

Аксенов Сергей Геннадьевич

д-р э.н., профессор
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»
г. Уфа, Россия

Ибрагимова Розалина Ринатовна

студент
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»
г. Уфа, Россия

Риски воспламенения при нештатных режимах в электрических цепях автомобилей

Аннотация. В статье рассматриваются причины возникновения пожаров на автотранспортных средствах, связанные с аварийными режимами работы электрооборудования. Анализируются такие неисправности, как короткое замыкание, перегрузка электрических цепей и большие переходные сопротивления. Описываются механизмы теплового воздействия токов утечки и дуговых разрядов. Приводятся статистические данные о пожарах из-за электрооборудования. Обосновывается необходимость применения современных средств защиты, включая плавкие предохранители и автоматические выключатели с тепловой защитой. Отдельное внимание уделяется износу изоляции проводов в условиях вибрации и перепадов температур. Предлагаются меры профилактики для снижения пожарной опасности.

Ключевые слова: пожарная опасность, аварийные режимы, электрооборудование, автотранспортные средства, короткое замыкание.

Aksenov Sergey Gennadievich

Dr. Econ. Sci., Professor
Ufa University of Science and Technology
Ufa, Russia

Ibragimova Rosalina Rinatovna

Student
Ufa University of Science and Technology
Ufa, Russia

Risks of ignition during abnormal conditions in electrical circuits of vehicles

Abstract. This article examines the causes of fires in motor vehicles associated with electrical equipment malfunctions. Faults such as short circuits, electrical circuit overloads, and high contact resistances are analyzed. The mechanisms of thermal effects of leakage currents and arc discharges are described. Statistical data on fires caused by electrical equipment are presented. The need for modern fire protection, including fuses and circuit breakers with thermal protection, is substantiated. Special attention is given to the wear of wire insulation under conditions of vibration and temperature fluctuations. Preventive measures to reduce fire hazard are proposed.

Keywords: fire hazard, emergency modes, electrical equipment, motor vehicles, short circuit.

Современные автотранспортные средства насыщены электрическими цепями, обеспечивающими работу двигателя, систем освещения, сигнализации и комфорта. При этом плотность монтажа и ограниченное пространство моторного отсека создают условия для перегрева проводников. Основным фактором пожарной опасности становится возникновение аварийных режимов, когда параметры электрической сети выходят за допустимые пределы. Тепловое действие тока при таких режимах способно воспламенить

горючие материалы, включая изоляцию проводов, пластиковые детали и топливные магистрали. Особенно опасны скрытые неисправности, которые не проявляются сразу, а накапливаются в процессе эксплуатации.

Короткое замыкание представляет собой наиболее распространенный аварийный режим в сетях электрооборудования автомобилей. При этом сопротивление цепи резко уменьшается, а ток возрастает до значений, в десятки раз превышающих номинальный. Выделяющаяся тепловая мощность приводит к быстрому расплавлению металла жил и воспламенению близлежащих материалов. Особую опасность создает дуга короткого замыкания, температура которой достигает нескольких тысяч градусов. Такая дуга способна прожечь металлические части кузова и зажечь разлитое топливо. Статистика показывает, что более половины возгораний в автомобилях происходит именно из-за коротких замыканий в электропроводке.

Вторым по значимости аварийным режимом является перегрузка электрических цепей. Она возникает при подключении дополнительного оборудования без учета пропускной способности проводов, например мощных аудиосистем или дополнительных фар. Длительное протекание тока, превышающего номинальный в полтора два раза, вызывает нагрев изоляции до температуры деструкции. Сначала изоляция теряет эластичность, затем начинает обугливаться и выделять горючие газы. При достижении критической температуры наступает воспламенение, которое может поддерживаться за счет горения самой изоляции. Часто перегрузка остается незамеченной водителем, так как штатные предохранители рассчитаны на грубую защиту от короткого замыкания.

Большие переходные сопротивления в электрических соединениях также создают значительную пожарную опасность. В местах скруток, на клеммах аккумулятора и в разъемах со временем появляется окисление или ослабление контакта. Переходное сопротивление может возрасти до нескольких ом, что при токе в десять ампер дает тепловыделение порядка ста ватт в локализованной точке. Такой локальный перегрев часто приводит к оплавлению пластиковых корпусов разъемов и возгоранию соседних элементов. Особенно опасны плохие контакты на массе автомобиля, где токи стартера достигают сотен ампер. В этих условиях точка с большим сопротивлением превращается в электрический паяльник, способный воспламенить любые горючие материалы [3,4].

Аварийный режим утечки тока на корпус возникает при повреждении изоляции проводов, особенно в местах перегибов и вибрации. Ток утечки может быть незначительным, чтобы сработал предохранитель, но достаточным для нагрева проводника в месте пробоя. При влажной погоде или попадании электролита из аккумулятора утечки усиливаются, создавая непрерывный дуговой разряд малой мощности. Такие разряды характеризуются высокой температурой в микроскопической зоне, что приводит к карбонизации изоляции и последующему возгоранию. Современные автомобили с большим количеством электронных блоков имеют множество потенциальных точек утечки, которые трудно обнаружить при внешнем осмотре.

