

*На правах рукописи*

БОГАТИЦЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ

**ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В  
СЕТЯХ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Специальность: 05.26.03 Пожарная и промышленная безопасность  
(Технические науки. Отрасль Транспорт)

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



Москва – 2003 г.

Диссертация выполнена в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России.

Научный руководитель: профессор, к.т.н., Зернов Станислав Иванович

Официальные оппоненты:

д.т.н., профессор, Смелков Герман Иванович.

д.т.н., Исхаков Харис Исхакович.

Ведущая организация: Государственный научный центр РФ. Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт (НАМИ).

Защита состоится 15 декабря 2003 г. в 14<sup>00</sup> ч. на заседании диссертационного совета Д 205.002.02 в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по адресу: 129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4, зал Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии ГПС МЧС России.

Автореферат разослан «14» ноября 2003 г., исходный № 664 .

Отзыв на автореферат с заверенной подписью и печатью просим направить в Академию ГПС МЧС России по указанному адресу.

Телефон для справок (095) 283-19-05.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
д.т.н., профессор



С.В.Пузач

2003-А  
18359

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

**Актуальность темы исследования.** С каждым годом в Российской Федерации растет потребность в автомобильных грузовых и пассажирских перевозках как внутри страны, так и с государствами ближнего и дальнего зарубежья. Растут и потребности в легковом транспорте, удовлетворяемые как за счет продукции отечественного автопрома, так за счет импортирования автомобилей, причем изрядную часть последних составляют автомобили подержанные. Это неизбежно влечет постоянное увеличение общей численности автомобильного парка и, соответственно, рост аварийности как в абсолютном, так и в относительном выражении.

Следует отметить, что наряду с задачей удовлетворения потребностей в автотранспортных средствах решаются вопросы совершенствования их конструкции, повышения безопасности и комфортабельности. Так, в Федеральном законе "О техническом регулировании" от 27.12.2002г. №184-ФЗ и Федеральном законе "О безопасности дорожного движения" от 10.12.1995г. №196-ФЗ важнейшим решением задач по безопасности людей и обеспечения сохранности имущества и др.

В автотранспортных средствах конструктивно объединяются элементы и системы, в которых неисправности или экстремальные режимы эксплуатации могут не только привести к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП), но и быть опасными с точки зрения возникновения пожаров. Согласно Федеральному закону "О пожарной безопасности" от 21.12.1994 г. №69-ФЗ, "пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства".

Указанные в законе последствия характерны и для пожаров на автотранспортных средствах.

Пожары автотранспортных средств могут возникать от внешних и внутренних источников зажигания, появление которых вызывается нарушением правил эксплуатации автотранспортных средств, правил обеспечения пожаро-

РОС. НАЦИОНАЛЬНАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
С.Петербург 438  
09 103 акт 35

безопасности и взрывобезопасности при заправке топливом или перевозке горючих веществ. К пожару могут привести конструктивные недостатки автотранспортных средств, эксплуатационные повреждения и повреждения при ДТП, а также поджоги, в том числе и с сокрытием под техническую причину. Нередко пожары автотранспортных средств возникают при столкновении их между собой или с какими-либо препятствиями.

Число пожаров на автотранспортных средствах велико. Статистические данные о пожарах в России свидетельствуют о значительной доле числа пожаров на автотранспортных средствах в общей статистике пожаров, в среднем один из шестнадцати от общего количества пожаров связан с автотранспортом. В г. Москве, например, ежедневно регистрируется в среднем 10-12 пожаров автотранспортных средств.

Пожары на автотранспортных средствах относятся, как правило, к особо тяжелым авариям и часто приводят к травматизму и человеческим жертвам, влекут значительный материальный ущерб. Установление причин пожаров в каждом таком случае помогает разработке и осуществлению конкретных мероприятий по предупреждению пожаров.

Наиболее распространенной причиной пожаров на автотранспортных средствах, согласно статистическим данным, являются пожароопасные проявления дефектов или нарушения правил эксплуатации электрооборудования. Электрооборудование автотранспортных средств представляет источники и потребители электроэнергии соединенные по определенным, достаточно сложным схемам. На электрооборудование в среднем приходится по разным данным 23-34% всех неисправностей автотранспортных средств, что свидетельствует о его значительном влиянии на надежность и эффективность при его эксплуатации. При этом аварийные режимы работы электрооборудования автотранспортных средств сопровождаются высокотемпературным нагревом металла токопроводников и изоляции, с чем связана их высокая пожарная опасность. Поэтому для снижения пожарной опасности электрооборудования автотранспортных

средств необходимо более подробно исследовать электрическое оборудование и аварийные режимы, происходящие в нем.

Электрооборудование автотранспортных средств различное по своему назначению составляет единый многофункциональный комплекс. Каждый элемент электрооборудования автотранспортных средств после происшедшего пожара должен исследоваться для того, чтобы попытаться обнаружить на нем признаки, свидетельствующие о наличии в нем аварийного явления, и объяснить связь этого явления с пожаром.

Изучение литературных источников показало, что по данной проблеме выполнено крайне мало исследований. Несмотря на ряд попыток исследовать пожарную опасность электрооборудования автотранспортных средств, существенные какие-либо методические разработки на данный момент не были получены. При этом основное внимание исследователи уделяли только электропроводке автотранспортных средств, как наиболее протяженному элементу электрооборудования и поэтому, естественно, наиболее подверженному повреждению по той или иной причине.

Выполненные ранее работы не в полной мере отвечают вопросам, возникающим в практике исследования дефектов электрооборудования, приводящих к пожарам на автотранспортных средствах. Подавляющее большинство подобных исследований посвящено изучению механизма аварийных явлений в электроустановках переменного тока, главным образом при напряжении 220-380В, в то время как на борту автотранспортных средств электросеть снабжена источником постоянного тока (электрогенератора, аккумуляторной батареи) с напряжением, колеблющимся в пределах 8-24В. При столь низком напряжении условия для зажигания электрической дуги и ее поддержания существенно отличаются от тех, для которых предназначены существующие методические разработки. Наряду с этим, в элементах электропроводки автотранспортных средств не только в аварийном, но и в штатном режимах могут протекать токи большой величины.

