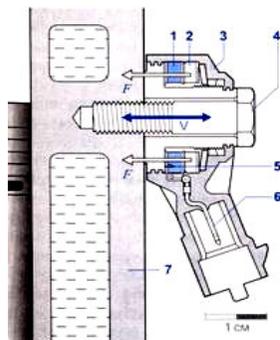
6-цилиндровые двигатели – двумя, 8- и 12-цилиндровые двигатели – двумя и большим числом датчиков. Они подключаются в соответствии с порядком зажигания.



Датчик детонации: 1 - пьезоэлемент; 2 - шунтирующий резистор

**Рис. 177 – Внешний вид и устройство датчика детонации**

Любая масса, благодаря своим инерционным свойствам подвергаясь воздействию колебаний, создает усилия сжатия на кольцеобразном пьезокерамическом элементе 1 (рис. 178) такой же частоты, как и возбуждающие колебания.



**Рис. 178 – Датчик детонации:**

1 – пьезокерамический элемент; 2 – сейсмическая масса с усилиями сжатия  $F$ ; 3 – корпус; 4 – затяжной болт; 5 – контактная поверхность; 6 – электрическое соединение; 7 – блок цилиндров двигателя;  $V$  - вибрация

Внутри керамического элемента эти силы сжатия вызывают сдвиг заряда на внутренних сторонах керамического элемента. При этом возникает электрическое напряжение, которое снимается контактными дисками 5 и далее поступает в блок управления для обработки этого сигнала.

Чувствительность датчика определяется значением выходного напряжения, приходящегося на единицу ускорения (мВ/ г) на выходе датчика. Напряжение оценивается высокоомным усилителем переменного тока в блоке управления системы зажигания или в системе управления двигателем.

Место установки датчика детонации в каждом двигателе выбирается таким образом, чтобы можно было надежно определить детонацию в каждом цилиндре двигателя. Чаще всего датчик крепится на винтах на боковой стороне блока цилиндров двигателя.

#### **Устройство датчика массового расхода топлива (ДМРВ)**

Датчик размещается между впускным патрубком и воздушным фильтром (рис. 179).

Сигнал ДМРВ присутствует в виде постоянного тока определённого напряжения, величина которого определяется количеством направлением движения воздуха, который проходит через датчик.

Если поток воздуха и прямой, напряжение выходного сигнала датчика диапазоном от 1 до 5 В. Диапазон напряжения обратного потока воздуха равен 0-1 В.



**Рис. 179 – Место установки датчика массового расхода воздуха (ДМРВ)**



**Рис. 180 - Устройство датчика массового расхода воздуха (ДМРВ)**

Его функционирование происходит следующим образом. В потоке поступающего воздуха находится чувствительный элемент в виде электрически нагреваемого тела, охлаждение которого осуществляется воздушными потоками. Постоянную разность температуры создаёт схема регулирования нагревательного тока, ток нагрева при этом пропорционален массе потока воздуха. При данном методе измерения учитывается плотность воздуха. Нагревательным элементом называется **плёночный платиновый резистор**, который находится на керамической пластине вместе с другими элементами.

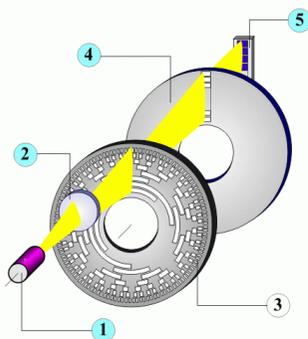
Измерительный резистор, имеющий пропорциональное расходу воздуха сопротивление, располагает непосредственными тепловыми контактами с поступающим воздушным потоком и нагревателем и, а так же включается в измерительный мост. Высокая точность измерения достигается благодаря разделению нагревателя и измерителя. Мерой для массы потока воздуха можно назвать напряжение на нагреваемом измерительном резисторе. После этого измерение усиливается и преобразуется электронной схемой, чтобы контроллеру представилась возможность измерить его величину, другими словами, происходит согласование уровней.

Плёночный расходомер обладает следующим преимуществом перед нитевым расходомером, как повышенная механическая прочность, так как на нём происходит разделение функций, то есть, подложка выполняет функцию несущего или силового элемента, а плёнка - измерительного элемента общей конструкции.

Многие автомобильные системы управления дроссельной заслонкой используют сегодня электрическую цепь для передачи сигнала управления от педали управления подачей топлива к электронной системе впрыска топлива. Определенному положению педали соответствует определенное значение подаваемого на блок управления сигнала.

### Потенциометры.

Потенциометры просты по конструкции и работе (представляют собой щетку, скользящую по резистивной поверхности), они имеют массу преимуществ: высокотемпературный диапазон, низкую стоимость, высокий уровень сигнала и почти безграничное разрешение в сравнении с магнитными или оптическими датчиками. Потенциометрический датчик является лучшим для указания положения, но имеет наименьший срок службы.



**Рис. 181 – Датчик углового положения:**

*1 - излучающий диод; 2 - конденсор; 3 – кодовая шкала; 4 - анализирующая маска; 5 – дискретный фотоприемник*

Датчики углового положения (RPS) применяются в системах ДВС для определения положения дроссельной заслонки, распространяются и на системы управления «без проводов». Обычные потенциометры углового положения основываются на контакте между резистивным элементом и трущимся о него контактом, что сопровождается соответствующим стиранием.

Такие датчики состоят из интегральной микросхемы на эффекте Холла с линейным выходом, возбуждаемой неодимовым магнитом и расположенной вблизи него на роторе датчика, точность формы которого выдерживается в пределах 1% для обеспечения необходимой линейности сигнала. Зазор между ними является компромиссом между

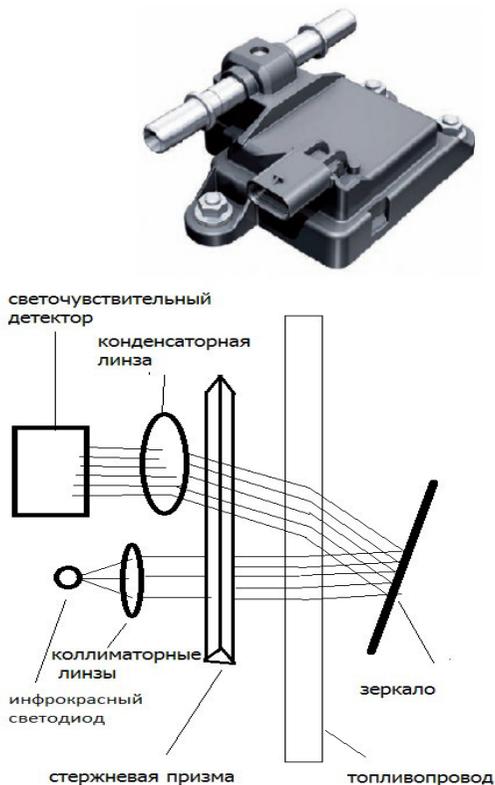
минимальной разницей в чувствительности при разных положениях (что требует большого зазора) и максимальной силой (что требует малого зазора). Линейные датчики включают элементы тонко и толсто-пленочной технологий для достижения высокой чувствительности, точной установки нуля, хорошей температурной компенсации и электронной совместимости с электронными блоками управления. Они способны к работе уже при питании напряжением 5 В и в диапазоне температур  $-40...+150^{\circ}$  С. Возвратная пружина датчика обеспечивает стабильность зазора ротора, что гарантирует минимальный гистерезис характеристик. Датчики были испытаны в течение 10 млн. циклов без заметного изменения их параметров. Стабильность выхода при закрытой дроссельной заслонке обеспечивается калибровкой и составляет несколько градусов мертвой зоны во всем температурном диапазоне.

**Датчики качества топлива** основаны на измерении коэффициента преломления и диэлектрической постоянной топлива (рис. 182).

Параллельный световой пучок, излучаемый инфракрасным диодом с коллиматорными линзами, проходит через стержневую призму, изготовленную из оптического стекла, к границе поверхности, на которую поступает топливо, подлежащее измерению. После отражения под углом, пропорциональным коэффициенту преломления топлива, луч света отражается от зеркала, преломляясь на той же граничной поверхности. Затем он снова проходит через стержневую призму и фокусируется конденсаторной линзой на светочувствительном детекторе позиционирования (PSD - position sensitive detector).

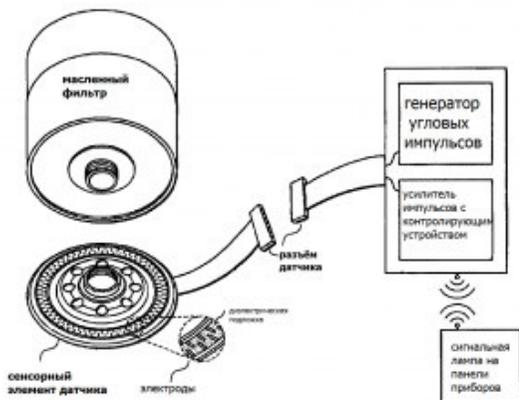
Положение падающего на детектор пучка соотносится с коэффициентом преломления топлива. Поскольку этот коэффициент зависит от температуры, в устройстве для температурной компенсации предусмотрен малогабаритный термистор высокого разрешения. Диапазон измеряемых коэффициентов преломления зависит от угла среза призмы.

Поэтому для этанола и бензина можно применять один и тот же датчик, различающийся лишь углом среза призмы. Датчик малогабаритен, чувствителен, имеет достаточно линейный выход в используемом диапазоне коэффициентов преломления. Основным преимуществом таких фотопозиционных детекторных систем является устойчивость к загрязнениям оптических систем, прочность и унифицированность конструкции для контроля как концентрации метанола, так и качества бензина.



**Рис. 182 - Датчик качества топлива: общий вид и устройство**

**Датчики качества масла.** Подобно датчику топлива фирма «Ford» разрабатывает датчик загрязнения масла, определяющий диэлектрическую постоянную не бензина, а масла. Датчик, реагируя на химические или физические параметры моторного масла, оповещает водителя об ухудшении свойств масла, помогает избежать использования нестандартного масла, контролирует, не разбавлено ли масло топливом или охлаждающей жидкостью, отслеживает, насколько хорошим поддерживается состояние масла в картере. Чувствительным элементом датчика является миниатюрный воздушный конденсатор, монтируемый в промежуточной кольцевой прокладке между масляным фильтром и блоком цилиндров двигателя.



**Рис. 183 – Датчик качества масла**

Электронная схема преобразует изменения диэлектрической постоянной в изменения частоты. Кольцевая прокладка поддерживает положение датчика в области интенсивного масляного потока на выходе его из маслонасоса двигателя, чтобы исключить попадание датчика в застойные зоны, где может накапливаться шлам. Устройство достаточно чувствительно для обнаружения доливки одного литра масла, полной его смены или работы двигателя с пониженным уровнем масла. Одного параметра недостаточно для определения необходимости смены масла. Современные системы управляются алгоритмом, учитывающим ряд параметров, в том числе интегрально температуру масла двигателя в зависимости от передачи, для решения о необходимости смены масла. Однако, конденсаторный датчик состояния масла может обеспечивать микропроцессор системы контроля масла химическими параметрами, расширяя возможности действующих систем.

### **Контрольные вопросы:**

1. Классификация датчиков автомобильных систем по принципу действия.
2. Классификация датчиков автомобильных систем по типу энергетического преобразования.
3. Классификация датчиков автомобильных систем по назначению.
4. Устройство, принцип работы и применимость датчиков на эффекте Холла.

5. Устройство, принцип работы датчик расхода воздуха.
6. Назначение, принцип работы датчика детонации.
7. Устройство, принцип работы датчиков углового положения.

## **II ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

### **Лабораторная работа № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЦЕПЯХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** научиться обнаруживать и устранять неисправности в основных цепях электрооборудования автомобилей.

Приборы, материалы, оборудование:

- Стенд для определения неисправностей в цепях осветительной и светосигнальной аппаратуры.
- Вольтметр или контрольная лампа с проводами, оканчивающимися наконечниками-щупами.

Стенд для определения неисправностей в цепях осветительной и светосигнальной аппаратуры состоит из металлической рамы, на которой скреплены осветительная и светосигнальная аппаратура, коммутационные приборы, источник электрической энергии – 12 - вольтовая аккумуляторная батарея стартерного типа. Все приборы соединены в одну схему (рис.184).

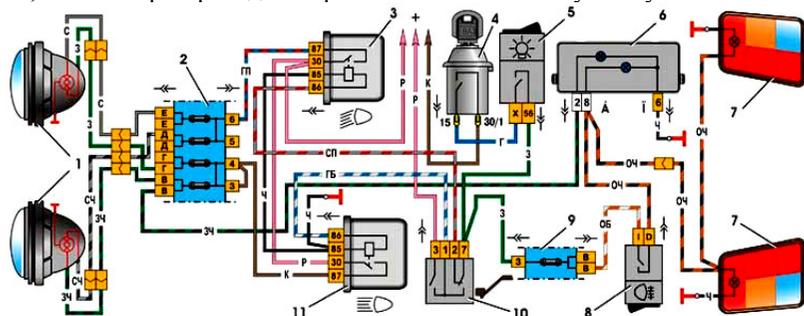
#### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

На всех отечественных автомобилях принята однопроводная система проводки: одним проводом служит изолированный провод, вторым - масса автомобиля (металлические части автомобиля). Источники электроснабжения низкого напряжения (генератор и аккумуляторная батарея) соединены между собой параллельно, причем отрицательные клеммы источников соединены с массой, а положительные - с изолированным проводом.

Все агрегаты автотракторного электрооборудования присоединены к источникам электроснабжения параллельно. Если в электрической цепи имеется амперметр, то ток, питающий все потребители, исключая схему питания стартера, проходит через него (иногда ток звукового сигнала также минует амперметр). На современных автомобилях питание всех потребителей, исключая стартер и систему зажигания осуществляется через предохранители.

Неисправности систем электрооборудования определяют и уст-

раняют по мере их возникновения в процессе эксплуатации автомобиля, а также при проведении работ по техническому обслуживанию.



**Рис. 184 - Схема освещения и световой сигнализации:**

1 – фары; 2 – основной блок предохранителей (фрагмент); 3 – реле включения ближнего света фар; 4 – выключатель зажигания; 5 – переключатель наружного освещения; 6 – контрольные лампы дальнего света фар (слева) и противотуманного света (справа); 7 – лампы противотуманного света в задних фонарях; 8 – выключатель противотуманного света; 9 – дополнительный блок предохранителей (фрагмент); 10 – переключатель света фар; 11 – реле включения дальнего света фар

Основным признаком неисправности агрегата является невыполнение им своих функций. Отказ в работе может быть вызван следующими причинами:

- неисправностью источника электропитания;
- срабатыванием автоматических или перегоранием плавких предохранителей в цепи агрегата;
- неисправностями в проводке или конструкции агрегата.

Неисправность источника электропитания выявляют путем измерения его выходных электрических параметров.

Срабатывание автоматических предохранителей определяется визуально по их внешнему виду, перегорание плавких предохранителей определяется так же.

Неисправности проводки могут быть вызваны:

- обрывом изолированного провода цепи питания или провода, соединяющего агрегат с массой автомобиля;
- замыканием изолированного провода на массу;
- окислением или замазливанием наконечников и клемм;
- ослаблением крепления проводов к клеммам; разъединением соединителей или отсоединением наконечника от клеммы;

- неправильным соединением цепи после демонтажа и последующего монтажа агрегатов, а также неисправностью коммутирующих устройств.