Вибрация и удары, характерные для движения автомобиля, постепенно разрушают изоляцию проводов. Трение изоляции о металлические кромки, острые углы и другие провода приводит к истиранию и появлению микротрещин. В эти трещины проникает влага и грязь, что снижает электрическую прочность изоляции. При определенных условиях возникает частичный разряд, который быстро прогрессирует в полноценное короткое замыкание. Особенно уязвимы жгуты проводов, проходящие в моторном отсеке и около системы выпуска отработавших газов. Высокая температура внешней среды ускоряет старение изоляции, делая её хрупкой и пожароопасной.

Не менее опасны длительные токи утечки через загрязненную поверхность изоляции. Моторное масло, топливо и технические жидкости, пропитывая изоляцию, меняют её диэлектрические свойства. Поверхностная проводимость возрастает, и по корпусу провода начинают течь токи от нескольких миллиампер до долей ампера. Эти токи вызывают нагрев всей длины провода, но неравномерно, с локальными перегревами в

местах наибольшего загрязнения. В результате изоляция постепенно обугливается и начинает тлеть без доступа кислорода. При появлении свежего воздуха, например при открывании капота, тление переходит в открытое пламя. Статистика пожаров на грузовых автомобилях часто связывает возгорания именно с таким механизмом [7].

Для снижения пожарной опасности необходимо применять многоуровневую защиту электрических сетей. Плавкие предохранители остаются самым простым и надежным средством от токов короткого замыкания. Однако их тепловая инерция не позволяет защитить цепь от длительных перегрузок, близких к порогу срабатывания. Поэтому целесообразно использовать автоматические выключатели с тепловым расцепителем, калиброванным под реальный ток провода. Такие выключатели учитывают нагрев окружающей среды и предотвращают работу изоляции в критическом режиме. Дополнительным преимуществом является возможность повторного включения после устранения неисправности, что снижает риск замены предохранителя на «жучок» [1].

Важную роль в профилактике пожаров играет правильный выбор сечения проводов при установке дополнительного оборудования. Многие автоводители ошибочно полагают, что толстый провод всегда лучше, но это не так. Избыточное сечение затрудняет монтаж и увеличивает массу, а недостаточное сечение ведет к перегреву. Нужно рассчитывать токовую нагрузку по сумме мощностей всех потребителей в цепи, добавляя запас двадцать пять процентов. При этом следует учитывать длину провода, так как падение напряжения на длинных линиях также вызывает дополнительное тепловыделение. Только при соблюдении этих условий можно гарантировать безопасную работу электрооборудования [2].

Регулярный контроль состояния контактных соединений является обязательной мерой для автомобилей с большим пробегом. Каждое техническое обслуживание должно включать проверку затяжки клемм аккумулятора, болтовых соединений массы и чистку разъемов. Окисленные контакты следует очищать мелкой наждачной бумагой и обрабатывать специальной смазкой для электрических соединений. Также необходимо проверять нагрев всех доступных соединений после длительной работы двигателя, особенно в жаркую погоду. Повышенная температура в точке контакта прямо указывает на наличие большого переходного сопротивления, требующего немедленного устранения. Пренебрежение этой процедурой часто приводит к возгоранию в ночное время, когда автомобиль оставлен без присмотра [3,4].

Защита изоляции проводов от механических повреждений достигается применением гофрированных труб, жгутовых стяжек и резиновых втулок в местах прохода через металлические панели. Особенно важно изолировать провода от острых кромок, которые возникают после кузовных ремонтов или при нештатной прокладке кабелей. Любое касание провода о металл без защитного покрытия со временем приведет к истиранию изоляции. Дополнительным фактором риска является мойка двигателя под высоким давлением, когда вода загоняется внутрь разъемов и ускоряет коррозию. Рекомендуется использовать диэлектрическую смазку в каждом разюме, подверженном воздействию влаги.

Современные системы мониторинга изоляции могут значительно повысить пожарную безопасность, особенно на электромобилях и гибридных автомобилях. Эти системы непрерывно измеряют сопротивление между силовыми цепями и корпусом, подавая сигнал при снижении изоляции ниже порога. На обычных автомобилях с двенадцативольтовой сетью такие системы пока редки, но их внедрение могло бы предотвратить множество пожаров. Альтернативой является установка устройств защиты от дугового пробоя, которые распознают характерные признаки электрической дуги. Такие устройства отключают цепь за доли секунды до того, как дуга вызовет возгорание. Стоимость подобных решений постепенно снижается, что делает их доступными для массового применения [5,6].