Неоднозначно мнение специалистов и о том, можно ли при исследовании электропроводов бортовой электросети автотранспортных средств воспользоваться методиками, разработанными для различных компонентов электросетей. Недостаточно также прояснена роль аппаратов электрозащиты в обеспечении пожарной безопасности автотранспортных средств в случае возникновения в бортовой электросети аварийных режимов.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена фактическим отсутствием методических разработок, позволяющих надежно диагностировать аварийные режимы, приводящие к пожарам в электрооборудовании автотранспортных средств, и в то же время необходимостью проверки применимости и надлежащей корректировки существующих методических разработок к анализу аварийных режимов в электросети автотранспортных средствах.

**Цель и задачи исследований.** Цель настоящего диссертационного исследования состоит в получении новых данных о механизме разрушения в бортовом электрооборудовании автотранспортных средств материалов электропроводов при интенсивном термическом воздействии в условиях пожара и электродуговых процессов и совершенствовании на основе полученных результатов методического обеспечения исследования причастности аварийных явлений на них приводящих к возникновению пожаров на автотранспортных средствах. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1) Анализ компоновки и электроэнергетических характеристик основных элементов электрооборудования автотранспортных средств, а также факторов, обуславливающих их пожарную опасность при штатных и аварийных режимах работы;

2) Анализ литературных источников по проблемам теплоустойчивости и пожарной опасности элементов электрооборудования автотранспортных средств, а также по методам диагностического исследования элементов электросетей.

трооборудования автотранспортных средств со следами термического воздействия, изымаемых с мест пожаров;

3) Теоретический анализ состояния отдельных элементов электросети автотранспортных средств (электропроводов и плавких предохранителей) при аварийных режимах работы с целью создания методики расчетной оценки критических параметров, характеризующих их состояние и работоспособность;

4) Создание экспериментальной установки, позволяющей моделировать пожароопасные токовые нагрузки при испытаниях элементов электросети автотранспортных средств (электропроводов и плавких предохранителей);

5) Проведение экспериментальных исследований электропроводов и плавких предохранителей автотранспортных средств, с целью выявления внешних и внутренних признаков, характеризующих природу и параметры аварийных пожарных режимов, вызвавших их разрушение.

**Объект и предмет исследования.** Объектом данного исследования является электрооборудование автотранспортных средств и пожароопасные процессы, происходящие в его элементах при штатных и аварийных режимах работы.

Предметом исследования выступают закономерности формирования на элементах электрооборудования автотранспортных средств внешних и внутренних следов и признаков, позволяющих при проведении исследования диагностировать параметры и условия вызвавших их процессов, вид и природу аварийных режимов.

**Научная новизна диссертационного исследования.** В данной работе впервые проведены теоретические и экспериментальные исследования пожароопасных аварийных режимов в электрических сетях автотранспортных средств.

В результате исследований вскрыты особенности механизма следообразования на электропроводах при аварийных режимах, характерных для электросетей автотранспортных средств:

- установлены закономерности изменения морфологических и структурных характеристик электропроводов автотранспортных средств при термиче-

ском воздействии вследствие протекания электрического тока, а также при термическом воздействии пожара;

- получены аналитические зависимости для расчета критических параметров электрических проводов и предохранителей электросетей автотранспортных средств;

- разработан, новый методический подход диагностики аварийных режимов работы электрооборудования автотранспортных средств основанной на использовании результатов морфологических и материаловедческих исследований в сочетании с анализом функционирования электрооборудования автотранспортных средств на момент пожара и пожарно-техническим исследованием.

**Практическая значимость исследования.** Практическая значимость основных положений диссертационной работы заключается в создании научно обоснованных рекомендаций с целью установления причин пожаров на автотранспортных средствах и разработки мероприятий по их предотвращению.

Результаты исследования дополняют существующее методическое обеспечение оценки причастности аварийных явлений в электрооборудовании к возникновению пожаров на автотранспортных средствах.

**Реализация работы.** Результаты, полученные в ходе диссертационных исследований, использованы в практике производства пожарно-технических исследований и экспертиз при расследовании пожаров автотранспортных средств в Государственном учреждении «Экспертный криминалистический центр» (ГУ ЭКЦ) МВД РФ, при подготовке монографии «Исследование причин возгорания автотранспортных средств», а также в учебном процессе по курсу «Расследование и экспертиза пожаров» в Академии ГПС МЧС России.

Основные результаты работы докладывались на следующих конференциях: 9-я конференция «Системы безопасности» (Академии государственной противопожарной службы (ГПС) МВД РФ, 2000); «Криминалистика XXI век» (ГУ



ЭКЦ МВД РФ, 2001); 10-я конференция “Системы безопасности” (Академии ГПС МВД РФ, 2001).

Публикации. Материалы диссертационных исследований опубликованы в шести статьях и одной монографии.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Комплексный подход при исследовании пожаров в электрооборудовании автотранспортных средств, основывающийся на том, что его электрооборудование составляет единый многофункциональный комплекс.

2. Дополнение, уточнение условий и порядка применения существующих в настоящее время методик исследования медных проводников со следами аварийных режимов работы для диагностирования аварийных режимов в электросетях автотранспортных средств при исследовании механизма возникновения пожаров транспортных средств.

3. Система следов и признаков пожароопасных аварийных режимов работы электропроводов автотранспортных средств, полученная на основе результатов проведенных экспериментальных исследований.

4. Расчетный метод оценки критических параметров электропроводов при аварийных режимах в электросетях автотранспортных средств.

5. Экспериментальная установка для моделирования аварийных режимов в элементах сети электрооборудования автотранспортных средств.

6. Предложения по упорядочению контроля качества автомобильных плавких предохранителей, реализуемых через торговую сеть.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.**

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, перечня литературных источников и приложений.

**Во введении** обоснована актуальность проблемы исследования пожароопасных режимов в сетях электрооборудования автотранспортных средств, сформулированы цель и основные задачи диссертационного исследования, из-

ложена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** проведено статистическое исследование пожаров на автомобильном транспорте на территории России, из которого следует, что пожароопасные проявления дефектов конструкции и изготовления электрооборудования автотранспортных средств, а также нарушения правил его эксплуатации являются одной из наиболее распространенных на них причин пожаров.