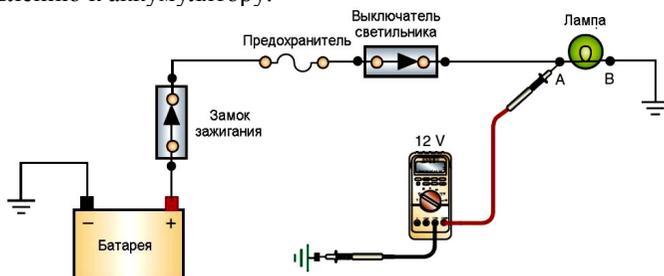
Неисправности агрегатов определяются визуально или при испытании агрегата на стенде. Обнаружение неисправностей агрегатов в схеме электрооборудования автомобилей должно производиться по одной и той же схеме. Если какой-либо агрегат не функционирует, то необходимо осуществить следующие операции.

1. Убедиться в исправности источника электроснабжения путем включения других агрегатов. Если они не функционируют нормально, то причиной отказа является неисправность источника электроснабжения или основной проводки от источника до разветвления на отдельные системы. Исправность источника электроснабжения проверяют при отключении от него всех систем. Аккумулятор проверяют специальным прибором, который создает определенную электрическую нагрузку и одновременно фиксирует значение напряжения. Исправность генератора характеризуется наличием напряжения на выходных клеммах при вращении его вала с частотой, соответствующей средней частоте вращения коленчатого вала. Если источник электрической энергии неисправен, то его заменяют исправным: неисправный источник демонтируют и направляют в ремонт. Если источник энергии в исправном состоянии, то при неработающих нескольких агрегатах поиск неисправностей начинают с проверки проводки от источника электрической энергии до той зоны, в которой происходит разветвление проводки к неработающим агрегатам. Если другие агрегаты функционируют нормально, то при определении источника отказа ограничиваются проверкой электрической цепи питания агрегата, включая агрегат. Проверку осуществляют по методике, описанной выше.

2. Проверить (обычно визуально) состояние предохранительного устройства. Если предохранительное устройство сработало, то оно приводится в рабочее положение (путем включения автоматического предохранителя или замены плавкого предохранителя) и производится пробное включение агрегата. Если при этом агрегат начинает функционировать нормально, то считают, что причиной является случайное срабатывание предохранительного устройства. Однако за работой этого агрегата устанавливают дополнительный контроль. Если в течение нескольких дней эксплуатации нарушений в работе не отмечается, то дополнительный контроль над этим агрегатом снимается. При повторном срабатывании предохранительного устройства в течение контрольного времени или непосредственно при пробном включении агрегата производят дальнейшую проверку (см. п. 3).

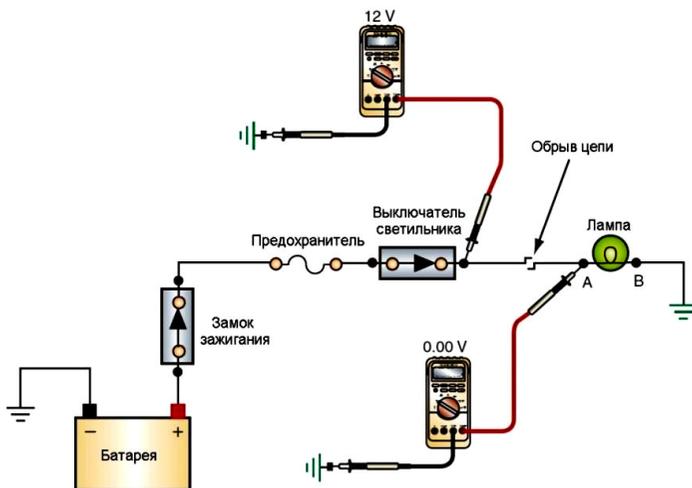
3. Неисправность проводки определяют измерением напряжения между подводящим изолированным проводом, отсоединенным от агрегата, и массовой клеммой или проводом агрегата при включенной цепи питания на испытуемый агрегат. Напряжение измеряют вольтметром или определяют с помощью контрольной лампы. В случае наличия напряжения агрегат следует считать неисправным. В случае отсутствия напряжения на подводящих клеммах к агрегату при включении цепи питания на этот агрегат неисправность находится в проводке или коммутирующих устройствах.

4. Отсутствие электрического контакта в цепях, включая обрыв внутри изолированной проводки, выявляют с помощью вольтметра или контрольной лампы. Проверку начинают с соединения агрегата с массой. Для этого подсоединить минусовой провод вольтметра на корпус (массу), замеряя напряжение на стороне питания проверяемого устройства, плюсовой провод к месту подключения питания к устройству (рис. 185). Если в точке А напряжение ниже 10,5 В, присутствует дополнительное сопротивление на изолированной стороне, или на стороне заземления аккумуляторной батареи. Продолжайте замеры по направлению к аккумулятору.



**Рис. 185 - Схема проверки напряжения на стороне питания устройства**

Если напряжение в соединении, находящимся ближе к аккумуляторной батарее, присутствует, предполагаем, что разрыв цепи расположен между потребителем (точка А) и испытуемом соединением (см. рис. 186). Используйте проволочную перемычку, обходя испытуемый участок цепи для того, чтобы подтвердить возникшее предположение. Если напряжение в точке В равно напряжению источника тока, существует разрыв цепи на заземляющей стороне. Используйте проволочную перемычку для соединения потребителя с надежным заземлением. Затем проведите дополнительное испытание.



**Рис. 186 - Схема проверки напряжения пр элементам цепи**

Нарушение контакта на клеммах определяется таким же образом, как и обрыв провода, однако в данном случае щупом вольтметра или контрольной лампы касаются не клемм, а наконечников проводов или самих проводов (если это возможно). Если при касании щупом вольтметра или контрольной лампы одного конца провода вольтметр показывает напряжение или лампа горит, а при касании второго конца провода вольтметр не показывает или показывает меньшее напряжение, а лампа не горит или горит в полнакала, то это может быть результатом плохого контакта в наконечнике. Для устранения неисправности клемму зачищают и плотно соединяют.

5. Срабатывание одного из предохранительных устройств во время пробного включения агрегата свидетельствует о том, что в цепи имеется короткое замыкание. Для подтверждения этого вместо предохранителя последовательно в цепь включают контрольную лампу и включают питание на агрегат. Если имеется короткое замыкание в цепи, то лампа горит ярко. В этом случае следует определить наличие короткого замыкания в агрегате и в проводке. Для определения наличия короткого замыкания в агрегате или проводке отключают изолированный провод от агрегата и производят включение питания (при условии замены предохранителя контрольной лампой). Если в этом случае лампа не горит, то короткое замыкание произошло в агрегате. Если контрольная лампа горит, то короткое замыкание следует искать в элементах проводки и коммутирующих устройствах. Участок про-

водки, в котором предполагается короткое замыкание, определяется путем последовательного отсоединения участков цепи. Короткое замыкание отмечается на том участке, после отсоединения которого контрольная лампа гаснет. Обычно короткое замыкание происходит при повреждении изоляции и касании массы автомобиля токоведущей жилой.

#### Неисправности в цепях системы освещения и световой сигнализации автомобиля.

В цепях системы освещения и световой сигнализации встречаются следующие виды неисправностей:

- не горят нити дальнего и ближнего света или обеих фар;
- не включаются оба передних фонаря освещения или один из них; не горят лампы задних фонарей или лампах приборов;
- не горят лампы указателей поворота; не горит лампа освещения номерного знака.

В системе освещения и световой сигнализации встречаются неисправности как в приборах, так и в соединительных проводах и коммутационной аппаратуре.

В приборах перегорает нить лампы, отмечается плохой контакт токопроводящих деталей с лампой или массой. Для определения вида неисправности в цепях системы освещения и световой сигнализации применяют вольтметр или контрольную лампу с патроном, имеющие два вывода. К этим выводам присоединяют щупы.

Возможные неисправности и способы их устранения приведены ниже:

- горит нить дальнего или ближнего света лампы только правой фары и горит лампа левой фары (неисправный участок находится между соединительной панелью левой фары и лампой правой фары). Проверку осуществляют с помощью контрольной лампы и вольтметра; на клеммах соединительной панели левой фары напряжение имеется (так как лампа левой фары горит). Следует проверить, есть ли напряжение на клеммах соединительной панели правой фары. Для этого касаются щупом вольтметра (контрольной лампы) клеммы соединительной панели, а вторым щупом - массы; отсутствуют показания вольтметра или контрольная лампа не горит, (участок между соединительными панелями неисправен). Детально проверяют проводку между соединительными панелями. Если на шкале вольтметра имеются показания или контрольная лампа горит, то участок между соединительными панелями исправен и неисправность отмечается в зоне, расположенной от правой соединительной панели до правой лампы. Проверку этого участка выполняют при частично разобранный фаре. Для

этого извлекают из фары оптический элемент, проверяют исправность лампы. Визуально проверяют состояние контактирующих элементов в патроне. После обнаружения неисправностей их устраняют, и при включении схемы она должна нормально функционировать;

- не горят нити дальнего света ламп обеих фар, а горят нити ближнего света ламп. Повреждение отмечается в зоне, расположенной между клеммами ножного переключателя, соединительной панелью и каждой фарой. Для определения неисправностей включают дальний свет и касаются одним щупом вольтметра или контрольной лампы выходной клеммы ножного переключателя, а вторым щупом - массы; на шкале вольтметра отсутствуют показания или контрольная лампа не горит, надо заменить ножной переключатель; на шкале вольтметра имеются показания или лампа горит, это означает, что прибор исправен, и, начиная от места подсоединения прибора к данной клемме, последовательно проверяют проводку, включив фары.

- не горят нити ближнего света ламп обеих фар. Неисправность определяют тем же методом, что и предыдущую; горят лампы дальнего и ближнего света обеих фар, а другие потребители (подфарники и задние фонари) работают нормально. Неисправность следует искать на участке от выходных клемм центрального переключателя до ножного переключателя, ее определяют с помощью вольтметра или контрольной лампы.

- не горят лампы обеих подфарников. Это означает, что неисправность находится на участке цепи от выходной клеммы центрального переключателя света до подфарников. Проверку осуществляют с помощью вольтметра или контрольной лампы последовательно по всей цепи, включая подфарники. не включаются задние фонари. Неисправность следует искать в цепи от центрального переключателя до задних фонарей. не загорается лампа сигнала торможения; необходимо проверить всю цепь, начиная от центрального переключателя света. В приведенной схеме все цепи освещения подключены к центральному переключателю с биметаллическим предохранителем. При возникновении короткого замыкания в одной из цепей через предохранитель проходит ток большой силы. Вследствие этого биметаллическая пластина сильно нагревается; при этом она изгибается, и контакты, замыкаются. При отсутствии тока пластина охлаждается, выпрямляется и контакты вновь замыкаются. Во время короткого замыкания слышны щелчки, лампы освещения не горят или мигают. Порядок определения неисправностей следующий. Перемещая центральный переключатель, определяют цепь, в которой имеется короткое замыкание. Затем приступают к обнаружению короткого замыкания, руководствуясь изло-

женной выше методикой для определения неисправностей с признаками короткого замыкания.

Неисправности в системе освещения и световой сигнализации могут быть и других видов, но принципы их нахождения должны быть аналогичными описанным методическим указаниям.

#### ЗАДАНИЕ

1. Внимательно изучить описание лабораторной работы и усвоить методические указания.

2. Перечертить в тетрадь схему, приведенную в описании лабораторной работы, и просмотреть все цепи питания потребителей электрической энергии.

3. Показать преподавателю схему и ответить на его вопросы.

4. После получения разрешения преподавателя включить электропитание на стенде с помощью выключателя массы.

5. Используя коммутационную аппаратуру стенда, произвести проверку функционирования всех осветительных и светосигнальных приборов. Обнаруженную неисправность зафиксировать в тетради для лабораторных работ. Затем отключить стенд, предварительно выключив все осветительные и светосигнальные приборы.

6. На схеме, начерченной в тетради, наметить последовательность зон включения контрольной лампы.

7. Включить стенд, установить режим, при котором проявляется неисправность, и произвести поиск неисправности. После каждого включения контрольной лампы зафиксировать результаты и записать в тетрадь.

8. После обнаружения неисправности с результатами ознакомить преподавателя, устранить неисправность и повторно проверить работу всех осветительных светосигнальных приборов. Результаты поиска и устранение неисправности и зафиксировать и записать в тетради для лабораторных работ.

9. Окончательные результаты показать преподавателю, который делает отметку в тетради и журнале о выполнении данной лабораторной работы. Неисправности в схему вносит преподаватель; характер неисправностей должен меняться для каждой новой группы учащихся с соответствующей отметкой в журнале.

#### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете о лабораторной работе должны быть приведены следующие материалы.

1. Схема светосигнальной и осветительной аппаратуры.

2. Характер неисправностей.

3. Последовательность обнаружения неисправностей (с указани-

ем дополнительных схем светосигнальной и осветительной аппаратуры).

4. Результаты обнаружения и устранения неисправностей.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите возможные неисправности в цепях проводки.
2. Какие осветительные и светосигнальные приборы работают при включении фар ближнего света (укажите на схеме)?
3. Какие функции выполняет переключатель света?
4. Покажите на схеме цепь питания лампы сигнала торможения.
5. Какова методика обнаружения короткого замыкания в цепях осветительных и светосигнальных приборов?

### **Лабораторная работа № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучение способов и приобретение практических навыков проверки аккумуляторной батареи.

Приборы, материалы, оборудование:

- Стеклопипеточная трубка Ø 5–8 мм, денциметр с пипеткой со шкалой 1,100–1,300г/см<sup>3</sup>, термометр со шкалой от 0 до 100<sup>0</sup> С, вольтметр магнитоэлектрической системы со шкалой от 0 до 15В и ценой деления 0,2В, аккумуляторные пробники - S-107, S-108.

#### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

##### **Внешний осмотр**

Визуально определяют состояние моноблока, крышек, пробок, мастики, выводов батарей, обращает внимание на наличие электролита и состояние его поверхности. Моноблок и крышки должны быть очищены от грязи и электролита и не иметь трещин.

Загрязненные крышки и мастику протирают тканью смоченной 10% раствором пищевой соды или нашатырного спирта. Если батарея имеет трещины, то она подлежит ремонту. Проверяют и прочищают вентиляционные отверстия в крышках АКБ (пробках).

Трещины в мастике устраняют оплавлением ее нагретым паяльником, сильно поврежденную заменяют. Покачивание выводов определяют плотность их крепления. Окисленные выводы зачищают щеткой или специальной щеткой, и смазывают техническим вазелином или маслом для двигателя.

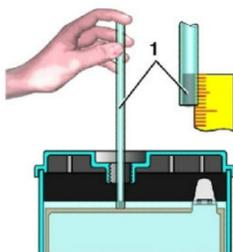
Наблюдая за поверхностью электролита обращают внимание на выделение пузырьков газа, наличие пузырьков свидетельствует об ускоренном саморазряде из-за загрязнения электролита посторонними веществами. При наличии разряда электролит заменяют. Перед этим АКБ необходимо разрядить током, равным 0,1 емкости батареи до напряжения 1,2 В на одном аккумуляторе (или до 7,2 В на зажимах батареи).

Сливают электролит, предварительно замерив его плотность. Затем в аккумуляторы заливают чистый электролит той же плотности, которую имел загрязненный электролит после разряда, и заряжают батарею.

### **Измерение уровня электролита**

Уровень электролита в аккумуляторах должен быть на 10...15 мм (у аккумуляторной батареи 6СТ-55 5...10 мм) выше предохранительного щитка.

Уровень электролита измеряют стеклянной трубкой, которая опускается в аккумулятор до упора в предохранительный щиток, затем закрывается сверху пальцем и приподнимается (рис. 187).



**Рис. 187 - Проверка уровня электролита:**

*1 - стеклянная трубка*

Если уровень электролита ниже нормального, то в аккумуляторы заливают дистиллированную воду, если выше, то электролит отбирают резиновой грушей во избежание его расплескивания при эксплуатации батареи.

Доливку воды в аккумуляторы производят непосредственно перед зарядом батареи, а на автомобиле – при работающем двигателе. Несоблюдение этого требования может вызвать замерзание воды в аккумуляторах и ускоренный саморазряд из-за разной плотности электролита в верхней и нижней частях аккумулятора.

