

УДК 614.841.2.001.2
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2021.95.92.011

ПОЖАРООПАСНЫЕ АВАРИЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АВТОМОБИЛЬНЫХ СТАРТЕРАХ

Мокряк А.Ю.¹ к.т.н.; Баранов А.А.¹ к.п.н.; Мокряк А.В.¹; Бойко Г.М.² к.п.н, доцент

¹*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

²*Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*

Аннотация. Сложность проведения экспертизы пожаров, возникающих в автомобилях, и определения технической причины возгорания обусловлена наличием в их конструкции многочисленных электротехнических устройств. Одним из таких устройств является стартер, который преобразует электрическую энергию аккумуляторной батареи в механическую энергию вращения коленчатого вала двигателя. Работа стартера сопровождается выделением большой мощности в небольшом объеме за короткий промежуток времени. В электрической схеме автомобиля стартер не имеет защиты от сверхтоков и токов короткого замыкания. Практика расследования пожаров показывает, что эти устройства не редко становятся причиной возникновения пожара в автотранспортных средствах. На основе анализа данных, полученных при проведении экспертиз, были установлены основные причины, вызывающие пожароопасные аварийные процессы в автомобильных стартерах. Также выявлены характерные признаки этих процессов, которые можно обнаружить после пожара в рамках проведения комплексных пожарно-технических и автотехнических экспертиз.

Ключевые слова: стартер, автомобиль, пожар, причина пожара, пожарно-техническая экспертиза, автотехническая экспертиза.

FIRE-HAZARDOUS EMERGENCY PROCESSES IN AUTOMOBILE STARTERS

*Mokryak A.Yu.¹ Ph.D. of Engineering Sciences; Baranov A.A.¹ Ph.D. of Pedagogic Sciences;
Mokryak A.V.¹, Boiko G.M.² Ph.D. of Pedagogic Sciences, Docent*

¹*Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*

²*Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia*

Abstract. The complexity of conducting an expert examination of fires that occur in cars and determining the technical cause of the fire is due to the presence of numerous electrical devices in their design. One of these devices is a starter, which converts the electrical energy of the battery into the mechanical energy of rotation of the engine crankshaft. The operation of the starter is accompanied by the release of high power in a small volume in a short period of time. In the electrical circuit of the car, the starter does not have protection against overcurrents and short-circuit currents. The practice of fire investigation shows that these devices often cause a fire in motor vehicles. Based on the analysis of the data obtained during the examinations, the main causes of fire-hazardous emergency processes in automobile starters were established. Also, the characteristic signs of these processes that can be detected after a fire within the framework of complex fire-technical and auto-technical examinations are revealed.

Key words: starter, car, fire, cause of fire, fire-technical expertise, auto-technical expertise.

В Российской Федерации, согласно статистическим данным, доля пожаров на автотранспорте ежегодно составляет величину около 10 % от общего количества пожаров, возникших на территории страны [1 - 4]. Среди основных причин пожаров в автомобилях следует выделить следующие:

- поджог;
- аварийные режимы работы электрооборудования;
- утечка горючих и легковоспламеняющихся жидкостей.

Современный автомобиль – это сложное высокотехнологичное устройство, состоящее из множества электронных компонентов и электрических узлов. Надежность их работы оказывает прямое влияние на безопасную, с пожарной точки зрения, эксплуатацию транспортного средства. Полагаясь на практические данные, полученные от испытательных пожарных лабораторий федеральной противопожарной службы МЧС России, на долю аварийных режимов работы электрооборудования автомобиля приходится в среднем около 20 % от всех пожаров, возникших на легковом автотранспорте (рис.1).

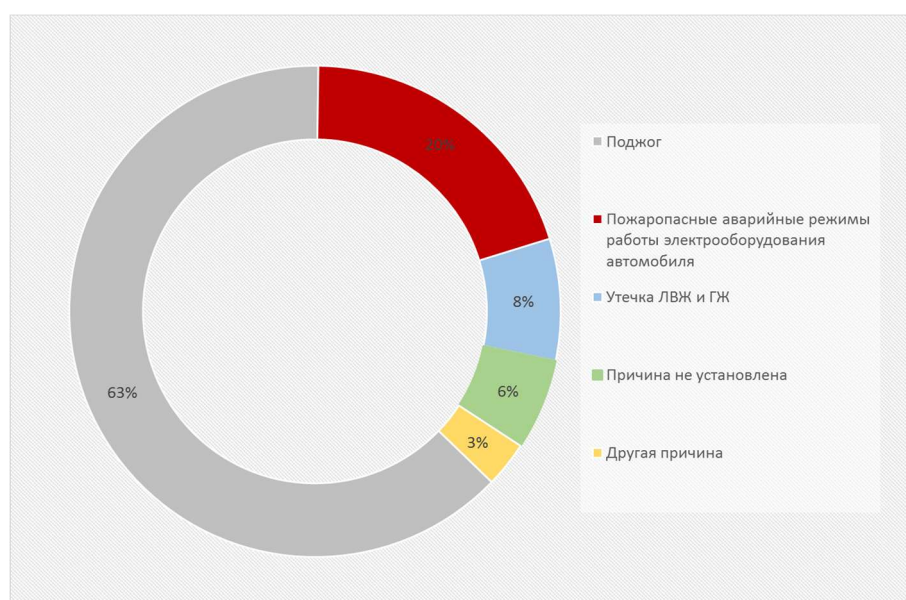


Рис. 1. Статистика причин пожаров в легковых автомобилях согласно заключениям пожарно-технических экспертов судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы МЧС России

Как известно, в бортовой электрической сети автомобиля (в штатном или нештатном электрооборудовании) могут возникать следующие аварийные режимы – короткое замыкание, токовая перегрузка, большое переходное сопротивление [5, 6]. Электрические аварийные процессы, приводящие к возгоранию автомобилей, могут возникать вследствие различных причин, которые можно разделить на следующие основные группы:

- заводские дефекты конструкции транспортного средства;
- ненадлежащее обслуживание или ремонт транспортного средства;
- ненадлежащая эксплуатация транспортного средства;
- дорожно-транспортные происшествия.

Пожарно-технический эксперт при проведении экспертизы, в силу своей компетенции, ограничивается выводом о наличии признаков пожароопасного аварийного режима работы

в бортовой электросети автомобиля. Поиск дефектов в узлах и агрегатах автомобиля, которые состоят в причинно-следственной связи с возникновением пожара, относится к области компетенции автотехнического эксперта. В связи с этим задача выявления первопричины возникновения пожара в автомобилях зачастую находится на стыке пожарно-технической и автотехнической экспертиз. В конечном итоге в выяснении точной технической причины возгорания заинтересованы все стороны конфликта – потребитель, имущество которого пострадало, завод-производитель автомобиля, страховая компания.

В каждом из узлов и элементов электрооборудования автомобиля может возникать и развиваться специфическая последовательность пожароопасных аварийных процессов. В данной статье сфокусировано внимание на причинах возникновения и последствиях протекания аварийных режимов в стартерах, поскольку практика расследования пожаров свидетельствует о том, что данное устройство не редко становится причиной возникновения пожара в автотранспортных средствах.

Стартер представляет собой мощный электродвигатель постоянного тока, предназначенный для запуска двигателя внутреннего сгорания. Конструктивно стартер состоит из трех основных элементов: тяговое реле, приводная шестерня с обгонной муфтой, именуемой бендиксом, электродвигатель постоянного тока (рис. 2).

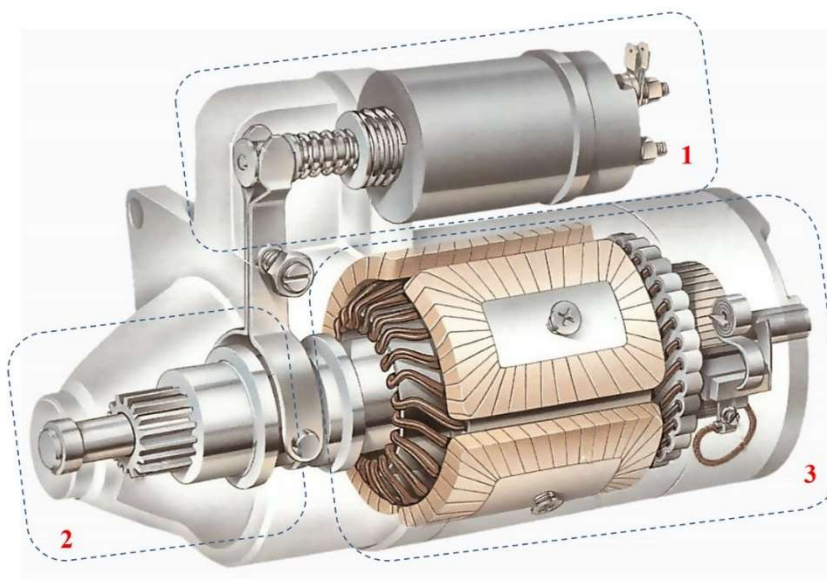


Рис.2. Типовая конструкция автомобильного стартера.

Основные узлы: 1 – электромагнитное тягивающее реле; 2 - приводная шестерня с обгонной муфтой; 3 - электродвигатель постоянного тока

При запуске двигателя ключом зажигания, включается электромагнитное тяговое реле стартера (№1 на рис. 2), которое соединяет электродвигатель стартера (№3 на рис. 2) с силовым проводом и обеспечивает сцепление обгонной муфты стартера (№2 на рис. 2) с венцом маховика двигателя, в результате чего проворачивается коленчатый вал двигателя.

Упрощенная схема подключения стартера в бортовую электрическую цепь автомобиля показана на рис. 3. В зависимости от мощности, потребляемой стартером, к его контактам от аккумулятора присоединяются токоведущие провода площадью сечения 10 - 25 мм². Провода такого сечения позволяют выдерживать длительно допустимые токи от 80 до 140 А соответственно. Стартер работает относительно непродолжительное время - не более 10 секунд - только до момента пуска двигателя, а после этого отключается. На первый взгляд, за этот небольшой промежуток времени разогрев какой-либо детали или узла стартера до пожароопасных температур маловероятен. Тем не менее, следует учитывать то, что несмотря на

кратковременность работы через электрическую цепь стартера в момент запуска двигателя протекают значительные токи. Через силовой провод и контактную группу реле включения стартера, в зависимости от трудности проворачивания маховика, условий пуска двигателя, его мощности и технического состояния могут протекать токи от 50 до 600 А (рис. 3).

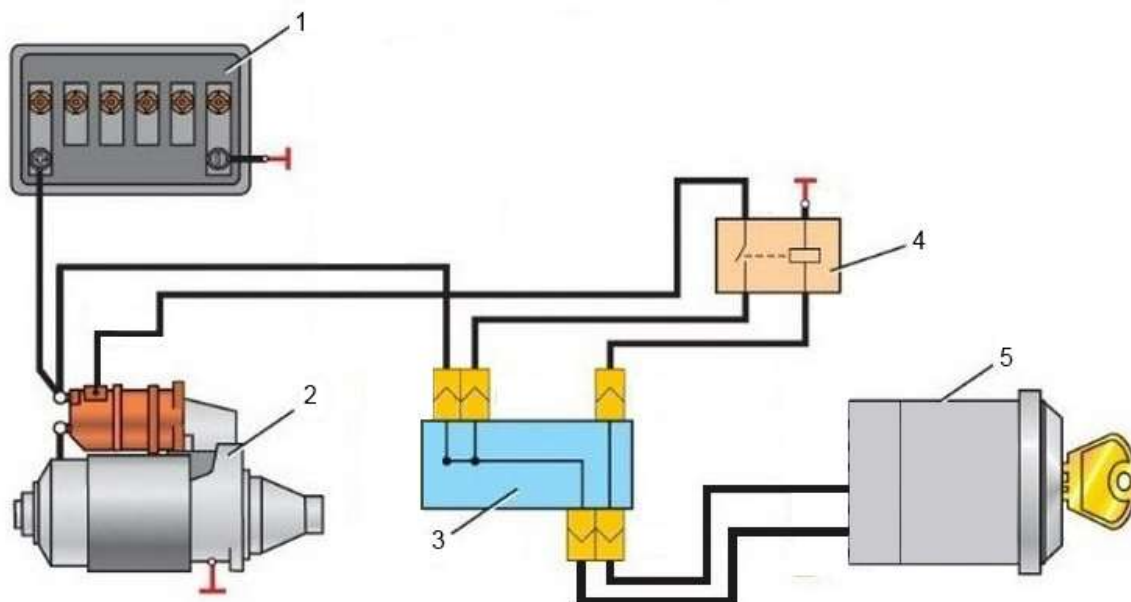


Рис. 3. Упрощенная электрическая схема присоединения стартера в автомобиле
1 – аккумуляторная батарея; 2 – стартер; 3 – блок предохранителей;
4 – пусковое реле; 5 – замок зажигания

Электрические цепи в автомобилях защищены плавкими предохранителями ножевого типа, мощные потребители тока включаются посредством реле. Стартер, как мощный потребитель тока, соединяется с аккумуляторной батареей без использования предохранителей.

Практика расследования пожаров на автотранспорте показывает, что возникновение дефекта в конструкции стартера может спровоцировать в нем протекание пожароопасных процессов. Ниже приведены возможные причины возникновения таких процессов в стартерах и их признаки, которые могут быть выявлены после пожара [7].

Механическое повреждение или ослабление возвратной пружины втягивающего реле

Одной из функций тягового реле стартера является своевременное отключение механизма запуска. В случае возникновения дефекта возвращающей пружины втягивавшего реле может произойти ее излом, что приведет к невозможности разъединения токоведущих контактов.

Это приводит к повышенному переходному сопротивлению между контактной группой с развитием дугового процесса. Далее этот процесс может вызвать, например, плавление металла штока втягивающего реле и (или) его локальное термическое повреждение (рис. 4). Также после пожара могут наблюдаться следы электроэрозии на контактах этого реле (рис. 5).



Рис.4. Оплавление штока вытягивающего реле вследствие облома возвращающей пружины



Рис.5. Локальные повреждения клемм, присоединяемых к стартеру

Выход из строя пускового реле

Запуск стартера осуществляется водителем посредством ключа зажигания. Однако сигнал на запуск идет не на прямую, а через пусковое реле, устанавливаемое между замком зажигания и тяговым реле стартера (рис. 3). В случае пригорания контактов пускового реле после запуска стартера может возникнуть ситуация, когда контакты на штоке останутся в положении «включено». Поскольку электрическая цепь на данном участке рассчитана на кратковременное, а не длительное воздействие пусковых токов, то это приводит перегреву в первую очередь наиболее уязвимых узлов – мест соединений. В результате могут возникнуть оплавления контактных узлов присоединения к стартеру (рис. 5), а также локальные повреждения его корпуса (рис. 6).



Рис.6. Последствия выхода из строя пускового реле - локальные термические повреждения корпуса (слева) и локальный нагрев контакта к вытягивающему реле (справа)

«Закусывание» шестерни бендикса стартера при зацеплении с маховиком двигателя

При т.н. закусывании шестерни привода стартера и шестерни маховика двигателя (особенно часто встречается на автомобилях с изношенной шестерней маховика), что не позволит выключить стартер ключом зажигания. В результате, если двигатель работает, то стартер начинает функционировать как генератор электроэнергии и возникает перегрузка силового провода. Если же двигатель не работает, то стартер находится в «заторможенном» состоянии, а по проводнику начинает течь ток перегрузки, величина которого ограничивается мощностью аккумуляторной батареи, что в результате приводит к чрезмерному нагреву изоляции. Шестерня бендикса при этом находится во включенном состоянии.

Последствиями этого процесса могут быть термические повреждения обмотки ротора электродвигателя стартера (рис. 7).



Рис. 7. Локальные термические повреждения электродвигателя стартера

При разборе стартера на роторе может наблюдаться выгорание электроизоляционного лака обмотки, витки также могут быть оплавлены (рис. 8).



Рис. 8. Оплавление обмотки ротора

Кроме того, карбонизация изоляции отдельных витков приводит к снижению сопротивления изоляции, утечкам тока, а также снижению сопротивления цепи в целом и возрастанию тока в ней. Вследствие чего возникает перегрузка, которая приводит к возгоранию изоляции [8].

В табл. 1 систематизированы рассмотренные выше причины выхода из строя стартеров, их последствия и признаки протекания аварийных процессов.

Таблица 1. Основные причины возникновения аварийных режимов в автомобильных стартерах, их последствия и признаки

№	Причина возникновения аварийного режима	Последствия аварийного режима	Возможные признаки, выявляемые после пожара
1	Механическое повреждение или ослабление возвратной пружины втягивающего реле	– Залипание контактов втягивающего реле и локальный нагрев в этой зоне – Дуговой процесс в зоне контактов втягивающего реле	– Оплавление металлического штока втягивающего реле – Локальные термические повреждения корпуса стартера в зоне контактов
2	«Залипание» контактов пускового реле замка зажигания	– Локальный нагрев в зоне присоединения клемм к стартеру – Дуговой процесс в зоне контактов (клемм) втягивающего реле	– Следы электроэрозии или оплавления на клеммах втягивающего реле – Локальные термические повреждения корпуса стартера в зоне контактов – Пригоревшие контакты пускового реле
3	«Закусывание» шестерни бендикса стартера при зацеплении с маховиком двигателя	– Заклинивание электродвигателя стартера и его нагрев	– Выгорание электроизоляционного лака обмотки ротора – Неравномерные термические повреждения ротора – Шестерня бендикса находится во «включенном» положении

Необходимо отметить, что при проведении экспертиз сгоревшей машины рассматривать аварийный режим работы в стартере как причину пожара имеет смысл при наличии сведений о том, что пожар произошел при запуске двигателя, или в процессе непродолжительной (минуты, десятки минут, реже часы) работы автомобиля.

Заводские и эксплуатационные дефекты в конструкции автомобильных стартеров могут стать причиной возникновения аварийных электрических процессов, способных вызвать пожар в автотранспортном средстве. Последствия протекания этих процессов формируют специфические признаки, которые можно выявить при визуальном исследовании после пожара. Аварийные режимы работы в стартере возникают при запуске двигателя или в процессе движения автомобиля. Приведенные сведения и признаки аварийных пожароопасных режимов работы автомобильных стартеров могут быть использованы при производстве комплексных пожарно-технических и автотехнических экспертиз.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2017. – 124 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: статистический сборник / под общ. ред. А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2018. – 125 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: статистический сборник / под общ. ред. А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2019. – 125 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2020. – 80 с.
5. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. – М.: ООО «КАБЕЛЬ», 2009. – 328 с.
6. Маковкин А.В., Кабанов В.Н. Изучение состояния электрооборудования при осмотре места пожара: учебное пособие. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1988. – 48 с.

7. Скодтаев С.В., Копкин Е.В., Бардулин Е.Н. Анализ практики исследования пожаров автомобилей судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России / Проблемы управления рисками в техносфере. - 2(42). - 2017. - С. 117-124

8. Богатищев А.И. Пожарная опасность аварийных режимов в сетях электрооборудования автотранспортных средств: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.26.03/Богатищев Александр Иванович –М.: АГПС, 2003. –233 с.