Проведен анализ функционального назначения и особенностей эксплуатации основных систем и элементов электрооборудования автотранспортного средства. Выделены наиболее энергопотребляющие системы (элементы), проведена оценка пожарной опасности электрооборудования автотранспортного средства, выделены места возникновения пожаров в автотранспортном средстве при возникновении аварийных режимов в электрооборудовании.

При анализе особенностей функционирования элементов электрооборудования показано, что какие-либо пожароопасные последствия, связанных с ними, обязательно сопровождаются изменением их теплового состояния под внешним (от очага пожара) или внутренним (за счет тепла, выделяемого при прохождении тока) воздействием. Рассмотрено тепловое состояние основных элементов электрооборудования автотранспортных средств при нормальной (штатной) эксплуатации и при аварийных режимах, раскрыты основные факторы, обуславливающие возможность возникновения в них аварийных режимов и их пожароопасных проявлений. Показано, что наиболее типичным элементом электрооборудования автотранспортных средств, на котором могут отражаться параметры и последствия таких режимов, является электропровода, общая протяженность которых на борту автотранспортных средств составляет сотни метров. Поэтому при выяснении обстоятельств возникновения пожара на борту автотранспортных средств электропровода должны являться одним из главных объектов исследования.

Одну из главных ролей в контроле вида и параметров аварийных режимов в сетях электрооборудования автотранспортных средств играют аппараты электрозащиты. Последние являются такими элементами электрооборудования автотранспортных средств, от свойств которых зависят параметры и условия возникновения аварийных режимов, а также их последствия. Среди аппаратов электрозащиты наиболее распространенными в автотранспортных средствах являются плавкие предохранители. Характер их срабатывания, свойства материала разрушившейся плавкой вставки содержат много информации о прошедшем аварийном режиме в электросети, что делает важным и необходимым проведение их исследования наряду с электропроводами автотранспортных средств. Изучены варианты работы электрооборудования автотранспортных средств при различных положениях замка зажигания (ключа замка зажигания), а также при дорожно-транспортном происшествии. Такой подход необходим при проведении исследования пожара на автотранспортных средствах, чтобы судить о том, какие конкретные цепи и какие элементы электрооборудования находились в определенный момент под напряжением и, соответственно, могли оказаться в состоянии пожароопасного аварийного режима работы.

Проведен обзор литературных источников по вопросам экспериментальных и теоретических исследований аварийных режимов и процессов в электрооборудовании, в частности, в электропроводке, как с точки зрения ее потенциальной пожарной опасности, так и с позиций разработки методов их диагностических исследований. При этом установлено, что ныне существующие методики по установлению причин разрушения медных проводников разработаны для исследования электропроводов, используемых в бытовых и промышленных сетях переменного тока напряжением 220-380В, в то время как в автотранспортных средствах используется постоянный ток напряжением 12-24В. Поэтому, в связи с отсутствием методики диагностирования аварийных режимов в электрооборудовании автотранспортных средств, возникла необходимость проведения экспериментальных исследований элементов электрических сетей электро-

оборудования автотранспортных средств с целью установления для них критических (по сохранению работоспособности) температур нагрева, выявления внешних (морфологических) и внутренних (по составу, микроструктуре) диагностических признаков, характеризующих вид и параметры аварийного режима при термическом разрушении электропроводов.

Проведение же экспериментального исследования автомобильных плавких предохранителей с целью установления параметров их срабатывания необходимо потому, что этим вопросам недостаточно было уделено, несмотря на очевидную важность таких исследований для оценки уровня безопасности автотранспортного средства.

По результатам анализа литературных источников и поставленной цели исследования конкретизированы направления диссертационного исследования.

**Во второй главе** проанализированы основные известные расчетные методы нагрева электропроводов во время аварийных режимов. При этом наиболее распространенный расчетный метод нагрева провода в изоляции, предложенный Г.И. Смельковым, является достаточно сложным для практического применения, поскольку определяет весь спектр температурных состояний проводов в изоляции и основное внимание сосредоточено на прогнозировании условий, при которых происходит загорания изоляции провода.

Так как в диссертационной работе поставлена цель установить зависимость критической температуры провода по изоляции, был разработан упрощенный расчетный метод прогнозирования темпа нагрева электрического провода до разрушения изоляции при аварийных режимах в электроцепи с учетом тепловых потерь в изоляцию и окружающую среду и ряда допущений, не искажающих сущности физических процессов, происходящих в изолированном электропроводе.

Для расчета теплового состояния электрического провода под токовой нагрузкой и КЗ в изолированном электропроводе при наличии цилиндрической оболочки (ПВХ изоляции) использована известную из теории теплообмена мо-

даль цилиндрической оболочки тела с распределенными внутренними источниками тепла при граничных условиях 3-го рода. В результате получены выражения для расчета температуры электропровода в зависимости от силы тока  $I$  (А) и времени  $\tau$  (с):

$$T_w - T_c = \frac{I^2 \rho}{K_2 - \beta I^2 \rho} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{K_2 - \beta I^2 \rho \tau}{K_1}\right) \right],$$

а также для расчета времени  $\tau$ , за которое достигается определенная величина температуры (например, критический порог разрушения изоляции):

$$\tau = -\frac{K_1}{K_2 - \beta I^2 \rho} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{(T_w - T_c)(K_2 - \beta I^2 \rho)}{I^2 \rho} \right].$$

где:  $\beta$  - температурный коэффициент сопротивления,  $K^{-1}$ ;

$\rho$  - удельное электрическое сопротивление 1м проводника, Ом/м;

$l$  - длина проводника, м;

$K_1 = c_w m_w$  - коэффициент, определяемый суммарной теплоемкостью проводника;

$K_2 = \frac{1}{R}$  - коэффициент, равный обратной величине сопротивлению теплоотдачи от провода в окружающую среду.

Данные формулы дает возможность расчета времени выхода на квазистационарный температурный режим электропровода или интервала времени, в течение которого достигается определенная величина температуры.

С помощью указанного метода проведен расчет температуры нагрева автомобильных проводов, наиболее распространенных в электросетях автотранспортных средствах сечением – 0,55; 0,75; 1,8; 2,8мм<sup>2</sup>, и полученные данные затем были сопоставлены с результатами соответствующих экспериментов.