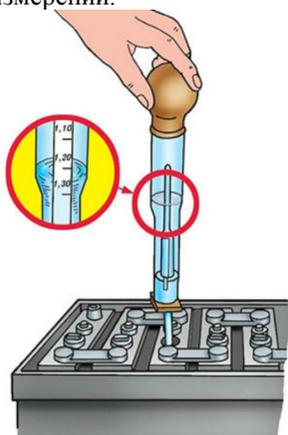
Необходимо помнить, что после доливки воды без заряда плотность электролита замерить невозможно.

Нельзя повышать уровень доливкой в аккумуляторы электроли-

та, так как это приведет к повышению его плотности. Электролит доливают только в случае вытекания (например, при опрокидывании батареи). По цвету электролита в измерительной трубке можно судить о его загрязненности. Электролит бурого цвета свидетельствует об осыпании активного вещества «плюсовых» электродов аккумулятора.

### **Измерение плотности электролита**

Плотность электролита в каждом аккумуляторе измеряют денсиметром или плотномером (рис. 188). При выполнении лабораторной работы рекомендуется пользоваться денсиметром, так как он имеет меньшую погрешность измерений.



**Рис. 188 - Проверка плотности электролита:**

Для измерения плотности электролита необходимо с помощью резиновой груши несколько раз (для удаления пузырьков воздуха со стенок пипетки) набрать электролит в пипетку до всплытия денсиметра. Не вынимая пипетку из аккумулятора и не допуская касания денсиметром стенок пипетки по нижней части мениска электролита в пипетке по шкале денсиметра, определяют плотность электролита. Допускается отклонение плотности электролита в аккумуляторах одной батареи не более чем на  $10 \text{ кг/м}^3$  ( $0,01 \text{ г/см}^3$ ). При большем отклонении батарею нужно зарядить. Для определения величины температурной поправки необходимо измерить температуру электролита.

### **Определение степени разреженности аккумуляторов и батарей**

Снижение плотности электролита на  $10 \text{ кг/м}^3$  по отношению к плотности у полностью заряженного аккумулятора соответствует разряду аккумулятора примерно на 6 %. Например, если плотность элек-

тролита в заряженном аккумуляторе была  $1280 \text{ кг/м}^3$ , а измерения при  $298^0 \text{ К}$  ( $+25^0 \text{ С}$ ) –  $1220 \text{ кг/м}^3$ , то плотность понизилась на 60 ед., что соответствует 36 % разреженности.

*Степень разреженности батареи определяется по степени разреженности аккумулятора, имеющего самую низкую плотность электролита.*

Батареи, имеющие степень разреженности более 25 % зимой и 50 % летом, должны сниматься с эксплуатации и заряжаться.

Необходимо учитывать, что снижение плотности электролита в аккумуляторах может происходить не только в результате разряда, но и в результате действия неисправностей (сульфатация, замыкание электродов).

Для того чтобы определить эти неисправности и подтвердить подсчитанную степень разреженности, необходимо измерить ЭДС и напряжение аккумулятора под нагрузкой.

**Определение ЭДС аккумуляторов по плотности и вольтметром**

ЭДС аккумулятора определяется по уравнению:

$$E_0 = 0,84 + \gamma_{25} \times 10^{-3}$$

Но величину ЭДС с достаточной точностью можно определить и вольтметром без нагрузки так как

$$U_e = E_0 - I_e R_a$$

где  $U_e$  – показания вольтметра, В;  $I_e$  – сила тока, потребляемая вольтметром, А;  $R_a$  – внутреннее сопротивление аккумулятора, Ом.

Так как величины  $I_e$  и  $R_a$  малы, то практически величина  $I_e R_a$  близка нулю и вольтметр показывает величину  $E_0$ , т. е.  $U_e = E_0$ . сравнивая величины ЭДС, подсчитанной и измеренной, судят о наличии неисправностей батареи.

Если  $U_e = E_0$ , то степень разреженности, подсчитанная по плотности, соответствует действительной. Если  $U_e = 0$ , то в аккумуляторе имеет место полное короткое замыкание электродов или обрыв в цепи. Для определения обрыва необходимо замерить напряжение батареи. Если  $U_e = 0$ , то в аккумуляторе имеет место полное короткое замыкание электродов или обрыв в цепи. Для определения обрыва необходимо замерить напряжение батареи. Если  $U_e$  значительно меньше  $E_0$  (например,  $U_e = 0,5 \dots 1,5 \text{ В}$ ), в аккумуляторе имеется частичное замыкание электродов. Если  $U_e$  больше  $E_0$ , то в аккумуляторе сульфатированы электроды или отстоялся электролит.

У аккумуляторных батарей со скрытыми межэлементными соединениями замеряются ЭДС всей батареи, а ЭДС по плотности подсчитывается как сумма  $E_0$  всех аккумуляторов. Если при измерении

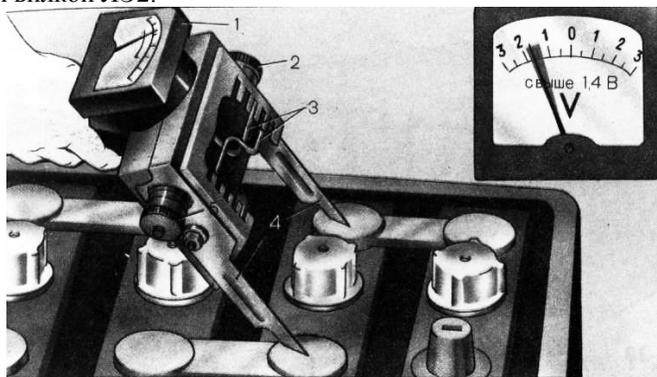
вольтметром ЭДС батареи равна нулю, то в цепи одного или нескольких аккумуляторов имеется обрыв. Если напряжение батареи, измеренное вольтметром, равно 10 В, то в одном аккумуляторе полное или в нескольких – частичное короткое замыкание. Частичное замыкание электродов можно устранить промывкой аккумулятора дистиллированной водой. При полном коротком замыкании батарею нужно ремонтировать.

С помощью измерения и подсчета ЭДС невозможно выявить наличие таких неисправностей, как уплотнение активного вещества и разрушение электродов.

Определить эти неисправности, а также выявить общую пригодность аккумуляторных батарей к эксплуатации позволяет измерение напряжения под нагрузкой.

### **Измерение напряжения под нагрузкой**

Напряжение каждого аккумулятора под нагрузкой, близкой к стартерной, измеряется аккумуляторным пробником Э108 или нагрузочной вилкой ЛЭ2.



**Рис. 189 - Измерение напряжения аккумулятора под нагрузкой пробником Э108:**

*1 - вольтметр; 2 - резисторы; 3 - контактная гайка; 4 - измерительные ножки*

Испытывая аккумуляторы, плотно прижимают острия ножек к выводам проверяемого аккумулятора и в конце пятой секунды определяют напряжение по вольтметру. На сильно окисленных выводах необходимо сделать царапины ножками приборов для создания надежного электрического контакта. Так как величина тока разряда близка к стартерной, то повторные измерения напряжения под нагрузкой будут несколько ниже вследствие частичного разряда аккумуляторов. Уве-

личивать время проверки аккумулятора нельзя, так как это повлечет за собой получение неверного результата измерений.

Напряжение исправного и полностью заряженного аккумулятора в конце пятой секунды при проверке нагрузочной вилкой ЛЭ2 должно быть не менее 1,7В и не менее 1,4В при проверке пробником Э108. напряжение всех аккумуляторов не должно отличаться более чем на 0,1В. При меньших величинах напряжения к эксплуатации непригодна и ее нужно заряжать или ремонтировать.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Заключение о техническом состоянии аккумуляторов делается с учетом всех ранее замеренных и подсчитанных параметров. Например, если  $\gamma_{25}=1270 \text{ кг/м}^3$ ;  $U_b = E_0$  (батарея заряжена), но напряжение под нагрузкой  $U_n = 1,3 \text{ В}$ , то это свидетельствует о разрушении электродов или уплотнении активного вещества. Такая батарея требует ремонта.

Внешний осмотр АКБ – трещины, загрязнение и т.д.; Какова степень разряженности батареи. Снижена ли плотность электролита, если да то на сколько – указать самую разряженную банку.; Соответствует ли ЭДС аккумулятора рассчитанная по плотности напряжению определённому вольтметром, если нет – на сколько вольт разница. Сделать вывод – обрыв, замыкание электродов или сульфатация.; Сделать общий вывод.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Как определить фактическую емкость батареи?*
- 2. Почему при измерении плотности электролита необходимо учитывать его температуру?*
- 3. Как определяется степень разряда аккумулятора по плотности?*
- 4. Каковы причины и признаки ускоренного саморазряда?*
- 5. Как определяется и устраняется сульфатация?*
- 6. Как можно определить замыкание разноименных электродов?*
- 7. Какой способ проверки аккумулятора и почему дает более полное представление о его техническом состоянии: измерение напряжения под нагрузкой или измерение плотности электролита?*
- 8. Как определить, какое сопротивление в нагрузочной вилке пробнике необходимо подключить при определении напряжения под нагрузкой?*

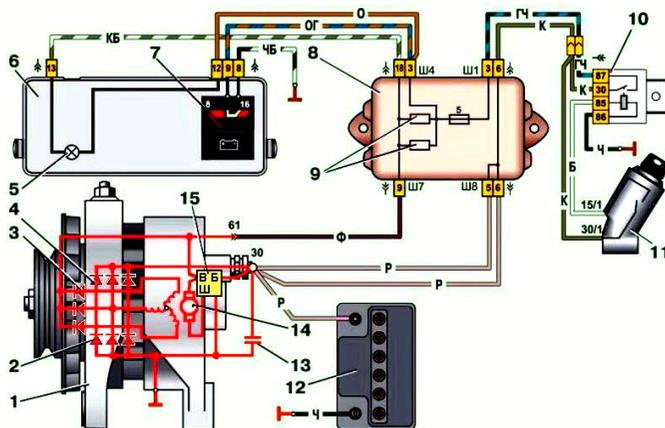
### Лабораторная работа № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГЕНЕРАТОРА

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучение способов и приобретение практических навыков определения технического состояния генератора.

Приборы, материалы, оборудование:

- Генератор; контрольная лампа 1...3 Вт, 12 в; мультиметр.

Основными источниками электропитания автомобиля и трактора являются аккумуляторные батареи и генераторы. Неисправность каждого из них ведет к общей неисправности машины. При выходе из строя одного элемента, второй также не будет корректно функционировать. К примеру, неисправный аккумулятор повышает зарядный ток генераторной установки, вследствие чего выходит из строя выпрямитель, который также называют диодным мостом. В то же время неисправный регулятор напряжения, которое поступает от генератора, увеличивает показания зарядного тока и, тем самым, приводит к систематическому перезаряду аккумуляторной батареи.



**Рис. 190 - Схема соединения цепи генератора:**

1 - генератор; 2 - отрицательный вентиль; 3 - дополнительный диод; 4 - положительный вентиль; 5 - контрольная лампа разряда АКБ; 6 - комбинация приборов; 7 - вольтметр; 8 - монтажный блок; 9 - резисторы; 10 - реле зажигания; 11 - выключатель зажигания; 12 - АКБ; 13 - конденсатор; 14 - обмотка ротора; 15 - регулятор напряжения

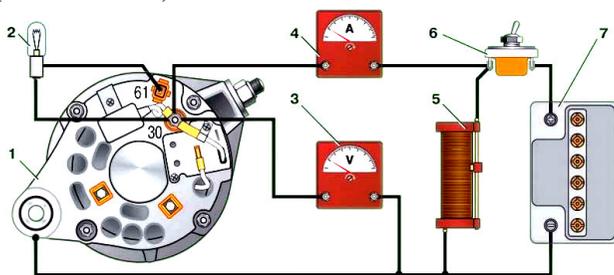
Чтобы обеспечить безопасную работу в заданном диапазоне ха-

рактических характеристик всего комплекса электроустройств работа автомобильного генератора должна удовлетворять высоким техническим параметрам и гарантировать выработку стабильного во времени уровня напряжения.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Проверка генератора на стенде.

Установить генератор на стенд и подключить согласно схеме (рис. 191). Включить двигатель стенда, реостатом 5 установить напряжение на выходе генератора не менее 13 В и довести частоту вращения генератора до 5000 мин<sup>-1</sup>. Через 10 мин провести проверку силы отдачи тока (не менее 55 А).



**Рис. 191 - Схема соединения для проверки генератора на стенде:**

1 - генератор; 2 - контрольная лампа; 3 - вольтметр; 4 - амперметр; 5 - реостат; 6 - выключатель; 7 - АКБ

Если измеренная амперметром величина отдаваемого тока меньше, это показывает на неисправность обмотки статора и ротора генератора или диодов выпрямителя. В этом случае проводятся дополнительные измерения.

Для определения напряжения при частоте вращения 5000 мин<sup>-1</sup> установить реостатом 5 ток отдачи 15 А и провести замер напряжения на выходе с генератора. При значении  $14 \pm 0,5$  В и температуре окружающей среды 20 °С - генератор исправен. Если отличается то возможны неисправности обмоток или выпрямителя.

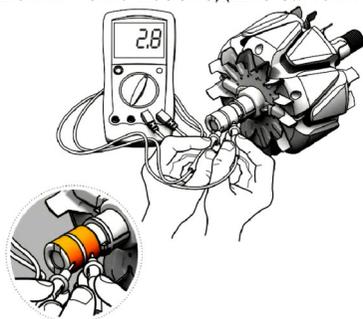
### Проверка обмотки возбуждения ротора.

Мультиметром в режиме измерения сопротивлений прозвонить обмотку возбуждения (на роторе). Для этого присоединить измерительные щупы к контактным кольцам (рис. 192).

Сопротивление исправной обмотки должно быть в пределах 2,3 - 5,1 Ом. Если сопротивление отсутствует, то в обмотке обрыв. Если сопротивление ниже положенного, то наиболее вероятной причиной

является межвитковое замыкание. Если значение сопротивления выше, то возможно плохой контакт или не пропаены выводы обмотки к контактным кольцам.

Для определения потребляемого обмоткой возбуждения тока подать на контактные кольца напряжение 12 В и в разрыв цепи подключить амперметр постоянного тока. Ток потребляемый обмоткой должен быть в пределах 3-4,5 А. Если ток завышен, значит в обмотке ротора межвитковое замыкание и она требует замены. Максимальный ток реле-регулятора 5 А, поэтому при завышенном токе обмотки ротора регулятор напряжения тоже необходимо заменить.



**Рис. 192 - Схема проверки обмотки возбуждения ротора**

### **Проверка статора.**

Проверка статора проводится после разборки генератора.

Для проверки статора на "обрыв" щупы мультиметра в режиме омметра соединяются к выводам обмотки статора. Если "обрыва" нет, прибор покажет сопротивление в пределах 10 Ом. Если присутствует "обрыв" в обмотках статора, то есть ток по ним не проходит, то сопротивление стремится к бесконечности (рис. 193 а).



**Рис. 193 - Схема проверки обмотки статора:**

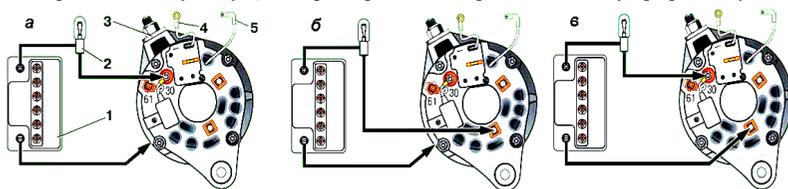
*а - проверка на "обрыв"; б - проверка на короткое замыкание*

Для проверки обмотки статора на короткое замыкание соеди-

нить минусовой щуп мультиметра в режиме омметра к статору, а плюсовой к любому выводу обмотки (рис. 193 б). Если короткого замыкания нет, сопротивление на приборе стремится к бесконечности. Повторить операцию для каждого вывода обмотки.