Важно помнить, что любой аварийный режим в электрооборудовании не возникает внезапно, а имеет предшествующие признаки. К таким признакам относятся мерцание

света, запах горелой изоляции, локальный нагрев проводов или разъемов, а также нестабильная работа потребителей. Водитель должен быть обучен распознавать эти симптомы и немедленно реагировать на них. Затягивание с диагностикой часто приводит к тому, что небольшой дефект перерастает в полноценный пожар. Особенно опасна ситуация, когда возгорание происходит в движении на высокой скорости, так как поток воздуха раздувает пламя и затрудняет тушение.

Противопожарные мероприятия включают также правильное размещение огнетушителя в доступном месте и знание техники его применения. В автомобиле наиболее эффективны порошковые огнетушители объемом не менее двух литров для легковых автомобилей и пяти литров для грузовых. При возгорании электропроводки нельзя тушить водой из-за риска короткого замыкания и поражения током. Сначала следует обесточить автомобиль, отключив аккумулятор, если это безопасно. Только после этого можно приступить к тушению огнетушителем, направляя струю на очаг пожара. Однако в большинстве случаев при возникновении открытого горения под капотом лучше вызвать пожарных и отойти на безопасное расстояние [7].

Анализ статистических данных показывает, что пик пожаров из-за электрооборудования приходится на автомобили возрастом старше семи лет. В этот период изоляция проводов естественным образом стареет, становится хрупкой и растрескивается. Особенно быстро этот процесс идет у автомобилей, эксплуатируемых в условиях высоких температур, например в южных регионах. Замена всей электропроводки на старых автомобилях экономически нецелесообразна, но можно провести выборочную замену наиболее критичных жгутов. К критичным жгутам относятся цепи питания двигателя, системы зажигания и топливного насоса. Своевременная замена этих элементов способна снизить риск пожара в два три раза [4].

Профилактика перегрузок требует внимательного отношения к установке дополнительного электрооборудования. Каждый новый потребитель должен подключаться через отдельный предохранитель и реле, а не путем скрутки с существующими проводами. Скрутки без пайки и изоляции являются основной причиной локальных перегревов и возгораний в тюнинг-автомобилях. Лучшим решением является использование стандартных разъемов и блоков предохранителей, предусмотренных производителем. Если необходимо подключить мощный потребитель, следует проложить отдельный кабель от аккумулятора через собственный предохранитель. Только такой подход гарантирует отсутствие перегрузки штатных цепей [2].

Особую опасность представляют так называемые «жучки», то есть предохранители, замененные на более сильные или на отрезки проволоки. Многие водители идут на это при повторном перегорании предохранителя, не разбираясь в причине. Однако такой предохранитель уже не способен защитить провод от перегрева, и вся нагрузка ложится на изоляцию. Провод начинает работать как греющий элемент, и практически всегда это заканчивается пожаром. Категорически запрещается использовать предохранители с током срабатывания, превышающим номинальный более чем на двадцать процентов. При повторном перегорании предохранителя необходимо найти и устранить неисправность, а не обходить защиту.

В заключение следует подчеркнуть, что пожарная безопасность электрооборудования автомобиля зависит от комплексного подхода. Невозможно обеспечить её только одним средством защиты или одной профилактической мерой. Нужно сочетать грамотное проектирование цепей, качественные материалы, регулярные проверки и правильные действия водителя. Производители автомобилей постоянно совершенствуют системы защиты, но окончательная ответственность лежит на владельце. Только внимательное отношение к признакам неисправностей и своевременное техническое обслуживание позволяют свести риск пожара к минимуму. Игнорирование этих принципов ежегодно приводит к тысячам возгораний и человеческим жертвам.

Список литературы

1. Аксенов С. Г., Божко Д. А. Огнетушитель как первичное средство пожарной безопасности транспортных средств // Грузовик. — 2023. — № 8. — С. 36-39.
2. Аксенов С. Г., Шафиков Р. Р. Анализ пожарного риска в момент аварий на автомобильных закрытых паркингах // Экономика строительства. — 2023. — № 6. — С. 110-113.
3. Елисеев Ю. Н., Плотников В. Г., Скодтаев С. В. Особенности исследования электропроводки автомобиля на месте пожара // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. — 2016. — № 4. — С. 8-12.
4. Куташов Д. А., Свичкарь А. С., Шестель Л. А. Соединение медных проводов с помощью ультразвуковой сварки // Техника и технологии машиностроения : материалы IV Международной студенческой научно-практической конференции (25-30 марта 2015 г., г. Омск). — Омск : Омский государственный технический университет, 2015. — С. 140-142.
5. Скодтаев С. В., Копкин Е. В., Бардулин Е. Н. Анализ практики исследования пожаров автомобилей судебными экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2017. — № 2(42). — С. 117-124.
6. Черкасов В. Н., Костарев Н. П. Пожарная безопасность электроустановок : учеб. — М. : Акад. ГПС МЧС России, 2002. — 377 с.
7. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара : в 2 кн. — СПб. : Типография «Береста», 2010. — Кн. 1. — 708 с.