Наряду с теоретическими исследованиями, в соответствии с поставленными задачами работы были проведены экспериментальные исследования электропроводов автотранспортных средств по двум основным направлениям:

1. Исследование автомобильных проводов, разрушенных в результате аварийных режимов, а также тепловых воздействий;

2. Исследование поведения автомобильных проводов различных сечений при различных токах и выявление визуальных диагностических признаков температуры нагрева проводов.

Эксперименты проводились на разработанной и изготовленной в процессе исследования экспериментальной установке токового нагружения, позволяющей подавать на исследуемый элемент электрооборудования постоянный (рис. 1) и переменный ток. Структурная схема установки постоянного тока включает в себя

ряд функциональных блоков: блок питания, блок коммутации, блок выпрямления тока, блок измерительных средств, блок обеспечения безопасных условий работы, блок нагрева испытываемого объекта (подробное описание установки представлено в диссертации).

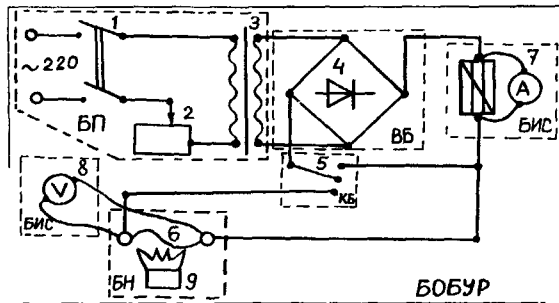


Рис. 1 Схема установки токового нагружения (постоянный ток).

1- аппарат включения питания установки; 2- реостат, 3- нагрузочный трансформатор, 4- диодный мост; 5- коммутационный рубильник; 6- испытываемый образец; 7- амперметр с шунтом; 8- вольтметр; 9- горелка; БП- блок питания; ВБ- выпрямительный блок; БН- блок нагрева; КБ- коммутационный блок, БИС- блок измерительных средств; БОБУР- блок обеспечения безопасности условий работы.

Вариант экспериментальной установки токового нагружения на переменном токе отличался от вышеуказанной экспериментальной установки для постоянного тока лишь отсутствием выпрямительного блока. Для получения экспериментальных образцов разрушение электропроводов проводилось путем моделирования наиболее характерных для аварийных ситуаций на борту автотранспортного средства схем (механизмов):

*Схема 1* - Короткое замыкание при контактировании жил разнополярных проводов, где изоляция отсутствовала на малой площади – только в месте контакта (рис. 2).

*Схема 2* - Короткое замыкание в месте разрушения изоляции провода об острую кромку стальной пластины (рис. 3).

*Схема 3* - Короткое замыкание в месте соприкосновения разнополярных проводов, при разрушении изоляции от внешнего источника высокой температуры (рис. 4).

*Схема 4* - Подача заданной величины токовой перегрузки, с целью разрушения провода (рис. 5).

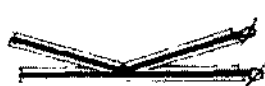


Рис. 2.



Рис. 3.



Рис. 4.



Рис. 5.

Также были проведены эксперименты в виде токовых перегрузок на проводах в изоляции и без нее вплоть до их разрушения. Для решения вопроса о влиянии вида тока (постоянный, переменный ток) на характер разрушения проводников и особенности образующихся признаков, проводились испытания с воздействием на образцы электропроводов постоянного и переменного тока в идентичных условиях.

Помимо этого, были проведены эксперименты по термическому разрушению образцов электропроводов при внешнем огневом воздействии. Для этих целей первоначально была использована обычная газовая паяльная горелка, в которой в качестве топлива использовался газ пропан ( $C_3H_8$ ), а окислителем являлся кислород атмосферного воздуха. Следует отметить, что ни в одном из экспериментов с термическим воздействием на медные жилы проводов разрушений проводов данной горелкой характерных для аварийных электрических

режимов получено не было. Результат, выражающийся в локальном расплавлении медной жилы провода был достигнут только при термическом воздействии на образцы проводов пламени газосварочной ацетиленокислородной горелки ( $C_2H_2+O_2$ ), имеющего значительно более высокую температуру.

Разрушенные провода были подвергнуты морфологическому исследованию, а также инструментальному исследованию с применением методов рентгеноструктурного и металлографического анализов. По результатам этих исследований оказалось возможным существенно дополнить, уточнить условия и порядок применения существующих в настоящее время методик исследования медных проводников со следами аварийных режимов работы применительно к диагностированию аварийных режимов в электросетях автотранспортных средств при исследовании механизма возникновения пожаров на них.

Экспериментальное исследование автомобильных проводов также было проведено с целью выявления визуальных признаков термического воздействия, обусловленного токовой нагрузкой. Данное исследование было проведено на частично измененной (представленной выше) экспериментальной установке нагружения постоянным током (рис. 6), в которой возможна плавная регулировка силы тока посредством управляемого тиристора.

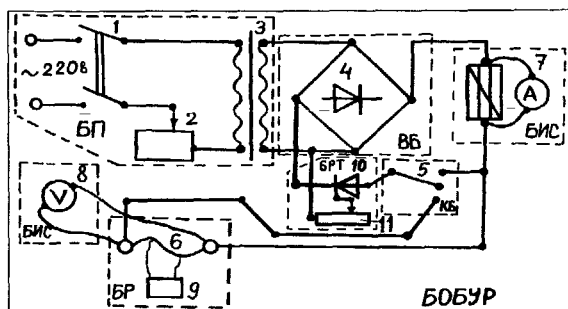


Рис. 6 Схема установки токового нагружения (постоянный ток).