### **Проверка вентилях выпрямительного блока.**

Проверка осуществляется с использованием контрольной лампы. Для продвинутой проверки положительных и отрицательных вентилях собрать схему в соответствии с рисунком 194 а. для этого плюсовую клемму АКБ через контрольную лампу присоединить к зажиму "30" генератора, минусовую клемму АКБ - к корпусу генератора.



**Рис. 194 - Схема проверки вентилях выпрямительного блока:**

*а - проверка положительных и отрицательных вентилях; б - проверка отрицательных вентилях; в - проверка положительных вентилях; 1 - АКБ; 2 - контрольная лампа; 3 - генератор; 4 - вывод регулятора напряжения; 5 - провод общего вывода дополнительных вентилях*

Если контрольная лампа горит это указывает на короткое замыкание отрицательных и положительных вентилях.

Для проверки отрицательных вентилях плюсовую клемму АКБ через контрольную лампу соединить с одним из болтов крепления выпрямительного блока генератора, минусовую клемму АКБ - к корпусу генератора (рис. 194 б).

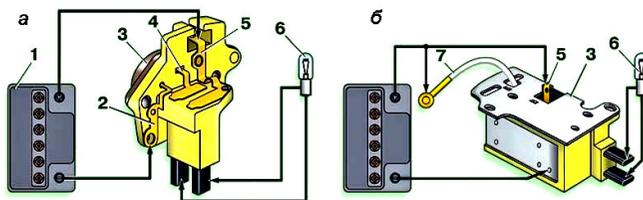
Горение лампы указывает на короткое замыкание в одном или нескольких отрицательных вентилях.

Для проверки положительных вентилях плюсовую клемму АКБ через контрольную лампу присоединить к зажиму "30" генератора, минусовую клемму АКБ - с одним из болтов крепления выпрямительного блока генератора (рис. 194 в).

Горение лампы указывает на короткое замыкание в одном или нескольких положительных вентилях.

### **Проверка регулятора напряжения.**

Для проверки регулятор соединить с источником питания (рис. 195 а), контрольную лампу соединить с щетками.



**Рис. 195 - Схема проверки регулятора напряжения:**

*а - выпуска с 1996 г; б - выпуска до 1996 г; в - проверка положительных вентилях; 1 - АКБ; 2 - вывод "масса" регулятора; 3 - регулятор напряжения; 4 - вывод "Ш" регулятора; 5 - вывод "В" регулятора; 6 - контрольная лампа; 7 - вывод "Б" регулятора*

При подаче напряжения 12 В лампа должна гореть, при подаче напряжения 13 В - не гореть, это указывает на исправность регулятора. Если лампа горит в обоих случаях, это указывает на пробой регулятора, если не горит - на обрыв цепи в регуляторе или отсутствии контакта между щетками и выводами регулятора напряжения.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Описать основные неисправности генераторов и причины их возникновения. Привести схемы проверки основных элементов генератора. По результатам проверки дать заключение о техническом состоянии генератора

### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение генератора.
2. Требования к генераторным установкам.
3. Какой генератор называют индукторным?
4. Классификация генераторов по конструкции, фазам, соединению.
5. Для чего нужны регуляторы напряжения?
6. Что включает генераторная установка переменного тока?
7. Устройство генератора с подвижной обмоткой возбуждения.
8. Процесс индукции переменной электродвижущей силы в витках обмоток генератора с подвижной обмоткой возбуждения.
9. Как поддерживается постоянное напряжение генератора при изменении частоты вращения привода?
10. Перечислите технические данные генератора.
11. Чем различаются между собой генераторы переменного

*тока с подвижной обмоткой возбуждения?*

*12. Из чего состоит бесконтактный индукторный генератор?*

*13. Принцип работы бесконтактного индукторного генератора.*

*14. Перечислите основные правила эксплуатации генераторных установок.*

*15. Перечислите основные неисправности генераторных установок и способы их устранения.*

### **Лабораторная работа № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРА**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучение способов и приобретение практических навыков определения технического состояния электростартера.

**Приборы, материалы, оборудование:**

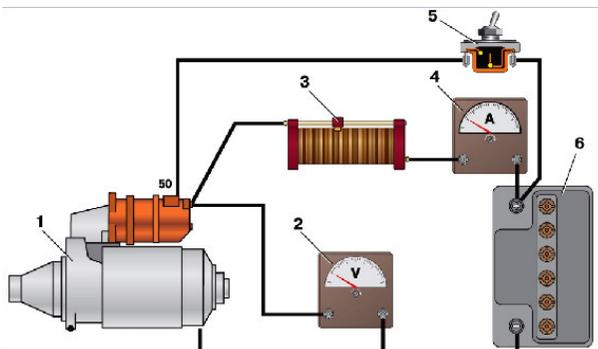
- Стартер; контрольная лампа 1...3 Вт, 12 в; мультиметр.

На автомобилях для пуска двигателя используется электрический стартер. При пуске двигателя вводится в зацепление шестерня стартера с зубчатым венцом маховика и электродвигатель раскручивает коленчатый вал. Стартер состоит из трех основных узлов: электродвигатель, тяговое реле и механизм привода. Тяговое реле обеспечивает втягивание сердечника электромагнита и ввод шестерни стартера в зацепление с зубчатым венцом маховика (тяговое), а также замыкание контактов и подачу тока к электродвигателю (реле).

К основным неисправностям стартера относятся ослабление крепления подводящих проводов, изнашивание или загрязнение щеток и коллектора, окисление контактов выключателя, обрыв или замыкание в обмотках, изнашивание деталей муфты свободного хода и зубьев шестерни. Эти неисправности приводят к тому, что стартер не работает совсем, не развивает нужные частоту вращения и мощность, при выключении якорь стартера вращается, а коленчатый вал неподвижен, создается сильный шум при включении и работе стартера.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Проверку технического состояния стартера проводят на стенде, для определения его работоспособности. В дальнейшем после частичной или полной разборки проводят проверку работоспособности отдельных узлов и элементов.



**Рис. 196 - Электрическая схема соединений для проверки стартера на стенде:**

*1 - генератор; 2 - вольтметр; 3 - реостат; 4 - амперметр; 5 - выключатель; 6- АКБ*

**Проверка работоспособности.** Для проверки работоспособности стартер устанавливают на стенд и соединяют в соответствии с схемой (рис. 196).

Замыкая выключатель 5 при напряжении источника тока 12В, три раза включают стартер с разными условиями торможения. Например, при тормозных моментах 2 и 10 Н м длительность каждого включения стартера должна быть не более 5 с, а промежутки между включениями не менее 5 с. Если стартер не вращает зубчатый венец стенда или его работа сопровождается ненормальным шумом, то разберите стартер и проверьте его детали.

**Испытание в режиме полного торможения.** Затормозите зубчатый венец стенда, включите стартер и замерьте ток, напряжение и тормозной момент, которые должны быть для стартера 35-370В соответственно не более 550 А, не более 7,5 В и не менее 13,7Н·м.

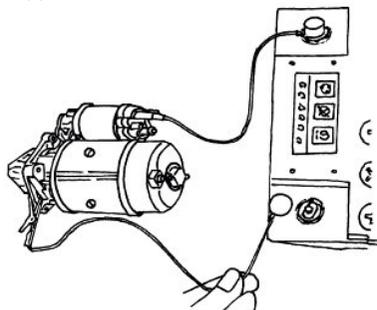
Для стартера СТ-221 ток должен быть не более 500 А, а напряжение - не более 6,5 В. Если тормозной момент ниже, а сила тока выше указанных величин, то причиной этого может быть межвитковое замыкание в обмотке статора и якоря или замыкание обмоток на массу. Если тормозной момент и потребляемая сила тока ниже указанных выше величин, то причиной может быть окисление и загрязнение коллектора, сильный износ щеток или снижение упругости их пружин, зависание щеток в щеткодержателях, ослабление крепления выводов обмотки статора, окисление или подгорание контактных болтов тягового реле. При полном торможении якорь стартера не должен проворачиваться, если это происходит, то неисправна муфта свободного

хода. Для устранения неисправностей разберите стартер и замените или отремонтируйте поврежденные детали.

**Испытание на режиме холостого хода.** Выведите зубчатый венец стэнда из зацепления с шестерней стартера. Включите стартер и замерьте потребляемый им ток и частоту вращения якоря стартера, которые должны быть соответственно не более 35 А (30 А для стартера 35 370В), и  $5000 \pm 1000 \text{ мин}^{-1}$  при напряжении на клеммах стартера 11,5-12 В

Если сила тока и частота вращения вала якоря отличаются от указанных значений, то причины могут быть те же, что и в предыдущем испытании

**Проверка тягового реле.** Установите между ограничительным кольцом и шестерней прокладку толщиной 12 мм и включите реле, проверьте силу потребляемого тока, которая должна быть не более 23 А. У двухобмоточного реле проверьте напряжение включения реле, которое должно быть не более 9 В при температуре окружающей среды  $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ . Если напряжение больше, то это указывает на неисправность реле или привода.



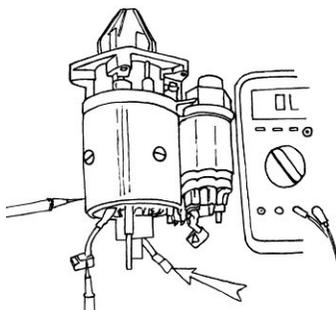
**Рис. 197 - Проверка тягивающего реле**

Чтобы проверить исправное состояние тягового реле, корпус стартера подключают к отрицательному выводу аккумулятора, а вывод тягивающего реле «50» – к положительному выводу аккумуляторной батареи (рис. 197).

Если при этом раздастся характерный щелчок, а в окне передней крышки появится шестерня привода, выдвинутая якорем стартера, реле исправно.

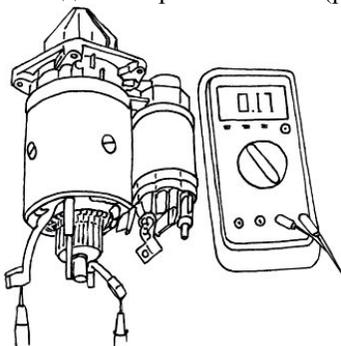
Чтобы проверить состояние обмотки якоря, нужно открыть заднюю крышку стартера и отсоединить щеточный узел; после этого один конец омметра замкнуть на корпусе стартера, а другой соединить сначала с одним выводом обмотки, а затем – с другим. Показание сопро-

тивления на уровне 10 кОм и больше говорит об отсутствии замыкания (рис. 198).



**Рис. 198 - Проверка на отсутствие замыкания**

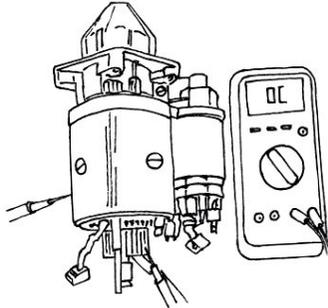
Для проверки обмотки на обрыв омметр присоединяют к двум выводам обмотки стартера, при этом стремление стрелки к бесконечности говорит о произошедшем обрыве обмотки (рис. 199).



**Рис. 199 - Проверка на отсутствие обрыва обмотки**

При диагностике необходимо проверить стартер на отсутствие замыкания обмоток якоря на массу; для этого один конец омметра присоединяют к корпусу стартера, а второй замыкают попеременно на каждой из контактных пластин якоря.

Если прибор показывает сопротивление на уровне 10 кОм и больше, можно говорить об отсутствии замыкания на обмотках якоря (рис. 200).



**Рис. 200 - Проверка обмоток якоря**

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Описать основные неисправности стартеров и причины их возникновения. Привести схемы проверки основных элементов стартера. По результатам проверки дать заключение о техническом состоянии стартера.

#### **Контрольные вопросы:**

- 1. Как проверить элементы системы электрического пуска на автомобиле?*
- 2. Как проверить стартер на автомобиле?*
- 3. Какие признаки неисправностей стартера вызывают необходимость проверки его на автомобиле?*
- 4. Как определить межвитковое замыкание и обрыв в обмотке возбуждения стартера?*
- 5. Как осуществить поиск неисправности, если электродвигатель стартера вращается, но не проворачивает коленчатый вал?*
- 6. Назовите причины повышенного шума при включении стартера?*
- 7. Как осуществить поиск неисправности, если электродвигатель стартера вращается, но коленчатый вал вращается очень медленно?*
- 8. Из-за чего стартер не выключается после пуска двигателя?*
- 9. Расскажите о назначении тягового реле*
- 10. С какой целью проводят испытания стартера в режиме полного торможения?*
- 11. С какой целью проводят испытания стартера в режиме холостого хода?*
- 12. Классификация стартеров.*

## Лабораторная работа № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучение способов и приобретение практических навыков определения технического состояния приборов системы зажигания.

Приборы, материалы, оборудование:

- Приборы контактной системы зажигания; контрольная лампа 1...3 Вт, 12 в; мультиметр.

Техническое состояние системы зажигания оказывает особенно большое влияние на надежность и экономичность работы двигателя и автомобиля в целом. При эксплуатации автомобиля в системе могут возникнуть различные неисправности, которые проявляют себя следующими признаками: не пускается двигатель; двигатель пускается, но после выключения стартера останавливается; затрудненный пуск двигателя; не работает один или несколько цилиндров двигателя; перебои в работе цилиндров двигателя; снижение мощности и экономичности двигателя.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Основные неисправности: не работают все свечи зажигания; обрыв или пробой изоляции высоковольтного провода, соединяющего катушку зажигания с распределителем; неисправен распределитель; неисправна катушка зажигания; обрыв проводов в цепи низкого напряжения, неисправен транзисторный коммутатор контактно-транзисторной системы; неисправен датчик или транзисторный коммутатор в бесконтактной системе зажигания.

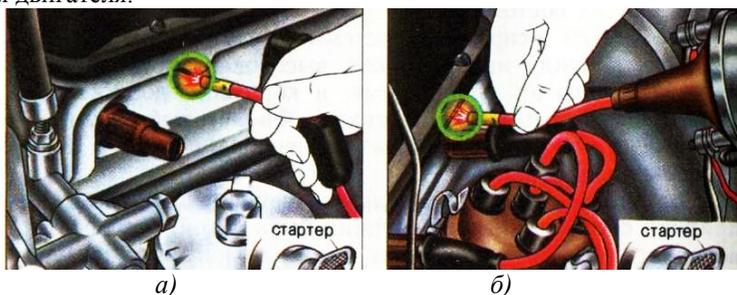
Для комплексной проверки всей системы зажигания (исключая свечи) отсоединяют провода (или один провод) от наконечников свечей зажигания и располагают их на 5-10 мм от корпуса двигателя. Стартером или пусковой рукояткой при включенном зажигании вращают коленчатый вал двигателя, наблюдая за искрообразованием в зазорах. Бесперебойное искрообразование свидетельствует об исправности приборов, аппаратов и цепей системы зажигания (рис. 201 а). В этом случае вывертывают свечи зажигания и проверяют их состояние.

При работе исправной системы зажигания искра, возникающая между наконечником высоковольтного провода, отсоединенного от любой свечи, и корпусом, должна быть белого цвета с голубым оттенком. Фиолетовый, желтый и красный цвета искры говорят о неисправ-

ностях в цепях системы зажигания.

Состояние свечей определяют внешним осмотром. Исправная свеча зажигания должна быть сухой, без чрезмерного нагара. Свечи с черным влажным нагаром просушивают, а затем очищают на пескоструйном аппарате.

В этом случае, когда искрообразование в зазорах между корпусом двигателя и проводами, отсоединенными от наконечников свечей зажигания, отсутствует, проверяют распределитель. Для этого вынимают высоковольтный провод катушки зажигания из центрального ввода распределителя, располагают его наконечник на 5-10 мм от корпуса двигателя (рис. 201 б) и стартером или пусковой рукояткой при включенном зажигании вращают коленчатый вал двигателя, наблюдая за искрообразованием в зазоре между наконечником провода и корпусом двигателя.



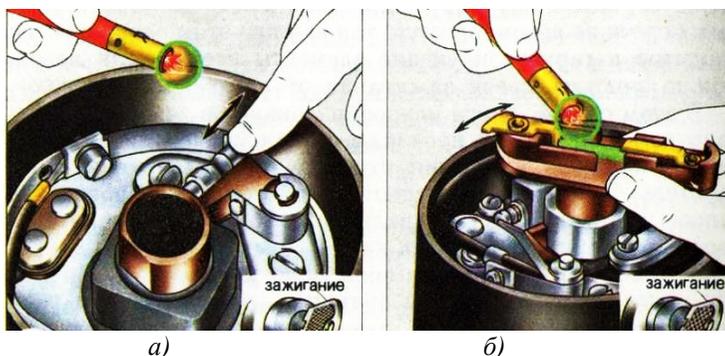
**Рис. 201 - Проверка качества и бесперебойности искрообразования при вращении коленчатого вала двигателя:**

*а - комплексная проверка системы зажигания; б - проверка распределителя*

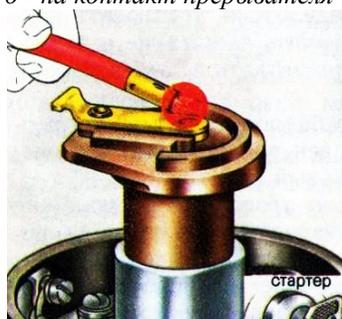
Проверку искрообразования в контактной системе можно производить и не вращая коленчатый вал двигателя. Для этого нужно снять крышку распределителя, установить контакты в замкнутое состояние, включить зажигание и за рычажок прерывателя или ротором размыкать и замыкать контакты (рис. 202 а, б).

Если искрообразование бесперебойное, то катушка и первичная цепь исправны, а неисправен распределитель зажигания (ротор, крышка, подавительный резистор).

Пробой изоляции ротора можно проверить, расположив провод высокого напряжения с зазором от электрода ротора (рис. 203), вращая коленчатый вал двигателя рукояткой или стартером. Если в зазоре будет искрообразование, ротор неисправен («пробит»). Неисправный ротор, подавительный резистор и крышка распределителя заменяются.



**Рис. 202 - Проверка качества и бесперебойности искрообразования без вращения коленчатого вала двигателя**  
*а - на корпус; б - на контакт прерывателя*



**Рис. 203 - Проверка изоляции ротора распределителя**

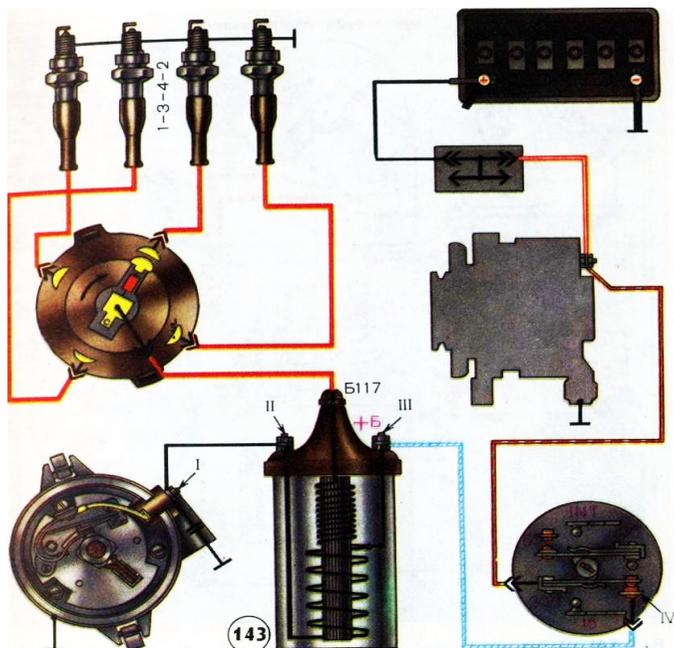
Восстановлению крышка распределителя и ротор не подлежат.

Если при проверке высокое напряжение на проводе от катушки зажигания отсутствует, проверяют цепь тока низкого напряжения, катушку зажигания, прерыватель, датчик, коммутатор.

Исправность первичной цепи можно проверить по амперметру. Для этого включают зажигание и медленно вращают коленчатый вал двигателя пусковой рукояткой. При включении цепи первичной обмотки катушки зажигания стрелка амперметра будет отклоняться в сторону разряда, а при отключении - в сторону нулевого деления шкалы. Если при вращении коленчатого вала двигателя не происходит колебания стрелки амперметра, то в первичной цепи имеется неисправность.

В контактных системах зажигания для детальной проверки цепи низкого напряжения вращением коленчатого вала двигателя пусковой

рукояткой устанавливают контакты прерывателя в замкнутое состояние и подключают к клемме низкого напряжения прерывателя контрольную лампу.



**Рис. 204 - Схема -контактной системы зажигания автомобилей:**

*I - IV — последовательность проверки цепи*

Включают зажигание и периодически размыкают и замыкают контакты прерывателя. Если лампа горит при разомкнутых контактах и не горит при замкнутых, то цепь тока низкого напряжения, включая первичную обмотку катушки зажигания, дополнительный резистор, коммутатор (в контактно-транзисторной системе) и прерыватель, исправна, т. е. в цепи нет обрыва.

Если лампа, подключенная к клемме прерывателя, не горит при размыкании контактов, нужно проверить прерыватель и цепь низкого напряжения от источника тока до прерывателя. Для этого отсоединяют провод от клеммы прерывателя, а между наконечником провода и корпусом подключают контрольную лампу и включают зажигание. Если лампа горит, цепь до прерывателя исправна, а неисправность в самом

прерывателе, т. е. произошло замыкание рычажка прерывателя и провода с корпусом или замыкание обкладок конденсатора. Если же лампа не горит, то для определения места обрыва в цепи лампу поочередно подключают к клеммам цепи в положения II, III, IV и т. д. (рис. 204).

Например, если лампа не горит при подключении ее в положение II и будет гореть при подключении в положение III, то обрыв в первичной обмотке катушки зажигания.

Если лампа, подключенная к клемме прерывателя, горит и при замкнутых контактах, это свидетельствует о сильном окислении контактов, обрыве провода от клеммы прерывателя до рычажка или обрыве провода, соединяющего подвижной диск прерывателя с корпусом. Для проверки состояния контактов провода, соединяющего клемму прерывателя с рычажком, и провода, соединяющего подвижной диск прерывателя с корпусом, нужно при включенном зажигании и подключенной лампе соединить проводником контакты между собой.

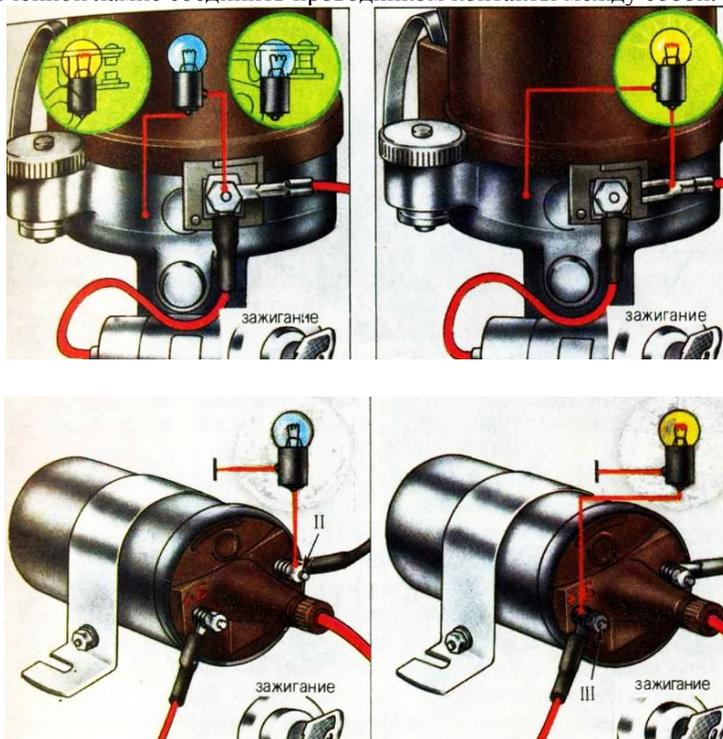


Рис. 205 - Проверка цепи низкого напряжения и прерывате-

ля

Если лампа гаснет, это указывает на исправность проводов и сильное окисление контактов прерывателя. Окисленные контакты зачищают. Для зачистки контактов надо снять рычажок и пластину неподвижного контакта и при помощи абразивного мелкозернистого бруска или пластины снять бугорок с одного контакта и несколько сгладить поверхность другого контакта, имеющего углубление. При обработке поверхности контактов не следует полностью удалять углубление, иначе останется малая толщина вольфрамовой части контактов, что сократит срок их службы. При зачистке нужно следить, чтобы плоскости контактов остались параллельными (рис. 15).

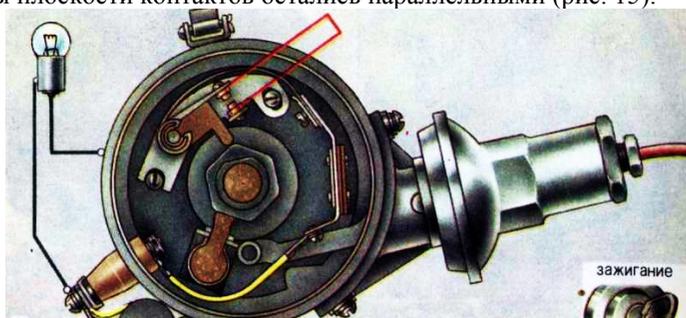


Рис. 206 - Проверка состояния рабочей поверхности контактов

тов

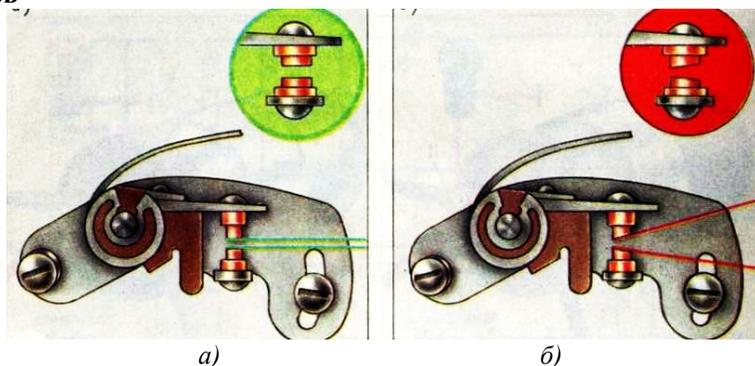


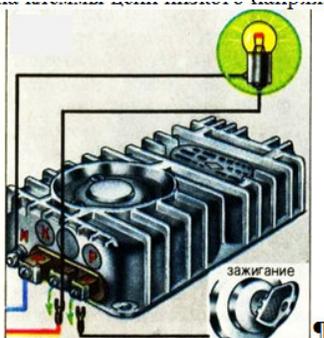
Рис. 207 - Правильная (а) и неправильная (б) форма контактов прерывателя после зачистки

Для проверки конденсатора в контактной системе на автомобиле вынимают высоковольтный провод из центрального ввода крышки распределителя и подводят его наконечник к корпусу двигателя автомобиля с зазором 5-10 мм.

Снимают крышку и ротор распределителя. Затем включают зажигание и вращают пусковой рукояткой или стартером коленчатый вал двигателя, наблюдая за искрообразованием между контактами прерывателя, а также между наконечником высоковольтного провода и корпусом двигателя.

При исправном конденсаторе искрообразование между контактами прерывателя будет слабо заметным и непостоянным, а в зазоре между наконечником высоковольтного провода и корпусом двигателя искрообразование будет бесперебойным. В случае уменьшения емкости конденсатора между контактами прерывателя будет значительное искрение, а в зазоре между наконечником высоковольтного провода и корпусом искрообразование будет с перебоями с малой длиной искры. При замкнутых обкладках конденсатора не будет происходить прерывание тока низкого напряжения, а поэтому и не будет искрения между контактами прерывателя, а также и между наконечником высоковольтного провода и корпусом.

Для проверки исправности транзисторного коммутатора ТК102 отсоединяют провода от безымянной клеммы и клеммы «Р» коммутатора (рис. 16). Подключают лампу к наконечнику провода, отсоединенного от безымянной клеммы, и включают зажигание. Лампа будет гореть при исправной цепи низкого напряжения. Если лампа не горит, то следует проверить исправность цепи контрольной лампой, подключая ее поочередно на клеммы цепи низкого напряжения.



**Рис. 208 - Проверка на обрыв цепи низкого напряжения контактно-транзисторной системы зажигания**

При исправной цепи низкого напряжения подключают отсоединенный провод к безымянной клемме коммутатора и подсоединяют к этой клемме контрольную лампу (рис. 208). Затем производят периодическое замыкание и размыкание клеммы «Р» коммутатора с корпу-

сом при включенном зажигании. При исправном транзисторе коммутатора в момент замыкания клеммы на корпус лампа не горит, так как она будет закорочена (шунтирована) открытым транзистором. Если лампа не горит при отсоединенной клемме «Р» или не гаснет при соединении клеммы «Р» с корпусом, транзисторный коммутатор ТКЮ2 неисправен. Если коммутатор исправен, подключают отсоединенный провод к клемме «Р» коммутатора и периодически замыкают и размыкают контакты прерывателя при включенном зажигании. Если лампа, подключенная к безымянной клемме коммутатора, не гаснет или не горит, неисправен прерыватель.

При проверке бесконтактных систем зажигания запрещается выключать аккумуляторную батарею и провода от транзисторного коммутатора при включенном зажигании, так как в цепях возникают высоковольтные импульсы напряжения, которые могут повредить полупроводниковые приборы коммутатора.

Двигатель пускается, но после включения стартера останавливается.

Основные неисправности: обрыв или перегорание дополнительного резистора катушки зажигания; обрыв или плохой контакт в наконечниках провода, соединяющего клемму выключателя зажигания и дополнительный резистор (клемма «ВК-Б» или «+»); неисправен выключатель зажигания.

Во время пуска двигателя стартером цепь тока первичной обмотки катушки зажигания включается посредством реле включения стартера или тяговым реле, поэтому обрыв резистора и обрыв в цепи до катушки зажигания не влияют на работу системы зажигания, и двигатель пускается.

Определение обрыва в цепи с помощью контрольной лампы описано в предыдущем разделе. Для обеспечения работы двигателя в дорожных условиях при обрыве резистора необходимо его заменить, а при его отсутствии соединить проводником обе клеммы резистора. При возвращении в гараж проводник снять и установить исправный резистор.

Затрудненный пуск двигателя. В период пуска возникают нерегулярные вспышки рабочей смеси в отдельных цилиндрах, что увеличивает время пуска двигателя. После пуска и последующего прогрева двигатель работает нормально.

Основные неисправности: разряжена аккумуляторная батарея; нагарообразование на нижней части изолятора свечей зажигания; влага на верхней части изоляторов свечей зажигания; влага на роторе и крышке распределителя.

Если аккумуляторная батарея разряжена, то во время пуска двигателя стартером напряжение ее значительно снижается. Это видно в первую очередь по плохой работе стартера. Кроме того, уменьшается сила тока в первичной обмотке и, следовательно, напряжение во вторичной обмотке катушки зажигания. При малом напряжении во вторичной обмотке катушки зажигания не возникает искры между электродами свечей зажигания.