1- аппарат включения питания установки; 2- реостат; 3- нагрузочный трансформатор; 4- диодный мост; 5- коммутационный рубильник; 6- испытуемый образец; 7- амперметр с шунтом; 8- вольтметр; 9- регистрирующий прибор; 10- регулировочный тиристор; 11- регулировочный реостат; БП- блок питания; ВБ- выпрямительный блок; БРТ- блок регулировки тока; КБ - коммутационный блок; БР- блок регистрирующий; БИС- блок измерительных средств; БОБУР- блок обеспечения безопасности условий работы



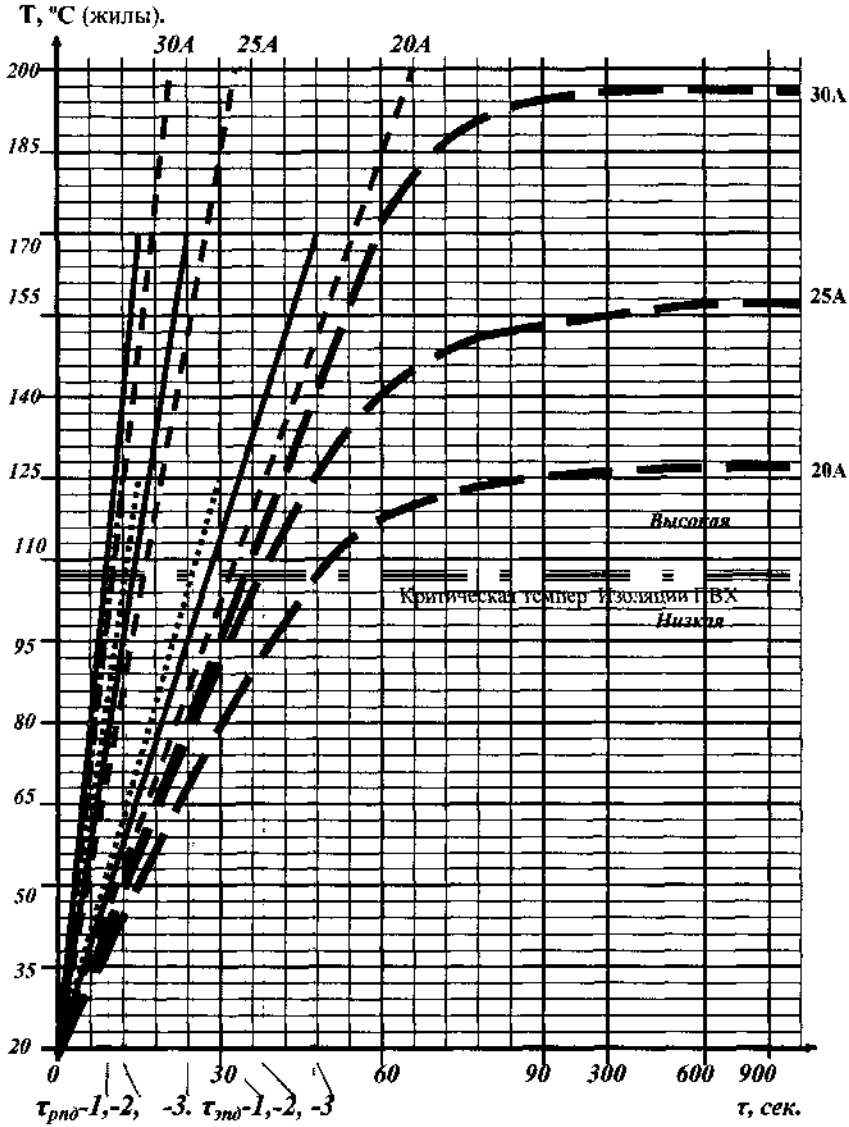


Рис. 7. Графическое соотношение расчетных и экспериментальных значений нагрева проводов сечением жилы  $0,75 \text{ мм}^2$ .



ми, полученными при испытаниях электропредохранителей автотранспортных средств (см. ниже), установлено, что известные теоретические разработки в этой области (Намитокоев К.К. и др.) применительно к автомобильным плавким предохранителям не позволяют надежно определять время, необходимое для нагрева плавкого элемента постоянного сечения до заданной температуры, например, до температуры плавления материала плавкого элемента по формуле:

$$\tau_{н\tau} = \frac{\tau_0}{k^2 \beta - 1} \ln \left[ \frac{1 + \beta T_{н\tau}}{1 + \beta T_0} - \frac{T_{н\tau} - T_0}{k^2 (1 + \beta T_0)} \right]$$

и строить время-токовую характеристику предохранителя с плавким элементом согласно выражению:

$$\frac{\tau_{н\tau}}{\tau_0} = \frac{1}{I^2 (T_{н\tau} - T_0) / I_{н\tau, p}^2 (1 + \beta T_{н\tau}) - 1} \cdot \ln \left[ \frac{1 + \beta T_{н\tau}}{1 + \beta T_0} \cdot \left( 1 - \frac{I_{н\tau, p}^2}{I^2} \right) \right]$$

Для установления критических параметров срабатывания плавких предохранителей были проведены испытания предохранителей цилиндрического и штекерного типа номиналом срабатывания 5; 7,5; 8; 10; 15; 16; 20; 25; 30А на несколько измененной вышеописанной установке токового нагружения (рис. 6). При этом использовались автомобильные электропредохранители с номинальным током срабатывания 30А, 25А, 20А, 16А, 15А, 10А, 8А, 7,5А, 5А приобретенные через розничную сеть магазинов г. Москвы отечественных и зарубежных заводов-изготовителей.

Результаты экспериментальных исследований показали, что серийно выпускаемые и реализуемые через торговую сеть плавкие предохранители далеко не всегда соответствуют по своим характеристикам требованиям норм.

Хотя часть испытывавшихся предохранителей и укладывалась в нормативные требования, во многих случаях у предохранителей под токовой нагрузкой было зафиксировано опасное перегревание контактов, плавление и обугливание корпуса и даже его воспламенение. Недопустимый разброс параметров срабатывания предохранителей хорошо виден на рис. 8, где в качестве примера представлены результаты экспериментальных исследований автомобильных плавких предохранителей штекерного типа номиналом срабатывания 25А.