Для облегчения пуска двигателя пусковой рукояткой при разряженной аккумуляторной батарее допускается временно соединить отрезком провода клеммы «ВК» и «ВК-Б» дополнительного резистора в первичной цепи зажигания, что повысит силу тока в первичной цепи зажигания и напряжение во вторичной цепи. После пуска двигателя провод, замыкающий эти клеммы, обязательно снимают. В противном случае произойдет перегрев обмоток катушки зажигания, а в транзисторной системе и перегрев транзистора. В результате перегрева могут возникнуть тепловое разрушение изоляции обмоток и пробой транзистора.

Нагарообразование на изоляторах свечей зажигания увеличивается при неисправном двигателе, системе питания, длительной работе двигателя на холостом ходу, а также при неправильном подборе свечей к двигателю.

Влага и грязь на изоляторах свечей, высоковольтных проводах, роторе и крышке распределителя способствует утечке тока высокого напряжения, что значительно уменьшает напряжение, подводимое к электродам свечей зажигания, и затрудняет пуск. Кроме того, по влажной поверхности ротора и крышки распределителя возможен искровой пробой, что приводит к выгоранию изоляции и образованию трещин. Во избежание этого необходимо периодически, а особенно после мойки автомобиля, протирать насухо ротор и крышку распределителя.

Не работает один или несколько цилиндров двигателя. Основные неисправности: не работает свеча зажигания; неисправны подавительные резисторы в наконечниках высоковольтных проводов; обрыв или пробой изоляции высоковольтного провода, подключенного к свече; пробой крышки распределителя.

При этих неисправностях двигатель работает неустойчиво, значительно снижается его мощность, происходит сильное колебание двигателя на опорах, увеличивается расход топлива.

Для определения неработающего цилиндра во время работы двигателя поочередно вынимают высоковольтные провода из боковых выводов крышки распределителя или поочередно снимают наконечники со свечей. При отключении провода от свечи неработающего ци-

линдра перебои в работе двигателя не усиливаются, а при отключении провода от свечи работающего цилиндра перебои увеличиваются еще больше. После определения неработающего цилиндра поочередно проверяют свечу, подавительный резистор наконечника свечи, высоковольтный провод и крышку распределителя.

Неработающая свеча зажигания всегда бывает менее нагрета по сравнению с работающими свечами. Внешним осмотром определяют состояние свечи, проверяя отсутствие трещин на изоляторе, наличие нагара, грязи и масла на нем, а также зазор между электродами и их состояние. При замене свечей на двигателе необходимо устанавливать только те свечи, которые рекомендованы заводами. При установке холодных (с большим калильным числом) свечей может происходить загрязнение изолятора черным нагаром, когда температура изолятора будет ниже температуры самоочищения (400-900 °С). Нагар на изоляторе не сгорает и замыкает центральный электрод свечи на корпус. По этому слою нагара происходит утечка тока высокого напряжения, и свеча не работает. Неисправные свечи очищают или заменяют.

Для проверки наконечника свечи его можно установить на свечу работающего цилиндра. Если и этот цилиндр не будет работать, наконечник неисправен.

При осмотре крышки распределителя следует обратить внимание на отсутствие трещин или следов пробоя изоляции возле боковых электродов, а также на наличие влаги, масла, грязи. Крышка распределителя с выгоревшей поверхностью и трещинами заменяется. Внутренняя и внешняя поверхности крышки должны быть чистыми и сухими. Наконечники высоковольтных проводов должны плотно входить в боковые выводы крышки распределителя и прочно крепиться к наконечникам свечей зажигания.

Провода протирают, очищая их от грязи и масла. Провода с пробитой изоляцией заменяют.

Перебои в работе цилиндров двигателя. Двигатель работает неустойчиво на различных частотах вращения коленчатого вала; наблюдается неравномерное увеличение частоты вращения коленчатого вала при плавном открытии дроссельной заслонки и значительные колебания двигателя на опорах на холостом ходу.

Основные неисправности: плохой контакт в местах крепления проводов на клеммах приборов; ослаблено крепление прерывателя или датчика-распределителя к двигателю; изношены подвижные детали прерывателя; обрыв провода между подвижным и неподвижным дисками прерывателя; потеря упругости пружины рычажка прерывателя; окислились или замаслились контакты прерывателя; нарушен зазор

между контактами прерывателя; ослабло крепление корпуса конденсатора к корпусу прерывателя-распределителя; уменьшилась емкость конденсатора; неисправна катушка зажигания; повреждена крышка распределителя; нарушен зазор между электродами свечей зажигания; чрезмерный нагар на изоляторах свечей; трещины в изоляторах свечей; завышено напряжение генератора (для бесконтактных транзисторных систем зажигания); неисправен датчик или транзисторный коммутатор.

Нарушение контакта в местах крепления проводов возникает из-за неплотного их крепления или окисления наконечников. При работе двигателя вследствие вибрации нарушается контакт, что вызывает ненужное прерывание тока в цепи. Для предотвращения этого необходимо периодически производить подтяжку креплений наконечников проводов на клеммах аппаратов и плотно устанавливать наконечники высоковольтных проводов в выводах крышки распределителя, катушки зажигания и наконечников свечей, а также подтягивать крепление прерывателя-распределителя к двигателю.

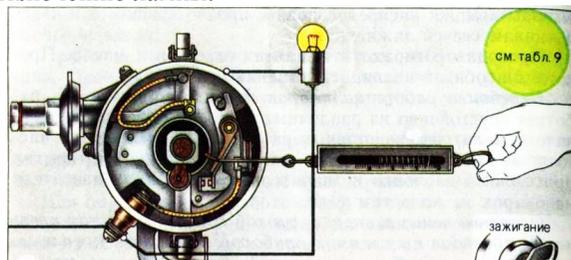
Большой износ подшипников валика привода кулачка прерывателя приводит к биению кулачка, в результате чего нарушаются момент размыкания контактов и зазор между ними. Неисправность устраняют заменой втулок и в случае необходимости шлифованием валика привода.

Неравномерный износ выступов кулачка прерывателя из-за отсутствия смазки или загрязнения рабочей поверхности приводит к неравномерному прерыванию тока в первичной цепи для различных цилиндров двигателя. Равномерность износа проверяют измерением зазора на каждой грани кулачка. Изношенный кулачок заменяют.

Обрыв провода, соединяющего подвижной диск прерывателя с корпусом, создает условия для прохождения тока только через шариковый подшипник. В этом случае слой масла в подшипнике нарушает контакт в цепи низкого напряжения, что вызывает перебои в зажигании, особенно в период пуска двигателя. Оборванный проводник заменяют.

При ослаблении пружины рычажка прерывателя уменьшается сила сжатия контактов, что приводит к зависанию (отбросу) рычажка прерывателя на большой частоте вращения кулачка. Проверить усилие пружины рычажка прерывателя можно динамометром (рис. 209). Перед проверкой подключают контрольную лампу между клеммой прерывателя и корпусом, устанавливают контакты в замкнутое состояние и включают зажигание. Зацепляют крючок динамометра за рычажок прерывателя у контактов и, расположив динамометр вдоль оси контак-

тов, плавно отводят его до начала размыкания контактов, которое определяют по включению лампы.



**Рис. 209 - Проверка натяжения пружины рычажка прерывателя**

Окисление или замазливание контактов прерывателя повышает сопротивление первичной цепи системы зажигания. В результате этого снижается сила тока в первичной обмотке катушки зажигания и, следовательно, вторичное напряжение. Поэтому двигатель работает с перебоями и не развивает требуемой мощности.

Степень окисления контактов прерывателя проверяют вольтметром, подключаемым параллельно контактам, при включенном зажигании. Вольтметр подключают только при замкнутых контактах прерывателя, так как при разомкнутых контактах вольтметр будет под напряжением аккумуляторной батареи. Если падение напряжения на контактах превышает 0,15 В, необходимо протереть или зачистить контакты.

Уменьшение зазора между контактами прерывателя может произойти при неправильной регулировке, а также вследствие износа подушечки рычажка прерывателя. В результате усиливается искрение между контактами и возрастает перенос металла с подвижного на неподвижный контакт. При этом замедляется скорость исчезновения магнитного потока, созданного током первичной обмотки, и уменьшается напряжение во вторичной цепи, что приводит к перебоям искрообразования между электродами свечей.

Увеличенный зазор между контактами может образоваться вследствие неправильной регулировки. При большем зазоре уменьшается время и, следовательно, угол замкнутого состояния контактов прерывателя. В результате уменьшается сила тока в первичной обмотке катушки зажигания, а вместе с этим уменьшается и напряжение во вторичной цепи, что является причиной перебоев в зажигании, особенно при увеличении частоты вращения коленчатого вала.

Увеличение зазора между контактами способствует большей

вибрации контактов при их замыкании. Кроме этого, при изменении зазора между контактами изменяется угол опережения зажигания.

Зазор между контактами прерывателя проверяют плоским щупом. Перед проверкой устанавливают вращением коленчатого вала кулачок прерывателя в положение полного размыкания контактов и вводят щуп в зазор между контактами. Щуп должен входить плотно, без разведения контактов.

Вследствие образования на рабочей поверхности контактов прерывателя лунки и выступа зазор А, измеренный плоским щупом, будет меньше фактического зазора Б. Поэтому более правильно измерять не зазор между контактами, а угол замкнутого состояния их, который определяют с помощью специального оборудования или упрощенным способом - при помощи транспорта. Для этого транспорт устанавливается на корпус распределителя. Параллельно контактам прерывателя подключают контрольную лампу. Включают зажигание и пусковой рукояткой медленно и плавно вращают коленчатый вал двигателя. В период вращения контрольная лампа будет периодически светиться и гаснуть.

Перебои в зажигании возникают также при неплотном креплении корпуса конденсатора к корпусу прерывателя в контактной системе зажигания, а также при уменьшении емкости конденсатора, которое может произойти при пробое его диэлектрика без замыкания обкладок. При этом увеличивается искрение между контактами. Контакты прерывателя сильно окисляются, скорость исчезновения тока низкого напряжения в момент размыкания контактов снижается, и напряжение во вторичной цепи уменьшается, что вызывает перебои в зажигании рабочей смеси.

Пробой изоляции вторичной обмотки катушки зажигания возникает при перегреве катушки, например, при длительной работе катушки с закороченным дополнительным резистором, старении изоляции, неполном вводе наконечников высоковольтных проводов в отверстия выводов крышки распределителя. В случае пробоя изоляции вторичной обмотки при каждом размыкании контактов прерывателя внутри катушки будет происходить искровой разряд, что вызовет перебои в работе свечей.

Междувитковое замыкание первичной обмотки катушки зажигания из-за теплового разрушения изоляции витков провода уменьшает сопротивление первичной цепи, в результате чего увеличивается сила тока, а вместе с этим возрастает и перегрев первичной обмотки.

Междувитковое зажигание определяется по нагреву катушки или измерением сопротивления первичной обмотки. Проверка конден-

сатора и катушки зажигания описана в разделе «Двигатель не пускается».

Трещины и пробой изоляции крышки распределителя между боковыми электродами возникают из-за загрязнения или увлажнения поверхности крышки. Утечка тока высокого напряжения между боковыми электродами крышки вызывает несвоевременное воспламенение рабочей смеси в нескольких цилиндрах двигателя, что выражается в неравномерной его работе. Трещины и прогары в крышках распределителя определяют внешним осмотром. При этом также проверяют подвижность угольного резистора в центральном вводе крышки. В случае зависания резистор и гнездо протирают. Поврежденную крышку заменяют.

Свечи зажигания вызывают перебои в работе цилиндров двигателя, если на нижней части изолятора свечи откладывается нагар, шунтирующий электроды, или свеча перегревается, вызывая калильное зажигание или же образование трещин в изоляторе.

При установке свечей с неподходящей тепловой характеристикой может происходить загрязнение изолятора черным нагаром, когда температура изолятора будет ниже температуры самоочистки, и нагар, откладывающийся на изоляторе свечи, не будет сгорать.

При нарушении герметичности свечей происходит пропуск отработавших газов наружу в соединении изолятора центрального электрода с корпусом, что вызывает перегрев нижней части изолятора. В результате происходит преждевременное воспламенение рабочей смеси (до возникновения искры) раскаленными изоляторами свечей. Вследствие этого возникают перебои в работе цилиндров двигателя.

Перегрев изоляторов свечей будет также при установке на двигатель свечей с малой теплоотдачей (низким калильным числом). При перегреве таких свечей после выключения зажигания двигатель в течение нескольких секунд продолжает работать с неравномерным вращением коленчатого вала.

Нарушение зазора между электродами свечи приводит к изменению напряжения и энергии искрового разряда, в результате чего рабочая смесь в цилиндре может не воспламениться и цилиндр двигателя будет работать с перебоями. Зазор между электродами свечи устанавливают подгибанием бокового электрода по щупу.

В бесконтактных системах зажигания в транзисторном коммутаторе предусмотрена защита от перенапряжений, поэтому если напряжение генератора превышает 18 В, транзисторный коммутатор не работает, что приводит к резкому снижению частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Снижение мощности и экономичности двигателя. При движении автомобиля двигатель развивает малую мощность, чаще приходится включать низшие передачи, двигатель теряет приемистость, при увеличении нагрузки слышны детонационные стуки, двигатель перегревается, увеличивается расход топлива.

Основные неисправности: неправильная установка зажигания, неисправность регуляторов опережения зажигания.

Неправильная установка зажигания значительно влияет на мощность, экономичность и устойчивость работы двигателя. Если образование искры между электродами свечи будет происходить с большим опережением, то резко возрастет давление газов в цилиндре до прихода поршня в ВМТ, что будет значительно препятствовать движению поршня. В результате уменьшаются мощность и экономичность двигателя. Кроме того, ухудшится приемистость двигателя, работа двигателя под нагрузкой будет сопровождаться стуками, а на малой частоте вращения двигатель будет работать неустойчиво.

При зажигании рабочей смеси в ВМТ или позже сгорание смеси будет происходить при увеличивающемся объеме, давление газов в цилиндре будет значительно ниже, чем при нормальном зажигании, мощность и экономичность двигателя понизятся. В этом случае догорание смеси в цилиндре будет происходить на всем протяжении такта расширения и способствовать перегреву двигателя. Позднее зажигание также ухудшает приемистость двигателя.

В период эксплуатации автомобиля проверяют и при необходимости изменяют угол опережения зажигания после установки зажигания, регулировки зазора между контактами прерывателя, регулировки или возникновения неисправности центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания и в других случаях. Проверка и установка начального угла опережения зажигания описана в разделе «Установка зажигания».

Нарушение нормальной работы центробежного регулятора вызывается чаще всего обрывом и уменьшением усилия натяжения пружин грузиков, в результате чего увеличивается угол опережения зажигания больше необходимой величины на малых и средних частотах вращения коленчатого вала двигателя.

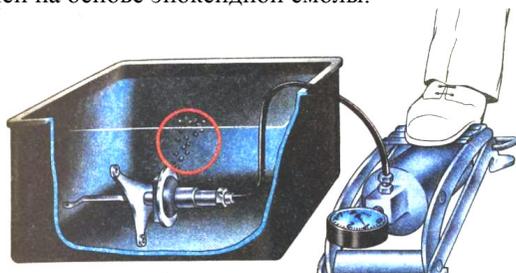
Обрыв пружин определяют поворотом кулачка прерывателя по ходу рабочего вращения в пределах прорезей поводковой пластины. Если пружины оборваны, то вращение кулачка будет свободным, без сопротивления. Оборванные пружины заменяют. Проверку работы и регулировку центробежного регулятора проводят на стендах СПЗ8-М, Э208, КИ968, СПЗ-12 и др.

Нарушение нормальной работы вакуумного регулятора вызывается потерей герметичности его вакуумной камеры, ослаблением пружины диафрагмы, заеданием подшипника между подвижным и неподвижным дисками прерывателя и ослаблением винтов крепления регулятора к корпусу прерывателя-распределителя.

Герметичность регулятора нарушается в результате повреждения трубки, подводимой к регулятору, неплотности затяжки штуцера и повреждения диафрагмы. При этом происходит подсос воздуха внутрь регулятора, а поэтому снижается разрежение в полости вакуумной камеры и регулятор не изменяет угол опережения зажигания в необходимых пределах при изменении нагрузки двигателя.

Ослабление пружины диафрагмы регулятора вследствие усталости или неправильной регулировки способствует увеличению угла опережения зажигания при малых и средних нагрузках двигателя. Поврежденную трубку заменяют или подвергают ремонту. Регулятор с поврежденной диафрагмой ремонтируют или заменяют исправным.

Герметичность вакуумного регулятора, снятого с прерывателя-распределителя, можно проверить сжатым воздухом. Для этого надевают на трубку регулятора резиновый шланг от насоса для накачки шин (рис. 210), опускают регулятор в сосуд с водой и плавным движением ручки насоса нагнетают воздух (не более 0,1 МПа) в камеру регулятора. Выход пузырьков воздуха укажет на место повреждения в камере. Если воздух выходит в штуцере, то производят подтяжку его, а при необходимости и замену алюминиевой уплотнительной прокладки. В случае пропуска воздуха в местах завальцовки крышки с корпусом после просушки и зачистки место повреждения обмазывают клеевой композицией на основе эпоксидной смолы.



**Рис. 210 - Проверка герметичности вакуумного регулятора**

Заедание подшипника подвижного диска прерывателя из-за износа или коррозии шариков и обойм подшипника затрудняет или делает невозможным движение диска при работе вакуумного регулятора. В результате не будет изменяться угол опережения зажигания при изме-

нении нагрузки двигателя, что является причиной снижения мощности, экономичности и приемистости двигателя. Для устранения этого дефекта необходимо разобрать прерыватель-распределитель, промыть подшипник бензином, а затем смазать его смазкой ЛЗ-158, ЦИАТИМ-201 или Литол-24.

Следует помнить, что при работе вакуумного регулятора подвижной диск совершает возвратно-вращательное движение на небольшой угол, поэтому в обоймах подшипника вырабатываются канавки и износ шариков и обойм будет не по всей площади рабочей поверхности. Перед смазкой подшипника поворачивают наружную обойму на некоторый угол до устранения торможения или качки обоймы, а затем при неподвижной обойме смазывают подшипник.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Описать основные неисправности приборов системы зажигания и причины их возникновения. Привести схемы проверки основных элементов системы зажигания. По результатам проверки дать заключение о техническом состоянии системы зажигания.

### **Контрольные вопросы:**

- 1. Назначение систем зажигания и предъявляемые к ним требования.*
- 2. Из каких этапов состоит рабочий процесс системы зажигания?*
- 3. Объяснить характер изменения тока в первичной цепи для классической и бесконтактной систем зажигания.*
- 4. Какие факторы определяют первичный ток системы зажигания?*
- 5. Каково назначение и как устроена катушка зажигания, ее маркировка?*
- 6. Какими параметрами характеризуется катушка зажигания?*
- 7. Каковы достоинства и недостатки катушек с разомкнутым и замкнутым магнитопроводом?*
- 8. Каков принцип работы катушки зажигания? Что влияет на значение вторичного напряжения катушки зажигания?*
- 9. Как провести проверку пригодности катушки зажигания перед установкой на двигатель?*
- 10. Как устроена свеча зажигания?*
- 11. Как маркируются свечи зажигания? Что показывает калильное число свечи зажигания?*
- 12. Каковы принцип и режимы работы свечи?*

## Лабораторная работа № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** изучение способов и приобретение практических навыков определения технического состояния приборов системы освещения и сигнализации.

Приборы, материалы, оборудование:

- Прибор ОПК; экран.

Большую часть информации о дороге, придорожной обстановке и самом автомобиле водитель получает визуально (зрительно), поэтому для улучшения качества получаемой им информации автомобиль оснащен комплексом различных приборов. Этот комплекс в соответствии с характером решаемых водителем зрительных задач делят на следующие группы:

*Светосигнальная группа (фонари)*, предназначенная для обеспечения водителю возможности передачи остальным участникам дорожного движения информации об управляемом им транспортном средстве. В частности: информацию о присутствии автомобиля и его габаритах позволяют передать габаритные и стояночные огни, световозвращатели и т.п.; адресную информацию об автомобиле обеспечивает фонарь освещения номерного знака; информацию о маневрах автомобиля несут указатели поворотов, сигналы торможения, фонарь заднего хода. Передаваемая информация должна быть легко различимая и однозначно понимаемая, что обеспечивается определенными интенсивностью, цветом (красный, оранжевый, белый), режимом работы (постоянный или проблесковый).

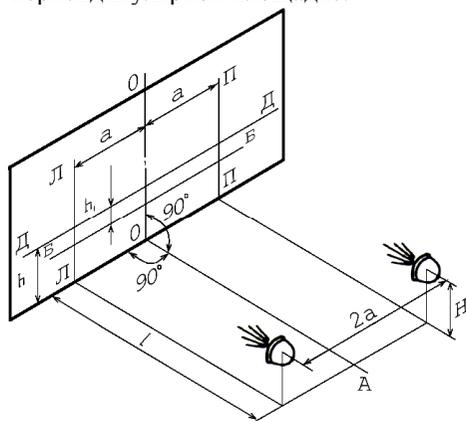
*Осветительная группа (фары)*, предназначенная для обеспечения возможности получения информации о дороге и об объектах на дороге при недостаточном естественном освещении (в темноте, при атмосферных осадках и т.д.);

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Наиболее распространенной неисправностью, резко снижающей эффективность осветительных приборов и резко повышающей вероятность дорожно-транспортного происшествия, является неправильная установка фар. Возникает эта неисправность из-за ослабления крепящих элементов, смещения центра тяжести автомобиля и при замене лампы в фаре. Для того чтобы выявить и устранить неправильную ус-

тановку фар, применяют специальное оборудование (реглюскоп, люксометр и т.д.) или проверка на экране. Выполнив на вертикальном экране (размером 1 на 2 м) разметку в соответствии с расположением фар на данном автомобиле (рис. 211).

Автомобиль устанавливают напротив экрана так, чтобы его плоскость симметрии совпала с плоскостью, образуемой линиями  $O-O$  и  $O-A$ . Расстояние  $L$  от автомобиля до экрана может быть от 5 до 12 м (нормируется ТУ для каждого автомобиля). Площадка, на которой установлен автомобиль, должна быть достаточно ровной, а плоскость экрана – строго перпендикулярной площадке.



**Рис. 211 - Разметка контрольного экрана и площади для установки автомобиля при проверке и регулировке фар:**

$O-O$  – средняя вертикальная линия;  $L-L$  и  $П-П$  – линии, параллельные линии  $O-O$  и отстоящие от нее на расстоянии  $a$ , равном половине расстояния между фарами данного автомобиля;  $Д-Д$  – линия, перпендикулярная линии  $O-O$  и отстоящая от уровня площадки на расстоянии  $h$ ;  $Б-Б$  – линия, отстоящая от линии  $Д-Д$  на расстоянии  $h_1$

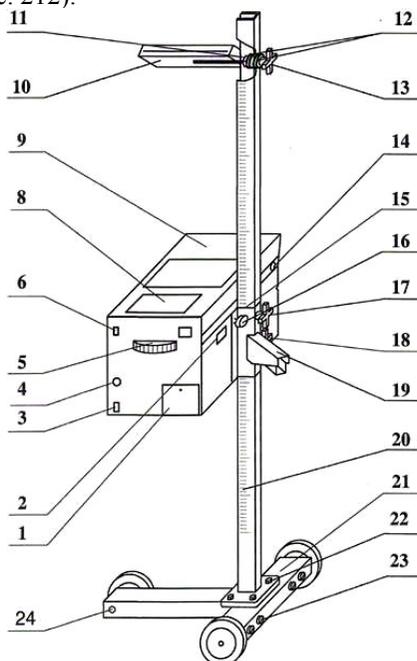
Расстояние  $h_1$  выбирают в зависимости от высоты установки фар  $H$ , равной расстоянию  $h$ . Их значения приведены в справочниках или в инструкции на автомобиль.

При регулировке фар «американского» типа, одна фара перекрывается непрозрачной заслонкой, а вторая регулировочными винтами поворачивается до тех пор, пока центр светового пятна дальнего света не совпадет с точкой пересечения линий  $L-L$  и  $Д-Д$  или  $П-П$  и  $Д-Д$  соответственно для правой и левой фар.

При проверке фар «европейского» типа добиваются, чтобы ле-

вая (горизонтальная) часть светотеневой границы ближнего света располагалась по линии *Б-Б*, а точка перегиба границы совпадала с точками пересечения линий *Л-Л* и *Б-Б* (для левой фары) и линий *П-П* и *Б-Б* (для правой фары). При проверке фар «европейского» типа линия *Б-Б* должна проходить по экрану на расстоянии  $0,9H$  от уровня площадки.

Высокой точностью и универсальностью обладает реглоскоп модели ОПК (рис. 212).

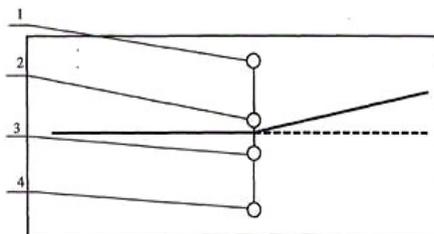


**Рис. 212 - Общий вид прибора ОПК:**

1 - крышка; 2 - табличка маркировки; 3 - разъем подключения ПЭВМ; 4 - разъем подключения зарядного устройства; 5 - лимб; 6, 7 - маркировки; 8 - приборная панель; 9 - оптическая камера; 10 - ориентирующее устройство; 11 - упорная гайка; 12 - шайба; 13, 18, 19 - рычаг фиксатора; 14 - пломба; 15 - кронштейн; 16 - фиксатор; 17 - упорный винт; 20 - стойка; 21 - основание; 22, 24 - болт крепежный; 23 - болт регулировочный

Оптическая камера (в дальнейшем - камера) представляет собой корпус, в котором установлены линза, пузырьковый уровень, смотровое стекло, экран, перемещающийся по вертикали при помощи отчетного лимба 5. На экране, в соответствии с ГОСТ Р 51709-2001, уста-

новлены фотоэлементы для измерения силы света (рис. 213).



**Рис. 213 - Расположение фотоэлементов на подвижном экране оптической камеры прибора:**

*1 - фотоэлемент для измерения силы света противотуманной фары в теневой области светового пучка; 2 - фотоэлемент для измерения силы света фары ближнего света в теневой области светового пучка, силы света фары дальнего света и силы света всех остальных световых приборов; 3 - фотоэлемент для измерения силы света фары ближнего света в световой области светового пучка; 4 - фотоэлемент для измерения силы света противотуманной фары в световой области светового пучка (на территории Российской Федерации - параметр справочный, не контрольный).*

#### Порядок проверки фар

Высота установки фары над уровнем пола считывается по рискам, нанесенным на стойке прибора (по верхней кромке кронштейна фиксатора).

Установить отсчетным лимбом требуемую величину снижения левой части светотеневой границы (СТГ) светового пучка ближнего света фары в зависимости от высоты ее установки (таблица 1).

**Таблица 1**

#### **Зависимость снижения СТГ от высоты установки фар**

Высота установки фары для ближнего света, мм	Снижение левой части СТГ на расстоянии 10 м по отметкам на лимбе, мм (%)
До 600 включительно	100 (1) 130 (1,3)
Свыше 600 до 700 включительно	
«700 -800 »	150 (1,5)
«800- 900 »	176 (1,76)
«900- 1000 »	200 (2)
«1000 -1200»	220 (2,2)
«1200-1600 »	290 (2,9)

Включить ближний свет. Фара считается правильно установ-

ленной, если СТГ находится на горизонтальной и наклонной линиях экрана.

Используя клавиши «Предыдущий» и «Следующий» выбрать режим проверки фары ближнего света. При этом на индикаторе прибора должно быть написано «Ближний свет» и должен гореть светодиод под символом U=. Индикатор отображает слева внизу силу ближнего света в области 34 ' вверх от СТГ, справа внизу силу света в области 52 ' вниз от СТГ.

Согласно ГОСТ Р 51709-2001 сила света каждой из фар в режиме «ближний свет», измеренная в вертикальной плоскости, проходящей через ось отсчета, должна быть в направлении оптической оси не более 950 кд, а в направлении 52' вниз от положения левой части СТГ не менее 2200 кд.

Не изменяя установок фары и положения экрана, произведенных при измерении силы ближнего света, переключить фару на дальний свет. Используя клавиши «Предыдущий» и «Следующий» выбрать режим проверки фары дальнего света. При этом на индикаторе прибора должно быть написано «Дальний свет» и должен гореть светодиод под символом U. Индикатор отображает внизу силу света.

Согласно ГОСТ Р 51709-2001 сила света всех фар расположенных на одной стороне АТС, в режиме «дальний свет», должна быть не менее 10000 кд, а суммарная сила света всех головных фар указанных типов не должна быть более 225000 кд.

Порядок проверки указателей поворотов и повторителей

Установить отсчетный лимб на отметку "0".

Установить прибор так, чтобы центр линзы прибора совпадал ориентировочно с центром указателя поворотов.

Установить при помощи отсчетного лимба фотоэлемент для измерения силы света прочих световых приборов (рис. 212) в наиболее яркую точку светового пятна на экране прибора.

В соответствии с ГОСТ 51709-2001, сила света прочих световых приборов не является контролируемым параметром.

Включить указатель поворотов.

Используя клавиши «Предыдущий» и «Следующий» выбрать режим проверки указателей поворотов. При этом на индикаторе прибора должно быть написано «Указат. поворота» и должен гореть светодиод под символом U. Индикатор отображает слева внизу частоту следования проблесков в герцах, справа внизу силу света. Сила света указателей поворотов в направлении оси отсчета должна быть в пределах, указанных в таблице 2.

Таблица 2

**Сила света указателей поворота в зависимости от расположения**

Наименование огня			Сила света, кд		
			не менее	не более	
Указатель поворота	передний		80	700	
	задний	с одним уровнем		40	200
		с двумя уровнями	днем	40	400
			ночью	10	100

Частота следования проблесков указателей поворотов и боковых повторителей указателей должна находиться в пределах (1,5+0,5) Гц или (90±30) проблесков в минуту.

Порядок проверки силы света прочих световых приборов

Установить отсчетный лимб на отметку "0".

Установить прибор так, чтобы центр линзы прибора совпадал ориентировочно с центром фонаря.

Включить фонарь.

Установить при помощи отсчетного лимба фотоэлемент для измерения силы света прочих световых приборов (рис. 212) в наиболее яркую точку светового пятна на экране прибора.

Используя клавиши «Предыдущий» и «Следующий» выбрать соответствующий режим проверки. При этом на индикаторе прибора должно быть написано «Прочие фонари» и должен гореть светодиод под символом U=. Индикатор отображает внизу силу света.

Согласно ГОСТР 51709-2001 сила света светосигнальных огней (фонарей) в направлении оси отсчета должна быть в пределах, указанных в таблице 3.

Таблица 3

**Сила света прочих фонарей в зависимости от назначения**

Наименование огня			Сила света, кд	
			не менее	не более
Габаритный огонь (в т. ч. верхний)	передний		2	60
	задний		1	12
Сигнал торможения (в т. ч. дополнительный)	с одним уровнем			100
	с двумя уровнями	днем	20	520
		ночью	5	80
Противотуманный фонарь	задний		45	300

**СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Описать основные неисправности приборов системы освещения

и сигнализации и причины их возникновения. Привести схемы проверки основных элементов системы освещения и сигнализации. Провести замеры, заполнить протокол (таблица 4).