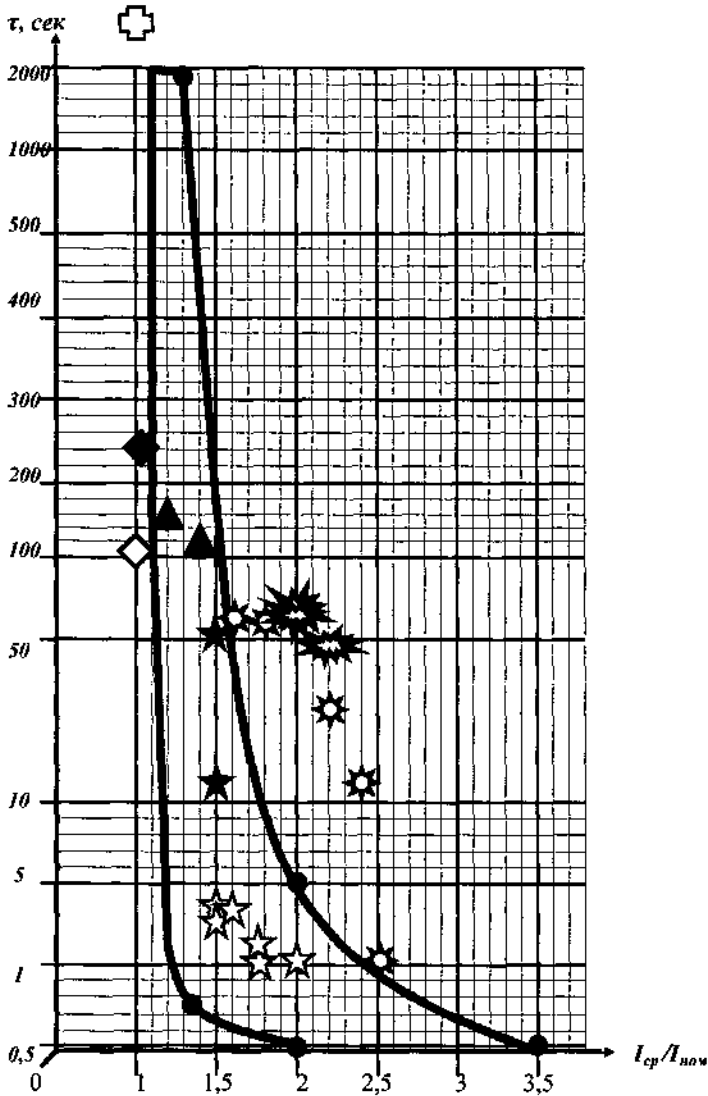












Рис.8 Результаты экспериментальных исследований предохранителей номиналом 25А.

## Условные обозначения (рис.8):

-  - Обозначенная область нормативных параметров срабатывания плавких элементов;
-  - Плавкий элемент предохранителя не сработал;
-  - Плавкий элемент не сработал; корпус предохранителя получил незначительную термическую деформацию;
-  - Плавкий элемент предохранителя сработал, не достигнув минимального параметра срабатывания;
-  - Плавкий элемент сработал не достигнув минимального параметра срабатывания, корпус предохранителя термически поврежден;
-  - Плавкий элемент сработал в рамках норм;
-  - Плавкий элемент сработал в рамках норм, корпус предохранителя незначительно термически поврежден;
-  - Плавкий элемент сработал в рамках норм, корпус предохранителя значительно термически поврежден (разрушен);
-  - Плавкий элемент сработал превысив нормативные параметры срабатывания предохранителя.
-  - Плавкий элемент сработал с последующим возгоранием корпуса предохранителя.

В этой связи возник вопрос о необходимости более жесткого подхода к конструкции самих применяемых предохранителей, их крепежа, контролю качества и порядку размещения аппаратов защиты на автотранспортных средствах в зависимости от назначения защищаемых электроцепей.

Вывод о нецелесообразности применения на практике формул, предложенных в литературе и разработанных в данной работе для расчета параметров срабатывания плавких электропредохранителей автотранспортных средств, реализуемых через торговую сеть, сделан по результатам сопоставления расчетных данных с результатами проведенных в настоящей диссертационной работе экспериментальных исследований автомобильных плавких предохранителей. Автор полагает, что наиболее надежным способом получения точных данных о параметрах срабатывания электропредохранителей автотранспортных средств являются их испытания на установке токового нагружения.

В конце второй и третьей глав диссертации представлены разработанные с учетом результатов выполненной диссертационной работы рекомендации по обнаружению, фиксации и проведению исследования остатков электропроводки и плавких предохранителей автотранспортных средств после пожара. При этом рассмотрены современные возможности применения инструментальных

методов исследования при исследовании обстоятельств пожаров на автотранспортных средствах, приведены рекомендации по их практическому применению. Основное внимание уделено рекомендациям по исследованию остатков электропроводов и плавких предохранителей с использованием результатов, полученных при аналитическом и экспериментальном исследовании в рамках настоящей диссертационной работы.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. Более 30% пожаров на автотранспортных средствах в РФ произошли по вине электрооборудования – в результате неисправности или нарушений правил ее эксплуатации. При этом электропровода являются самым уязвимым элементом электрооборудования автотранспортных средств.

2. Анализ опубликованных работ показал, что в настоящее время не имеется экспертных методик, предназначенных для исследования причастности аварийных режимов в электросети и электрооборудовании автотранспортных средств к возникновению пожаров. Ныне существующие методики предназначены для установления причин разрушения электропроводов напряжением 220–380В переменного тока с однопроволочными проводами, в то время как в автотранспортных средствах напряжение электросети постоянного тока составляет 12–24В и в них используются только многопроволочные медные провода.

3. В результате проведенного исследования установлено, что при возникновении аварийных режимов электропроводки автотранспортных средств в виде короткого замыкания разрушение материала проводника может происходить как в месте непосредственного контактирования жил (“залипание” или сваривание), так и в любом другом месте по механизму перегрузки.

4. Рентгеноструктурное исследование разрушенных электропроводов не позволяет однозначно ответить на вопросы о механизме их разрушения, а также о моменте короткого замыкания (до начала пожара или в процессе пожара). Также не обнаружены надежные признаки микроструктуры металла токоведущих

жил, позволяющие по результатам металлографического анализа дифференцировать условия окружающей среды при установлении момента короткого замыкания (до пожара или в процессе пожара).

5. Отличить разрушение проводов внешним локальным термическим воздействием от других видов разрушений возможно лишь путем комплексного анализа морфологических признаков и металлографического исследования микроструктуры проводников с учетом разработанных по результатам диссертационных исследований рекомендаций.

6. Созданная для решения поставленных в настоящей работе задач экспериментальная установка токового нагружения, позволяющая плавно регулировать постоянный электрический ток, может быть рекомендована для использования при оснащении лабораторий, в которых проводятся исследования аварийных режимов работы электрооборудования, в том числе при изучении их связи с возникновением пожаров.

7. Момент возникновения аварийного режима (до начала пожара или в процессе пожара) в виде КЗ, установленный с помощью инструментальных методов, упомянутых выше, не должен однозначно ассоциироваться с наличием или отсутствием причинно-следственной связи КЗ с причиной пожара. Связь аварийных режимов с возникновением пожаров на автотранспортных средствах можно установить лишь на основе комплексного исследования электрических и тепловых процессов, имеющих место на пожаре. При установлении причины возникновения пожара необходимо в комплексе проводить исследование систем, узлов и агрегатов автотранспортных средств которые могут иметь отношение к возникновению пожара, в сочетании с информацией об обстоятельствах происшествия, об исходном техническом состоянии автотранспортных средств и результатам пожарно-технического исследования.

8. В сравнительных экспериментах установлено, что вид тока (переменный или постоянный ток) при прочих равных условиях аварийного режима электро-

провода не оказывает какого-либо влияния на процесс разрушения медных проводов и образующиеся при этом признаки.

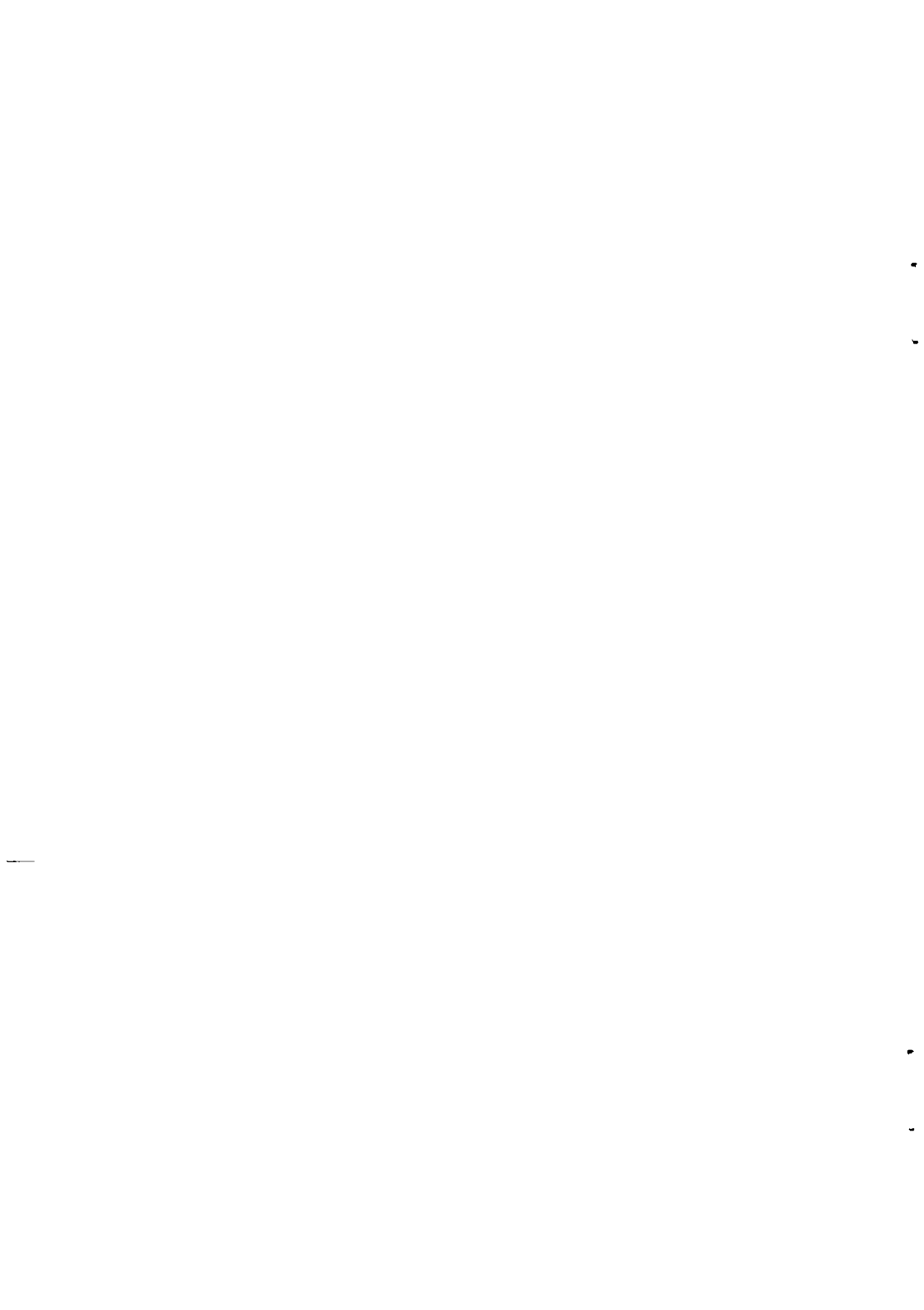
9. Полученные с использованием разработанного соискателем расчетного метода данные о нагревании электропроводов под токовой нагрузкой до 250°C – максимального порога сохранности изоляции – близки к соответствующим экспериментальным данным, что позволяет прогнозировать нагрев электропроводов при аварийных режимах в указанном температурном диапазоне в зависимости от токовой нагрузки и условий окружающей среды.

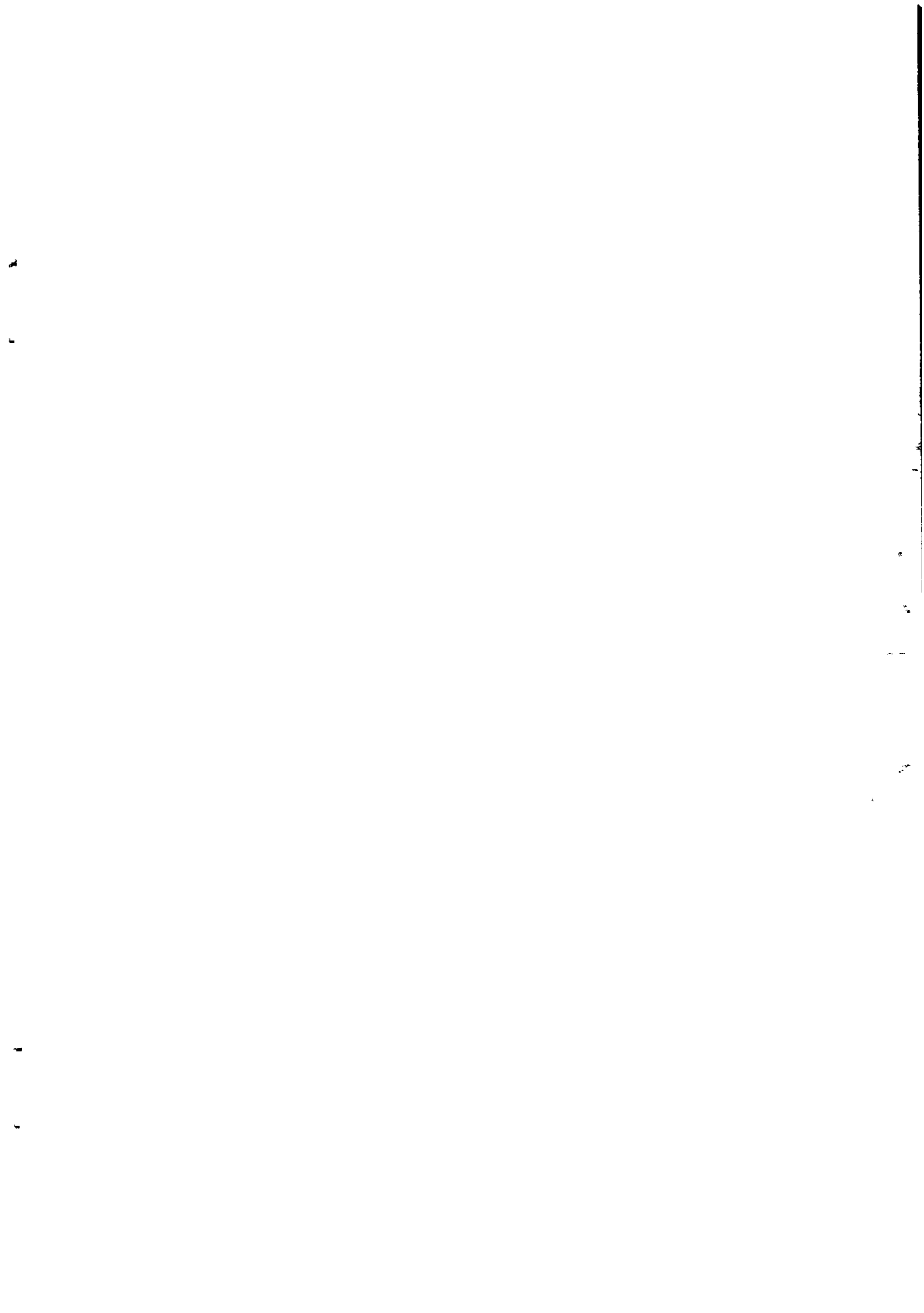
10. Автомобильные плавкие предохранители, серийно выпускаемые и реализуемые через торговую сеть, далеко не всегда соответствуют по своим характеристикам требованиям норм. Реальная защита электрических цепей автотранспортных средств часто не обеспечивается, несмотря на наличие плавких предохранителей. Сделан вывод о нецелесообразности применения известных формул для расчета параметров срабатывания электропредохранителей автотранспортных средств. Автор полагает, что наиболее надежным способом получения точных данных о параметрах срабатывания электропредохранителей автотранспортных средств являются их испытания на установке токового нагружения. В этой связи представляется необходимым повысить требования к конструкции применяемых в автотранспортных средствах электропредохранителей и их крепежа, выбору места размещения аппаратов защиты в автотранспортных средствах в зависимости от назначения защищаемых электроцепей, а также к контролю качества и – в особенности – основных технических параметров при производстве и реализации. От надежности защиты электроцепей автотранспортных средств плавкими предохранителями напрямую зависят безопасность жизни и здоровья людей, а также их имущества, что предусматривается Федеральным законом «О техническом регулировании» №184-ФЗ от 27.12.2002г.



**Результаты исследований опубликованы в следующих работах:**

1. Богатищев А.И. Пожарная опасность электрического оборудования. // Материалы девятой научно-практической конференции «Системы безопасности»-СБ-2000. М.: Академия ГПС МВД РФ, 2000г., 75-76с.;
2. Богатищев А.И., Зернов С.И. Исследование аварийных режимов работы электрооборудования автомобиля. // Материалы научно-практической конференции «Криминалистика. XXI век». М.: ГУ ЭКЦ МВД РФ, 2001г., 322-326 с.;
3. Богатищев А.И. Пожарная опасность плавких предохранителей. // Материалы десятой научно-практической конференции «Системы безопасности»- СБ-2001. М.: Академия ГПС МВД РФ, 2001г., 162-164с.;
4. Богатищев А.И., Пеньков В.В. Исследование медных проводников автотранспортного средства для установления их причастности к пожару. // Материалы шестнадцатой научно-практической конференции «Крупные пожары: предупреждение и тушение». М.:ФГУ ВНИИПО МВД РФ, 2001г., 257-259с.;
5. Богатищев А.И., Зернов С.И., Пеньков В.В. Совершенствование методики установления причастности аварийных явлений в электропроводке автомобилей к возникновению пожаров. // Материалы научно-практической конференции «Пожары и окружающая среда». Вост.- Сиб.И. МВД РФ, 2002г., 256-258с.;
6. Богатищев А.И., Зернов С.И. Пожарная опасность пускового стартера автомобиля ВАЗ-2110. // Материалы научно-практической конференции «Пожары и окружающая среда». ФГУ ВНИИПО МЧС РФ, 2002г., 179-182с.;
7. Богатищев А.И., Зернов С.И., Довбня А.В. Исследование причин возгорания автотранспортных средств: Монография. - М.: ГУ ЭКЦ МВД РФ, 2003., 120с.





2003-A

18359

#18359