**Таблица 4**

**Протокол измерений**

Измеряемая величина	Един. измер.	Значение
По ТУ		
справа		
Сила света фар ближнего света		
Сила света фар дальнего света		
Сила света сигналов торможения		
Сила света указателей поворота		
Частота следования проблесков указателей поворота		

По результатам проверки дать заключение о техническом состоянии системы освещения и сигнализации.

**Контрольные вопросы:**

1. Перечислить приборы освещения и световой сигнализации и объясните их назначение.
2. Объяснить устройство и принцип работы фары.
3. Как создается необходимое светораспределение при использовании дальнего и ближнего света фар?
4. Чем отличаются противотуманные от головных фар?
5. Каких систем светораспределения встречаются фары на автомобилях? В чем их отличие?
6. В чем заключается техническое обслуживание световых приборов?
7. В чем основное отличие регулировки фар «европейского» типа от регулировки фар «американского» типа?

**III ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ ПРОГРАММА**

1. Дать классификацию автомобильного бортового электрооборудования.
2. Привести краткое описание систем автомобильного электрооборудования, их назначение и состав.
3. Описать устройство и принцип действия автомобильной системы электроснабжения.
4. Дать классификацию и описать конструктивные особенности стартерных аккумуляторных батарей.

5. Описать устройство и принцип работы стартерной аккумуляторной батареи.

6. Привести основные характеристики, требования и условия работы стартерных аккумуляторных батарей.

7. Из каких материалов и как изготавливают электроды аккумуляторов?

8. Каково назначение сепараторов и какими свойствами должны обладать материалы, применяемые для их изготовления?

9. Каковы конструктивные особенности необслуживаемых аккумуляторных батарей?

10. Пояснить, что такое электродвижущая сила свинцово-кислотного аккумулятора и как определяется ее величина.

11. Дать определение номинальной емкости аккумуляторной батареи и пояснить, как она стандартизируется.

12. Что определяет внутреннее сопротивление аккумулятора, какие факторы и как влияют на его величину?

13. Дать определение плотности электролита и изложить требования, предъявляемые электролитам стартерных аккумуляторных батарей.

14. Изложить последовательность действий при вводе в эксплуатацию сухозаряженной не залитой стартерной аккумуляторной батареи.

15. Перечислить методы, применяемые для заряда стартерных аккумуляторных батарей.

16. Как проводится заряд аккумуляторных батарей постоянным неизменным током?

17. Как и с какой целью проводятся ступенчатый и форсированный заряды аккумуляторных батарей?

18. Как проводится заряд аккумуляторных батарей постоянным неизменным напряжением?

19. Как и с какой целью проводятся смешанный и уравнивающий заряды аккумуляторных батарей?

20. Изложить последовательность действий при проведении контрольно-тренировочного цикла стартерных аккумуляторных батарей.

21. Перечислить параметры и их оптимальные значения, за которыми должен вестись контроль при заряде стартерных аккумуляторных батарей.

22. Пояснить с какой целью, и каким образом проводится принудительный разряд стартерных аккумуляторных батарей.

23. Дать определение, классификацию и привести причины,

приводящие к саморазряду стартерных аккумуляторных батарей.

24. Изложить требования и правила, предъявляемые к хранению свинцовых стартерных аккумуляторных батарей.

25. Дать классификацию автомобильных генераторных установок.

26. В чем преимущество генераторов переменного тока перед генераторами постоянного тока?

27. Каким образом происходит получение постоянного напряжения в генераторах постоянного и переменного тока?

28. Объяснить устройство и принцип работы автомобильных генераторов переменного тока электромагнитного возбуждения с контактно-щеточным механизмом.

29. Объяснить устройство и принцип работы автомобильных генераторов переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов.

30. Объяснить устройство и принцип работы индукторных автомобильных генераторов переменного тока.

31. Объяснить принцип работы трехфазного мостового диодного выпрямительного блока автомобильной генераторной установки.

32. Трехфазный генератор с выпрямительным блоком из восьми диодов и пояснить назначение в ней дополнительных двух диодов?

33. Трехфазный генератор с выпрямительным блоком из девяти диодов и пояснить назначение в ней дополнительных трех диодов?

34. В каких случаях, и с какой целью выпрямительный блок автомобильной генераторной установки содержит более чем девять диодов?

35. В чем заключается и как практически осуществляется регулирование напряжения автомобильных вентильных генераторов?

36. Принцип работы вибрационного (контактного) реле-регулятора напряжения автомобильных генераторных установок.

37. Принцип работы контактно-транзисторного регулятора автомобильных генераторных установок.

38. Принцип работы бесконтактного регулятора автомобильных генераторных установок.

39. Особенности поиска неисправностей в системе электрооборудования автомобиля.

40. Основные направления развития систем электроснабжения автомобилей.

41. Устройство и принцип действия автомобильной системы электростартерного пуска двигателя.

42. Классификация систем пуска автомобильных двигателей внутреннего сгорания.

43. Основные характеристики, требования и условия работы автомобильных электростартеров.
44. Устройство и принцип работы автомобильных электростартеров с двигателями электромагнитного возбуждения.
45. Характеристики автомобильных электростартеров с двигателями последовательного и смешенного возбуждения.
46. Конструкции, достоинства и недостатки автомобильных стартеров с двигателями с возбуждением от постоянных магнитов?
47. Назначение, устройство и принцип работы тяговых электромагнитных реле электростартеров.
48. Назначение, устройство и принцип работы добавочного электромагнитного реле включения электростартера.
49. Как и с какой целью проводят испытания автомобильных электростартеров.
50. Описать методы и средства увеличения срока службы электростартеров.
51. Основные методы облегчения пуска автомобильных бензиновых и дизельных двигателей.
52. Устройство и назначение открытых и штيفтовых свечей накаливания?
53. Индивидуальные предпусковые подогреватели двигателя.
54. Устройство и принцип работы электрофакельного подогревателя?
55. Основные направления развития систем электростартерного пуска автомобилей.
56. Дать классификацию и привести краткое описание автомобильных систем зажигания.
57. Структурная схема классической (контактной) системы зажигания, назначение ее элементов.
58. Особенности конструкции и принципа работы системы зажигания с накоплением энергии в емкости?
59. Контактно-транзисторная автомобильная система зажигания.
60. Бесконтактная автомобильная система зажигания.
61. Основные сходства и различия электронных и микропроцессорных систем зажигания.
62. Классификация и функциональное назначение автомобильных катушек зажигания.
63. Устройство и принцип работы автомобильных катушек зажигания.
64. Особенности конструкции и эксплуатации двух- и четырех-

выводных катушек зажигания.

65. Назначение и работа добавочного резистора (вариатора), включаемого в цепь первичной обмотки катушки зажигания.

66. Дать определение угла опережения зажигания, пояснить необходимость его регулирования и изложить способы регулирования угла опережения зажигания.

67. Классификация, устройство и принцип работы автомобильных свечей зажигания.

68. Что представляют собой емкостная и индуктивная фазы электроискрового разряда между электродами свечи зажигания и каково их значение в процессе работы ДВС?

69. Тепловая характеристика свечи зажигания, как и чем она определяется?

70. Конструктивные особенности и назначение “холодных” и “горячих” свечей зажигания.

71. Основные направления развития систем зажигания автомобилей.

72. Классификация и назначение приборов автомобильной системы освещения.

73. Назначение отражателей, и какие виды отражателей применяются в световых приборах автомобилей?

74. Назначение рассеивателей, и какие виды рассеивателей применяются в световых приборах автомобилей?

75. Классификация и устройство источников (ламп) автомобильной системы освещения и световой сигнализации.

76. Устройство и принцип формирования светового пучка фар с параболическим отражателем.

77. Устройство и принцип формирования светового пучка фар с бифокальным отражателем.

78. Устройство и принцип формирования светового пучка противотуманных фар.

79. Особенности устройства и принципа формирования луча фар ближнего света европейской (асимметричной) системы освещения.

80. Особенности устройства и принципа формирования луча фар ближнего света американской (симметричной) системы освещения.

81. Классификация и назначение приборов автомобильной системы световой сигнализации.

82. Перечислить и пояснить назначение световых приборов (обязательных, дополнительных и др.), входящих в комплект освети-

тельной и светосигнальной системы автомобиля.

83. Классификация и назначение приборов автомобильной системы звуковой сигнализации.

84. Классификация и общая характеристика автомобильных систем информации.

85. Классификация контрольно-измерительных приборов автомобилей, устройство и принцип работы магнитоэлектрических указателей.

86. Классификация контрольно-измерительных приборов автомобилей, устройство и принцип работы электромагнитных указателей.

87. Классификация контрольно-измерительных приборов автомобилей, устройство и принцип работы указателей импульсной системы.

88. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей температуры.

89. Устройство и принцип работы автомобильных сигнализаторов температуры.

90. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей давления.

91. Устройство и принцип работы автомобильных сигнализаторов давления.

92. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей уровня технологических жидкостей.

93. Устройство и принцип работы автомобильных сигнализаторов уровня технологических жидкостей.

94. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей зарядного режима аккумуляторной батареи.

95. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей скорости движения и пройденного пути (спидометры).

96. Устройство и принцип работы автомобильных измерителей частоты вращения коленчатого вала (тахометры).

97. Устройство и принцип работы автомобильных эконометров и тахографов.

98. Классификация датчиков автомобильных систем по принципу действия.

99. Классификация датчиков автомобильных систем по типу энергетического преобразования.

100. Классификация датчиков автомобильных систем по назначению.

101. Устройство, принцип работы и применимость датчиков на эффекте Холла.

102. Устройство, принцип работы электродвигателей и моторедукторов вспомогательного оборудования автомобилей.

103. Классификация и описание схем автомобильного электрооборудования.

## ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

*- основная литература:*

1. Акимов, С.В. Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов/С.В. Акимов, Ю.П. Чижков. -М.: Изд-во «За рулем», 1999. - 384 с.
2. Конструкция автомобиля. Том 4. Электрооборудование. Системы диагностики. Учебник для вузов/ С. В. Акимов, В. А. Набоких, Ю. П. Чижков: Под общей редакцией А. Л. Карунина- М.:Горячая линия-Телеком, 2005.-408 с.
3. Набоких, В. А. Электрооборудование автомобилей и тракторов / В.А. Набоких. - М. : Издательский центр «Академия», 2011. - 400 с.
4. Сергеев, А.Г. Диагностирование электрооборудования автомобилей /А.Г. Сергеев, В.Е. Ютт. - М.:Транспорт, 1987.- 159 с.
5. Справочник по электрооборудованию автомобилей, тракторов, комбайнов. Учебник для вузов / В.И. Тиминский - М. Колос, 1989.- 289с.
6. Технические средства диагностирования: Справочник/ Под ред. В.В. Ключева.- И.:–Машиностроение, 1989,- 672 с.
7. Туревский И. С. Электрооборудование автомобилей: Учебное пособие / И. С. Туревский, В. Б. Соков, Ю. Н. Калинин. - М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003. — 368 с.
8. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник /Ю.П. Чижков. - М.: Машиностроение, 2007. - 656 с.
9. Электрооборудование автомобилей: Учебно-лабораторный практикум /В.Н. Ашанин и др. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006.- 192 с.

*- дополнительная литература:*

1. ГОСТ 52230-2004. Электрооборудование автотракторное.
2. Литвиненко В.В. Электрооборудование автомобилей ВАЗ. - М.: Изд-во «За рулем»,1998.-240с.
3. Набоких В.А. Испытания электрооборудования автомобилей и тракторов. Учебник для студентов высших учебных заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2003.-256 с.
4. Ходасевич, А. Г. Катушки зажигания, датчики, октан-корректоры, контроллеры. Справочник по ремонту и устройству электронных приборов автомобилей. Часть 2. Электронные системы зажигания [Электронный ресурс] / А. Г. Ходасевич, Т. И. Ходасевич. - М. : АНТЕЛКОМ, 2008. - 224 с.: ил. - ISBN 5-93604-003-8.

5. Ходасевич, А. Г. Справочник по устройству и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 5. Электронные системы зажигания. Контроллеры систем управления смесеобразованием, зажиганием, двигателем [Электронный ресурс] / А. Г. Ходасевич, Т. И. Ходасевич. - М.: АНТЕЛКОМ, 2010. - 208 с.: ил. - ISBN 5-94074-300-5.

6. Электронно-библиотечная система (ЭБС) "AgriLib" [Электронный ресурс]// <http://ebs.rgazu.ru>

7. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Лань» [Электронный ресурс]// <http://e.lanbook.com/>

8. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «БиблиоРоссика»// <http://bibliorossica.com/>

## СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ.....	3
I	ГЛОССАРИЙ.....	5
II	ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС.....	6
1	КЛАССИФИКАЦИЯ И СОСТАВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	7
1.1	Основные технические требования к электрооборудованию.....	11
1.2	Номинальные параметры электрооборудования..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	14
2	АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ.....	15
2.1	Условия эксплуатации и технические требования.....	17
2.2	Принцип действия свинцово-кислотного аккумулятора	20
2.3	Устройство стартерных аккумуляторных батарей.....	23
2.4	Характеристики аккумуляторных батарей..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	41
3	ГЕНЕРАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ.....	52
3.1	Системы электроснабжения.....	52
3.2	Принципы работы и устройство генераторов.....	55
3.2.1	Принцип работы генераторов.....	55
3.2.2	Вентильные генераторы с клювообразным ротором...	58
3.2.3	Бесщеточные генераторы с укороченными полюсами.	63
3.2.4	Индукторные генераторы.....	64
3.3	Выпрямление переменного тока, устройства и принцип работы.....	67
3.4	Характеристики генераторов.....	73
3.5	Выпрямительный блок.....	78
3.6	Регулирование напряжения..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	79
4	ЭЛЕКТРОСТАРТЕРЫ.....	91
4.1	Классификация электростартеров.....	94
4.2	Конструкция узлов и деталей электростартеров.....	95
4.3	Характеристики электростартеров.....	107
4.4	Система "стоп-старт"..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	108
5	СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРЫ..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	110
6	СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ.....	115
6.1	Назначение и классификация систем зажигания.....	115
6.2	Принцип работы системы зажигания.....	123

6.3	Контактная батарейная система зажигания.....	127
6.4	Контактно-транзисторная система зажигания.....	133
6.5	Тиристорная система зажигания.....	135
6.6	Бесконтактные системы зажигания.....	136
6.7	Цифровые и микропроцессорные системы зажигания..	141
6.8	Свечи зажигания и накаливания.....	146
6.9	Высоковольтные провода. Свечной наконечник <i>Контрольные вопросы</i> .....	157 158
7	<b>СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ</b> .....	159
7.1	Осветительные приборы.....	159
7.2	Светосигнальные приборы.....	179
7.3	Коммутационные аппараты..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	182 194
8	<b>ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛЫ</b> ..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	194 199
9	<b>ЭЛЕКТРОПРИВОД</b> ..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	199 206
10	<b>КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ</b> ..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	206 218
11	<b>ДАТЧИКИ</b> ..... <i>Контрольные вопросы</i> .....	218 233
IV	<b>ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ</b> .....	234
1	Лабораторная работа № 1. Определение неисправностей в цепях электрооборудования автомобилей.....	234
2	Лабораторная работа № 2. Определение технического состояния аккумуляторной батареи.....	242
3	Лабораторная работа № 3. определение технического состояния генератора.....	248
4	Лабораторная работа № 4 Определение технического состояния электростартера.....	253
5	Лабораторная работа № 5 Определение технического состояния приборов системы зажигания.....	258
6	Лабораторная работа № 6 определение технического состояния приборов системы освещения и сигнализации.....	275
III	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ ПРОГРАММА</b> .....	281
	<b>ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.</b>	288

**Глушенко Андрей Анатольевич**

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ**  
Учебное пособие для студентов инженерно-физического факультета. –  
Ульяновск: УлГУ, 2019. –292 с.

Подписано в печать \_\_\_\_\_  
Формат 60х90/16 Бумага офсетная №1  
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 18,25  
Тираж 150          Заказ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Адрес издателя: