

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Рецензент, _____
_____/_____/_____
« ____ » _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой БЖД
_____/А.И. Сидоров/
« ____ » _____ 2018 г.

Установление причастности аварийных режимов в
электрооборудовании к возникновению пожара

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
ст. преподаватель
_____/Ю. Б. Сыромолотов/
« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы
студент группы П–558
_____/Д. Ю. Власов/
« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер, доцент
_____/Г.А. Полунин/
« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Власов Д. Ю. Установление причастности аварийных режимов в электрооборудовании к возникновению пожара – Челябинск: ЮУрГУ, 2018г., 77 стр., 15 ил., 6 табл., библиогр. список – 22 наим.

В работе представлена статистика пожаров за 2016 год по данным Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны.

Проведен подробный анализ основных аварийных режимов в электрооборудовании: короткое замыкание, большое переходное сопротивление, токовая перегрузка.

Рассмотрена методика осуществления пожарно-технической экспертизы в сфере исследования причастности аварийного режима в электрооборудовании к возникновению пожара. Также изучены основные инструментальные методы для осуществления экспертизы.

Составлен список рекомендуемых организационно-технических мероприятий, направленных на снижение вероятности возникновения пожаров из-за аварийного режима в электрооборудовании.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Установление причастности аварийных режимов в электрооборудовании к возникновению пожара	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Власов Д. Ю.						
<i>Пров.</i>		Сыромолотов.Ю.Б.					3	77
<i>Н. контр.</i>		Полунин Г.А.				ЮУрГУ		
<i>Утв.</i>		Сидоров А.И.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 СТАТИСТИКА ПОЖАРОВ ВСЛЕДСТВИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ.....	10
2 АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ, ИСТОЧНИКИ ЗАЖИГАНИЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА.....	16
2.1 Короткое замыкание	16
2.2 Токовая перегрузка	25
2.3 Большое переходное сопротивление.....	29
2.4 Наведенные напряжения	31
2.5 Статическое электричество.....	33
3 РАБОТА ПОЖАРНОГО ДОЗНАВАТЕЛЯ НА МЕСТЕ ПОЖАРА ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ОЧАГА И НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ПРИЧИНЫ ПОЖАРА ..	36
3.1 Определение очага пожара.....	36
3.2 Проверка версии причастности электрооборудования к возникновению пожара по расположению очага пожара.....	38
3.3 Проверка версии причастности электрооборудования к возникновению пожара на основе осмотра устройств защиты электрической сети на объекте пожара.....	43
3.3.1 Автоматические выключатели (автоматы)	43
3.3.2 Плавкие предохранители	45
3.4 Изъятие вещественных доказательств с целью установления причины пожара	47
3.4.1 Электроприборы и оборудование	48
3.4.2 Провода со следами оплавлений.....	49
4 АНАЛИЗ И ОТРАБОТКА ВЕРСИЙ ПРИЧАСТНОСТИ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ГОРЕНИЯ.....	52
4.1 Признаки аварийных режимов	52
4.1.1 Прямые и косвенные признаки короткого замыкания.....	53
4.1.2 КЗ в электропроводке, уложенной в металлических трубах и рукавах	54
4.1.3 Признаки перегрузки по току. порядок отработки версии.....	55
4.1.4 Наличие БПС и их причастность к возникновению пожара.....	59

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист 7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.1.5 Выдвижение и отработка версии причастности перенапряжения к возникновению пожара.	60
4.2 Инструментальные методы исследования вещественных доказательств.....	61
4.2.1 Методы исследования КЗ.....	61
4.2.2 Методы исследования БПС.....	64
4.2.3 Методы исследования токовой перегрузки	66
5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПОЖАРА ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	73
ПРИЛОЖЕНИЯ	75
ПРИЛОЖЕНИЕ А Блок-схема «Аварийные режимы работы электрооборудования»	76
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Блок-схема «Установление причастности аварийного режима работы электрооборудования к возникновению пожара»	77

ВВЕДЕНИЕ

В век изобретений и технологического прогресса уже невозможно представить жизнь без различного электрооборудования. У каждого дома есть множество розеток, к которым подключена разнообразная техника: от зарядного устройства для мобильного телефона до компьютера.

На производстве и вообще весь процесс работы заводов, фабрик тесно связан с использованием электричества.

Но с ростом электрификации нашей жизни резко возрастает и опасность, которую электричество может нести: аварийные режимы работы электрооборудования нередко становятся причиной пожара.

Задача пожарно-технической экспертизы состоит в том, чтобы наиболее точно определить причину пожара и найти виноватого в произошедшем.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1 СТАТИСТИКА ПОЖАРОВ ВСЛЕДСТВИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ

Статистические данные, поступившие в отдел пожарной статистики ВНИИПО (Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны, г. Москва) МЧС России, показывают, что в 2016 году в РФ, в сравнении с аналогичным периодом прошлого года, обстановка характеризовалась следующим перечнем показателей:

- зарегистрировано 139703 пожаров (-5 %);
- погибло при пожарах 8760 человек (-7 %);
- травмировано на пожарах 9909 человек (-10 %);
- прямой материальный ущерб причинен в размере 14323829 тыс. рублей (-48 %).

В России ежедневно происходило 382 пожара, на которых гибло 24 человека, а ещё 27 получали травмы.

Огнем каждый день повреждалось либо уничтожалось 72 единицы автотракторной техники. Ежедневный материальный ущерб составил 39 млн руб.

На рисунке 1.1 наглядно представлена диаграмма статистики пожаров за 2016 год в России. И наравне с «неосторожным обращением с огнем» (30 %), одной из самых частых причин возникновения пожаров, находится «нарушение ПУиЭ электрооборудования и бытовых приборов» (29 %).

Электрические изделия являются наиболее пожароопасным видом продукции, так как в них присутствуют горючие электроизоляционные материалы (оболочки кабелей, электроизоляция и т. п.), а также вероятность появления источников зажигания в аварийных режимах работы оборудования (дуги, искры, нагретые электрическим током детали).

В большинстве случаев причинами пожарной опасности электрических изделий являются: несовершенство противопожарных требований, несоответствие применяемой электротехнической продукции, материалов и комплектующих комплексным требованиям пожарной безопасности, низкий уровень культуры и качества эксплуатации.

						20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			10

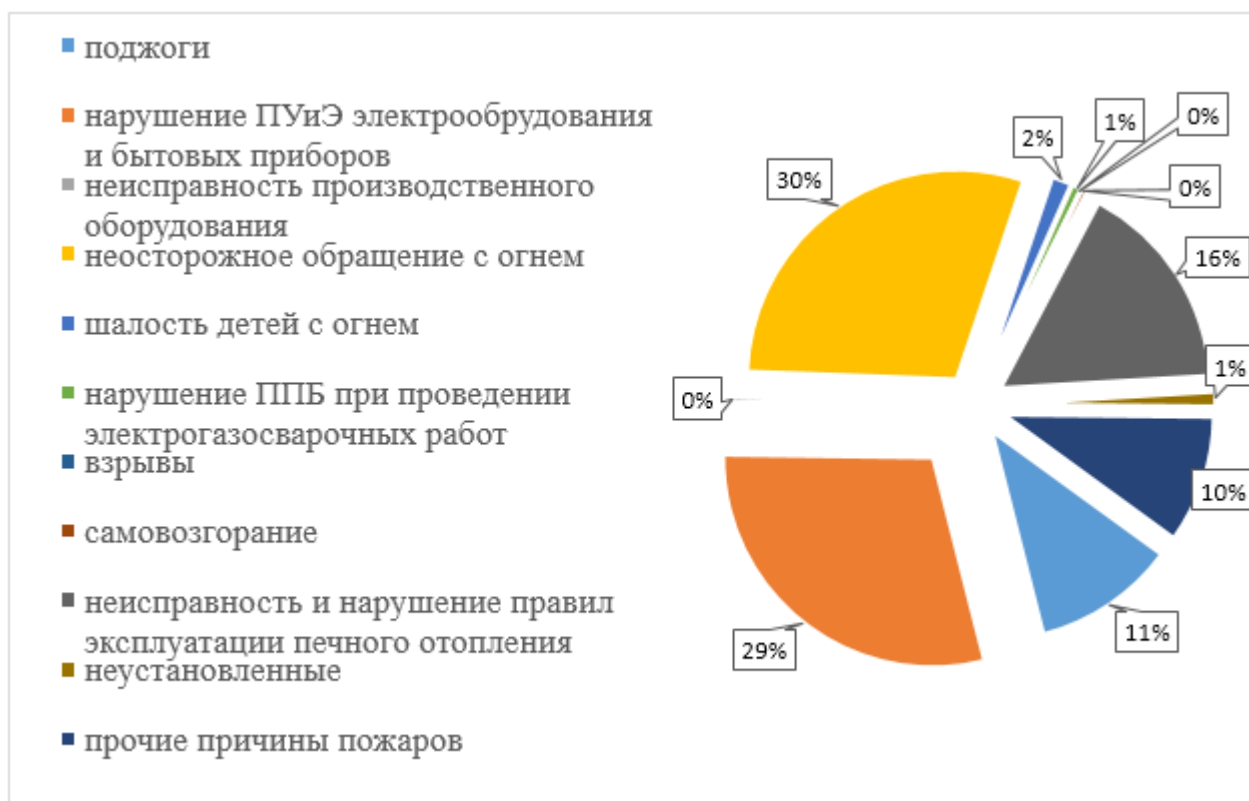


Рисунок 1.1 – Диаграмма статистики пожаров за 2016 год

В промышленных странах доля пожаров от электрических изделий ежегодно составляет от 15 до 25 % (в 2016 году этот показатель составил 29 % в нашей стране). В СССР в 1990 году треть всех пожаров была связана с электрооборудованием.

В целом, прослеживается тенденция к уменьшению доли «электропожаров» за последние 20 лет. Способствующие к этому обстоятельства сформулировать весьма сложно. Важную роль занимают меры по усилению требований к контролю качества и безопасности изделий со стороны соответствующих ответственных органов: надзорных органов, испытательных центров и органов сертификации в соответствии с законами о пожарной безопасности, техническими регламентами. Разработчики и изготовители изделий, в условиях рыночной конкуренции, для сохранения своего дохода на рынке, вынуждены предпринимать определённые усилия по улучшению качества продукции.

Каждый год около 70 % пожаров от электрических изделий относится к жилому сектору, что на порядок выше превышает количество пожаров в промышленном секторе.

Изделия кабельной промышленности (провода и кабели) занимают первое место среди электротехнической продукции по числу пожаров. Провод представляет собой многожильный или одножильный проводник, который имеет легкую трубчатую изоляцию, либо вовсе ее не имеет, кабель, в свою очередь, является системой изолированных проводников, которые для удобства монтажа и эксплуатации, а также для защиты от влияния окружающей среды и механических повреждений объединены в единую конструкцию. При этом число пожаров от проводов в 20–30 раз больше, чем от кабелей. Объяснить это можно тем, что требования по пожарной безопасности к проектированию, монтажу и эксплуатации кабельных линий гораздо жестче, чем к проводам. Также на производстве и в жилом секторе протяжённость кабельных линий гораздо меньше, чем протяженность проводов. А чем больше длина, тем больше вероятность повреждения и, следовательно, вероятность возникновения пожара.

Поступающие во ВНИИПО статистические данные, дают возможность оценить пожарную опасность каждого вида электротехнических изделий по трем параметрам: числу пожаров, материальному ущербу и числу погибших на пожаре людей. Исходные данные представлены на таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Исходные данные и результаты оценки коэффициента значимости пожарной опасности электрических изделий

Изделия	Ранг по числу пожаров $R_{п}$	Ранг по размеру ущерба $R_{у}$	Ранг по числу жертв $R_{т}$	Сумма рангов S_i	Коэффициент значимости пожарной опасности K_i	Ранг пожарной опасности изделий
Кабель, провод	01	01	01	03	1,00	1
Электрокамин	02	03	02	07	0,43	2
Вводной щит	03	05	06	14	0,21	4
Выключатель	04	04	05	13	0,23	3
Телевизор	05	06	04	15	0,20	5
Холодильник	06	02	07	15	0,20	5
Электроплитка	07	09	03	19	0,16	6
Электросветильник	08	07	08	23	0,13	7
Трансформатор	09	08	11	28	0,10	8
Стиральная машина	10	13	10	33	0,09	9

Продолжение таблицы 1.1

Изделия	Ранг по числу пожаров $R_{п}$	Ранг по размеру ущерба $R_{у}$	Ранг по числу жертв $R_{т}$	Сумма рангов S_i	Коэффициент значимости пожарной опасности K_i	Ранг пожарной опасности изделий
Автовыключатель	11	11	12	34	0,09	9
Электрозвонок	12	17	13	42	0,07	11
Электродвигатель	13	10	15	38	0,08	10
Магнитофон	14	15	10	39	0,07	11
ЭВМ	15	12	14	41	0,07	11
Электроутюг	16	16	9	41	0,07	11
Кондиционер	17	14	13	44	0,07	11
Видеомагнитофон	18	18	14	50	0,06	12

Коэффициент значимости пожарной опасности каждого вида изделий рассчитывается по сумме рангов, которые это изделие занимает в ранжированном, в порядке уменьшения показателя, ряду по количеству пожаров $R_{п}$, $R_{у}$, $R_{т}$. Коэффициент значимости пожарной опасности каждого вида изделий рассчитывается по формуле:

$$K_i = \frac{S_i}{R_{п} + R_{у} + R_{т}}, \quad (1.1)$$

где K_i – коэффициент значимости пожарной опасности каждого вида изделий;

S_1 – сумма рангов ($R_{п}$, $R_{у}$, $R_{т}$) наиболее опасного изделия;

S_i – сумма рангов i -ого изделия.

Применительно к электроустановкам среди причин пожаров в статистических отчетах ВНИИПО упоминаются: нарушение правил монтажа; недостатки конструкции и изготовления; нарушение правил технической эксплуатации и несоблюдение правил пожарной безопасности.

В ходе расследования по факту пожара специалисты (дознаватели госпожнадзора, следователи) начинают работу на месте пожара с проверки всех версий, включая версию технической причины возникновения пожара вследствие теплового проявления электрического тока из-за аварийного режима в

электрооборудовании. При этом, в случае выявления признаков возникновения пожара в результате аварийного режима работы в электрооборудовании, исследуются также обстоятельства (организационные причины), которые могли способствовать возникновению и развитию пожара. Однако, как правило, вероятность установления истинной организационной составляющей причины пожара не может быть высокой, так как даже опытный специалист по результатам исследования повреждённых огнём электрических изделий при развившемся пожаре не может точно установить, какие обстоятельства (организационные причины), привели к пожару: «несоблюдение правил пожарной безопасности при эксплуатации изделия» или «нарушение правил технической эксплуатации». Но, как правило, именно обстоятельства (организационные причины), которые привели к пожару, интересуют дознавателей ГПН, следователей, а также судей для установления лиц виновных в пожаре и степени их виновности.

На основании статистических данных, можно установить, что самыми опасными видами электроустановок являются электропроводки и кабельные линии. Наиболее частыми объектами возгорания по причине аварийного режима работы электропроводок и кабелей, являются жилые дома, склады, базы, предприятия торговли и общественного питания.

По данным статистики, изображенной на рисунке 1.2, от короткого замыкания в электрических сетях, машинах и аппаратах происходит в среднем 56 % пожаров, при токовых перегрузках – 32,8 %; от перегрева мест соединения токоведущих частей в результате образования больших переходных сопротивлений – 4,6 %; от других аварийных режимов – 6,6 % [9].

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14



Рисунок 1.2 – Диаграмма статистики возникновения аварийных режимов работы в электрооборудовании

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР

Лист

15

2 АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ, ИСТОЧНИКИ ЗАЖИГАНИЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

В наше время принято считать, что любая электрическая цепь, в которой в течение определенного времени выделяется и рассеивается в виде теплоты мощность более 12-15 Вт, способна представлять пожарную опасность.

Как правило, при решении вопроса о технической причине пожара в судебной пожарно-технической экспертизе анализируется причастность следующих аварийных режимов:

- 1) короткое замыкание (металлическое и неметаллическое);
- 2) перегрузки (по току и напряжению);
- 3) большое переходное сопротивление (БПС или так называемого «плохого контакта»)
- 4) другие аварийные режимы (наведённые напряжения, статическое электричество).

2.1 Короткое замыкание

Коротким замыканием (КЗ) принято называть не предусмотренное нормальными условиями работы замыкание токоведущих частей, имеющих различную полярность, подключенных к различным фазам или имеющих различные потенциалы. Различная полярность относится к электропитанию постоянным током, второй вариант – многофазным переменным током, третий – к замыканию на землю, заземленные предметы и нулевые провода.

КЗ разделяют на металлические (полные, глухие) и неметаллические (неполные).

При полном, глухом коротком замыкании значение переходного сопротивления в точке замыкания мало настолько, что им можно пренебречь. Такого рода КЗ могут происходить при обрыве и захлесте изолированных проводов (под напряжением); при набрасывании на находящиеся под напряжением провода посторонних предметов из металла. Также металлические короткие замыкания

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

происходят при проведении ремонтных работ или различного рода авариях на подключенном к сети электрооборудовании.

Никакая защита не спасет от рокового стечения обстоятельств. Так, например, Чешко И. Д. описывает случай, произошедший в электротехнической лаборатории, когда рабочий положил на силовой электроцит напильник, а из-за проезжающих за окном трамваев, напильник сполз к стенке и провалился в щель силового электроцита. Произошло короткое замыкание нескольких электрических шин, в следствие чего возник пожар. При осмотре места пожара, были обнаружены остатки напильника, припавленные к шинам электроцита [17].

В случае неметаллического КЗ в месте контакта имеется некоторое сопротивление из-за наличия окисной пленки, обугленной изоляции и т.д. Неполные (неметаллические КЗ) происходят чаще и приводят к пожарам даже при соответствующе выбранной защите, т.к. сопротивление в зоне контакта ограничивает рост тока, до величины, недостаточной для срабатывания защиты.

Неметаллические короткие замыкания происходят в результате нарушения изоляции токоведущих частей электроустановок, утраты изоляцией своих электроизолирующих свойств.

Известным является тот факт, что с течением времени, оболочки проводов и кабелей теряют свои изолирующие свойства в результате старения и растрескивания полимерного материала. Ускоряют этот процесс следующие внешние факторы:

1) влага (содержащие соли вода и грязь, попадая в трещины, образуют электролит, который создаёт токопроводящие мостики, приводящие к утечке тока);

2) агрессивные среды (имеются ввиду не только среды химических производственных предприятий, но и сельскохозяйственных ферм, где в воздухе повышена концентрация органических кислот, сероводорода и аммиака);

3) нагрев изоляции (так называемое тепловое старение, когда провод эксплуатировался в течение долгого времени при температуре, превышающей нормативную);

4) перегрузки по току и напряжению (перегрузка не всегда бывает столь велика, что сразу приводит к разрушению изоляции, но незначительные, частые и продолжительные перегрузки представляют серьезную опасность);

5) наличие грязи, пыли;

6) механические повреждения (возникающие в следствие небрежного монтажа повреждения также ухудшают диэлектрический свойства проводки);

7) прочие факторы повреждения изоляции (например, мыши и крысы).

После повреждения изоляции, между находящимися под напряжением проводниками протекает крайне малый ток, со временем образуется токопроводящий мостик, по которому проходит ток утечки. При значениях тока утечки около 150 мА, что при напряжении 220 В соответствует мощности 33 Вт, возникает реальная опасность возгорания изоляции. Глеющий разряд, микродуга (что является предпосылкой к возникновению полноценной электрической дуги) образуется между зернами обугленного материала в следствие лавинообразного характера роста тока утечки при 300–500 мА.

Не стоит забывать и про возможность электрического пробоя диэлектриков. Пробои происходят в результате того, что поверхности диэлектриков теряют свои изоляционные свойства, так как увлажняются, запыляются, покрываются солевыми отложениями. Утечки электричества, искрение, возрастание углеродистых электропроводных мостиков обуславливается образованием слабого электролита на поверхности диэлектрика. Подобные явления наблюдаются, когда весной включают перезимовавшую на даче технику, не дав ей просохнуть.

Одной из разновидностей КЗ в сетях с заземленной нейтралью является замыкание на металлоконструкции, имеющие связь с землей. Имея малое собственное сопротивление, данные металлоконструкции могут образовать контур, контактирующий с землей. Возникает однофазное КЗ, сопровождающееся возникновением больших по величине токов КЗ, после чего срабатывают плавкие предохранители и другие защитные аппараты. Первым потенциальным источником

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

зажигания в данном случае будет место самого замыкания, где имеет место кратковременное образование высокотемпературной электрической дуги (от 1500 °С до 5000 °С), которая является мощным источником зажигания способным воспламенить любой горючий материал, вещество. Также КЗ может сопровождаться обильным искрообразованием, что служит вторым источником зажигания.

На практике дознавателей были случаи, при которых на пути тока от места замыкания к земле встречались участки с неплотным контактом. Например, это происходит при замыкании одной из фаз на металлические кровли, металлокаркасы, водосточные трубы, металлические сетки. По сути, возникают большие переходные сопротивления, но не в штатных электросетях, а на путях утечки тока. Места с «плохим контактом» на пути прохождения тока на землю сильно нагреваются, а при возможности контакта со сгораемыми веществами или материалами увеличивается вероятность появления вторичных очаговых признаков. Металлоконструкции в месте «плохого контакта» могут иметь следы оплавления, так как нагрев в этом месте может достигать высоких температур.

Так, например, в технической литературе по исследованию пожаров приведен случай пожара по причине возгорания деревянной обрешётки кровли в месте её соприкосновения с металлическими листами. Как было установлено впоследствии, металлические листы кровли и водосточные трубы перед пожаром находились под напряжением. Там, где листы неплотно примыкали друг к другу, наблюдалось искрение, как при электросварочных работах. Явление не удалось прекратить, даже отключив местную электроэнергию. К загоревшемуся объекту, как оказалось, примыкало ещё несколько зданий, причем их металлические кровли соприкасались между собой. Возникло несколько очагов пожара из-за нагрева и искрения листов. Однако место замыкания находилось на расстоянии 200–250 метров от зон искрения. Причиной попадания напряжения на кровлю оказался недостаточно жестко закрепленный провод, болтающийся в воздухе, с протершейся изоляцией, который замкнулся на ухват водосточной трубы.

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

Ситуация принимает опасный оборот в условиях, когда утечка тока (или вынос напряжения) происходит в среде, где имеются горючие газы, пары или повышенное содержание кислорода. При данных обстоятельствах вероятность развития интенсивного пожара и даже взрыва увеличивается. Подобные пожары часто происходят с газовыми плитами и другими устройствами на газовом топливе, снабженными электрическим розжигом или иным электрооборудованием.

На рисунке 2.1.1 изображен металлический шланг от газовой плиты со следами воздействия электрической дуги.

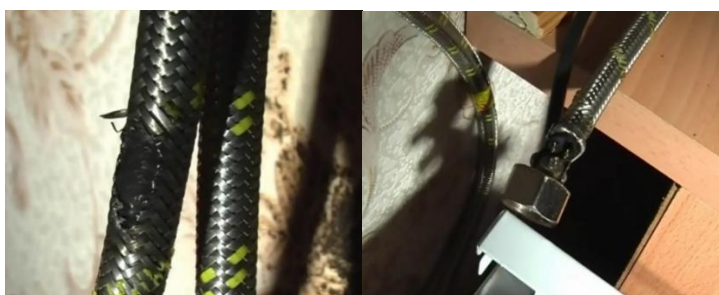


Рисунок 2.1.1 – Следы воздействия электрической дуги на металлический шланг

Известно, что проложенные в металлических трубах электропроводки обладают достаточно высокой пожарной опасностью. Из-за нарушения изоляции провода (или её сгорания) возникает дуга между жилой провода и заземленной стальной трубой. Образование дуги приводит к прожогу стенки трубы и выбросу наружу раскаленных частиц металла трубы и токопроводящей жилы. Частицы, обладающие большими размерами, высокой температурой, способны спровоцировать воспламенение самых разнообразных горючих веществ и материалов в радиусе разлёта частиц.

Из всех параметров, характеризующих КЗ, наиболее важными являются: сопротивление в зоне замыкания, длительность КЗ и кратность тока. Параметры взаимосвязаны: величина сопротивления определяет значение тока короткого замыкания, его длительность и, в конце концов, сам механизм зажигания изоляции проводников.

При коротком замыкании могут возникнуть сразу нескольких типов: электрическая дуга, брызги расплавленного дугой КЗ металла, разогретые в результате прохождения токов КЗ токопроводящие жилы и другие элементы электросети (термическое воздействие токов КЗ).

Процесс возникновения КЗ и проявления указанных выше факторов можно описать довольно кратко. В месте КЗ за счет выделяемой теплоты происходит мгновенный разогрев некоторой локальной близлежащей зоны проводников. Что в свою очередь ещё больше увеличивает оплавление проводников, вызывает разрушение изоляции. При определённой продолжительности существования тока короткого замыкания, изоляция загорается. Также процесс усугубляет вероятность стекания расплавленной горячей изоляции на склонные к тлению материалы. Тление, в свою очередь, может перейти в пламенное горение, образуя при пожаре вторичные очаги (очаги горения).

Металл проводника в зоне КЗ плавится и испаряется. В ходе расплавления сечение проводников в зоне контакта уменьшается, что приводит к дальнейшему лавинообразному разогреву в зоне КЗ. Дальнейшее оплавление приводит к разрыву в цепи, а за счет электромагнитного поля, происходит скачок напряжения на концах оплавленных проводников, пробой газовой среды, возникновение искрового разряда. При определённой силе тока бурное вскипание металла приводит к образованию и разбрызгиванию раскалённых частиц, а раскаленные алюминиевые частицы при этом загораются, взаимодействуя с кислородом воздуха, что увеличивает их зажигательную способность.

Электрическая дуга или дуговой разряд образуются при коротком замыкании в цепях, где протекают достаточно большие токи: электросетях 220, 380 и больше вольт, а также в бортовых сетях различных транспортных средств, где напряжение обычно около 12 В, которые оснащены мощными аккумуляторными батареями.

Температура дуги при КЗ может достигать нескольких тысяч градусов, обычно указывают диапазон от 1500 до 5000 °С. В таблице 2.1.1 показано что, такой температуры достаточно для самовоспламенения любой взрывоопасной среды, а также любых твердых горючих и трудногорючих материалов.

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

При кратковременном воздействии искры или дуги возможно загорание горючих газо-, паро-, пылевоздушных смесей и аэрогелей, а при возникновении продолжительной электрической дуги могут загореться твердые материалы, изоляция и др.

Таблица 2.1.1 – Температура самовоспламенения различных веществ материалов

Материал	Температура самовоспламенения, °С
Древесина	350
Бумага	233
Текстолит	464
Метан	640

Провода из алюминия или меди, латунные контакты, детали из стали могут расплавиться при коротком замыкании электрической дугой, а образовавшиеся при этом частицы расплавленного металла будут разлетаться в разные стороны. Кроме того, алюминиевые частицы на 1 грамм при сгорании выделяют 32,2 кДж теплоты, что в 11 раз превышает количество теплоты, выделяющейся у меди.

Электрический взрыв жидкой переемычки проводниковых материалов является причиной образования и разброса частиц металлов при коротком замыкании. При взрывообразном разрушении переемычки образуется ударная волна, разбрызгивающая жидкий металл, после чего возникает дуговой разряд с температурой в зоне канала дуги около 3000–6000 °С, что вызывает газодинамический удар, который сообщает ускорение частицам металла.

Образованные в зоне КЗ частицы из алюминия и меди, обладают значительной полидисперсностью (от нескольких мкм до 3 мм). Судя по экспериментальным данным, относительная масса частиц почти не зависит от сечения, материала проводников, напряжения, рода и силы тока. Масса разлетевшихся частиц составляет около 80 % от расплавленного при КЗ металла. Во всех случаях преобладают частицы размером 0,2–0,8 мм.

Температура частиц определялась методом фотопирометрии. По таблице видно, что большинство частиц (около 40–50 %) при КЗ имеют начальную температуру 2200–2300 °С.

Таблица 2.2.1 – Распределение по температурам алюминиевых частиц

Интервал температур, °С	2000–2100	2100–2200	2200–2300	2300–2400	2400–2500	2500–2600
Доля от общего числа, %	5,8	8,8	44,1	20,5	11,7	8,8

Также время горения частицы – один из важнейших параметров. Горящая частица алюминия является очень пожароопасной. Температура во время полёта может не только не снижаться, а даже на некоторый период времени увеличиваться. Расчет времени показал, что этот параметр зависит, по большей части, от диаметра частицы.

Скорость разлета частиц экспериментально установлена в районе 10–12 м/с.

В деятельности дознавателя иногда возникают такие ситуации, когда место пожара находится на некотором отдалении от места, где произошло короткое замыкание. В этом случае возникает вопрос, могли ли расплавленные и горящие частицы долететь до очаговой зоны? Г. И. Смелков также провёл эксперименты, в ходе которых была выявлена вероятность разлета частиц в зоны, находящиеся на различном удалении по горизонтали и вертикали от провода, на котором произошло короткое замыкание.

Так, согласно экспериментальным данным, вероятность разлета искр (горящих частиц металла) на дальность 4 м при возникновении КЗ на высоте 4 м от уровня земли составляет 50 %, а при дальности 5 метров и высоте 7 метров – 90 %. Точно по горизонтали частицы далеко не улетают, только в пределах 5 метров. Падение с высоты 2–3 метра по определённой траектории позволяет им улетать до

6–7 метров, с высоты 7–8 метров – соответственно до 7,5–8,0 метров. До 10 метров, судя по всему, не долетает ни одна из частиц.

Но кроме этой экспериментальной таблицы есть специальные математические программы для расчета разлета частиц при КЗ и для определения их текущей температуры [15].

При коротком замыкании в сети устанавливается определённый ток, величина которого зависит от следующих факторов: мощность источника тока, удалённость источника питания от места КЗ, величины полного сопротивления элементов цепи, видом КЗ (при однофазном замыкании ток будет меньше, чем при трёхфазном), временем между возникновением короткого замыкания и отключением тока аппаратами защиты.

При трёхфазном коротком замыкании ток может иметь значение, многократно превышающее номинальное от 2 кА (на зажимах электродвигателей) до 20 кА (на шинах главных силовых щитов). Что чревато загоранием изоляции проводов и других горючих материалов, находящихся в контакте с раскаленным проводником тока.

Стекание расплавленной горячей изоляции следует считать как один из самостоятельных факторов, хоть и возникает он достаточно редко. Тем не менее стекающая расплавленная горячая изоляция вполне может создать вторичный очаг (очаг горения). Расплавленные полимеры обладают высокой теплоёмкостью и адгезией, что облегчает им прогрев материалов, на которые они попадают.

Правда, в меньшей степени это относится к наиболее распространённой – поливинилхлоридной изоляции, в большей степени – к изоляции проводов и отдельным деталям из полиэтилена, капрона, полиэтилентерефталата и др.

Несмотря на то, что пожар из-за оплавленной горячей изоляции редкость, по результатам пожарно-технической экспертизы было установлено, что пожар, произошедший в ТРЦ «Зимняя вишня» 25 марта этого года произошел из-за короткого замыкания в электропроводке, проложенной на четвертом этаже центра, над детской игровой зоной.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		
						24

Замыкание, полагают эксперты, могло быть вызвано протечками в крыше. Снег с крыши не убирался, он начал подтаивать, а вода попала на провода, на которых далее произошло короткое замыкание.

Первым загорелся пластиковый плафон, расположенный над детским сухим бассейном с поролоновыми кубиками. Их, в свою очередь, воспламенила горящая изоляция, капавшая сверху. Возгорание вполне могло иметь локальный характер, но его быстро раздула вентиляция, которую в момент пожара никто не выключил. Сигнализация сработала на температуру и дым, но зона горения залита не была. После морозов промерзавший водопровод, проведенный к системе с улицы, был перекрыт.

Сигнализационные датчики также сработали впустую – оповещение о пожарной тревоге в здании включалось не автоматически, а вручную, а сидевший на кнопке охранник почему-то ее не активировал.

На линии, где произошло замыкание, были установлены автоматические выключатели, которые используются для защиты от подобных ЧП, однако они по какой-то причине не сработали.

2.2 Токовая перегрузка

Аварийный режим, при котором в проводниках электрических сетей, техники, машин возникают токи, продолжительно превышающие нормальные величины, называется токовой перегрузкой. Токовые перегрузки бывают нормальными (кратковременные при нормальных условиях эксплуатации, то есть, пожаробезопасные) и аварийными (при прохождении тока по проводнику, который не рассчитан на данную величину). При аварийной токовой перегрузке не исключена возможность возникновения пожара и взрыва.

Аварийные перегрузки по току являются следствием неправильного расчета сечения проводников при проектировании или подключения к сети дополнительных нагрузок.

(2.2.1)

											Лист
											25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР						

где – количество теплоты, выделяемое проводником, при протекании в тока, Дж;
– сила тока, А;
– сопротивление проводника, Ом;
t – время, в течение которого по проводнику течет ток, с.

Исходя из закона Джоуля-Ленца (формула 2.2.1), становится ясно, что увеличение тока в 2 раза приведёт к увеличению тепловыделения в 4 раза, а при трёхкратном увеличении – в 9 раз и т.д, что в свою очередь создаёт потенциальную массу проблем:

1) старение изоляции (чем выше нагрев, тем быстрее происходит старение изоляции);

2) карбонизация изоляции (при достижении некоторых температур на поверхности изоляции происходит образование слоя угля, по которому далее возникают токи утечки, микродуги);

3) загорание изоляции и распространение по ней горения (в зависимости от расположения).

Перегрузка по току часто возникает в электродвигателях и трансформаторах. В первом случае причинами могут быть: неправильный выбор двигателя для данного рабочего механизма либо вследствие невнимательного рабочего персонала, заедание вала двигателя из-за разрушения подшипника, отсутствия в нем смазки, перегрузки на валу двигателя и др.

В электротрансформаторах режим перегрузки может возникнуть при работе с повышенным током потребления в цепи или при коротком замыкании на вторичной обмотке. Происходит разогрев обмоток, термическое разложение, плавление или пробой изоляции.

В результате аварийных режимов на питающей низковольтной (или высоковольтной) электросети, во время выполнения ремонтных работ может возникать перенапряжение (перегрузка по напряжению) – разновидность перегрузки, при котором потребителям подаётся повышенное напряжение.

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

Данный аварийный режим зачастую возникает в ходе монтажных (ремонтных) работ из-за неправильных действий электрика: неправильное подсоединение, перемена нуля и фазы в электрощите.

Также иногда перенапряжение происходит в результате отсоединения нуля, что приводит к так называемому «перекоосу фаз». Достаточно перепутать два провода в электрощите, чтобы потребителям на включенные в сеть приборы было подано, вместо положенных 220 В, 380 В.

Во время грозы перенапряжения возникают за счет наводок на провода воздушных ЛЭП. Величина перенапряжения может достигать 10–100 кВ, несмотря на ограничения величины потенциала напряжения, такая величина может проникнуть с воздушных линий на внутренние проводки и достигнуть там 200 кВ, что вполне хватит для пробоя изоляции и возникновения КЗ.

Если электросеть во время пожара не будет вовремя обесточена, то возможно появление перенапряжения за счет теплового воздействия на элементы электросети, что может стать причиной появления вторичных очагов горения.

К перенапряжению могут привести такие распространенные ситуации, как:

- 1) обрыв провода высоковольтной линии и замыкание его на землю;
- 2) повреждение изоляции;
- 3) замыкание провода воздушной линии на опору ЛЭП (вследствие электрического старения или загрязнения изолятора).

Нельзя упускать из внимания то, что одной из частых причин возникновения КЗ являются перенапряжения грозового характера на проводах высоковольтных воздушных линий. В данной ситуации перенапряжения на ВЛЭП могут достигать 10–100 кВ, а на внутренних проводках сетей, например, обычных жилых домов, (где обычно сети с 380 и 220 В) при этом значения перенапряжения достигают 2–3 кВ, что является потенциалом, достаточным для пробоя изоляции и КЗ.

Особую опасность представляют замыкания на землю (например, при обрыве проводов) или через систему отопления, водосточные трубы (через заземленные электропроводные предметы). Вероятность возникновения пожара увеличивает тот

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

факт, что, как и при металлическом КЗ, ток в такой цепи ограничен и не происходит срабатывания электрозащиты.

В трехфазных системах с заземленной нейтралью различают следующие виды КЗ: трех, двух, и однофазное, двухфазное на землю (замыкание двух фаз между собой с одновременным замыканием той же точки на землю).

В системах с изолированной нейтралью возможны только трех- и двухфазное КЗ. Замыкание в этой системе одной фазы на землю не является коротким замыканием. Если при трехфазном замыкании все фазы сети оказываются в равных условиях, то такое замыкание называют симметричным, в других случаях – несимметричным. Вероятность возникновения различных видов КЗ оценивают с процентным соотношением, представленным на диаграмме.

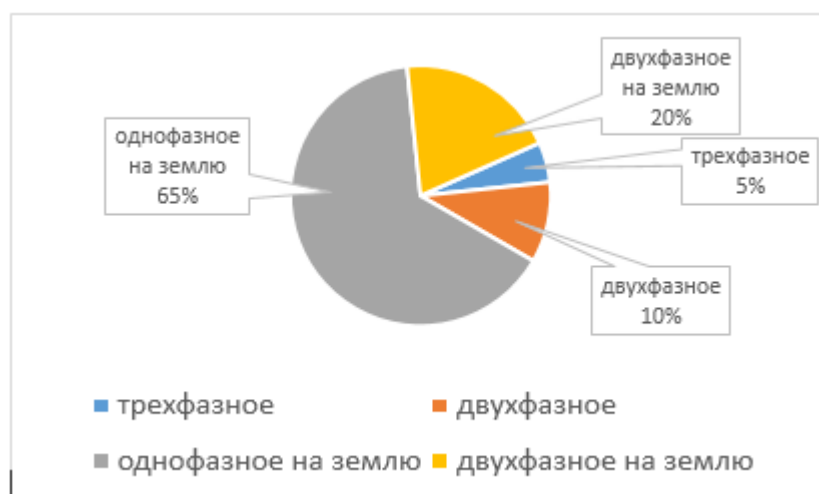


Рисунок 2.2.1 – Диаграмма вероятности возникновения КЗ в трехфазных системах с заземленной нейтралью

Нельзя не отметить, что изоляция может зажечься вне непосредственной зоны короткого замыкания. Сильнее всего нагрев при прохождении сверхтока короткого замыкания происходит в «слабых» местах электрической цепи, где есть излом или истонченные жилы, плохой контакт и т.д.

При протекании тока происходит нагрев, поэтому одним из ключевых параметров тока КЗ является количество теплоты, которое выделяется при прохождении тока по проводнику и температура, на которую проводник может

нагреться при прохождении тока. Предельно допустимые значения температур нагрева изоляции электрических проводов колеблются в пределах 100–400 °С.

Используя расчеты из методических указаний, дознаватель, хоть и примерно, но может сравнить результаты с предельно допустимыми температурами нагрева проводников. После чего сделать вывод о возможности короткого замыкания [5].

2.3 Большое переходное сопротивление

Одним из наиболее распространённых аварийных режимов работы в электросетях является «плохой контакт» или большое переходное сопротивление (БПС). Этот режим возникает из-за недостаточной площади контакта между двумя проводниками, в результате чего в контактных переходах происходит выделение тепла. Зачастую это приводит к возникновению пожаров в электрооборудовании как в быту, так и на производстве. Из-за дефектов жил проводов, кабелей, ослаблению контактных соединений, изломах проводов возникают устойчивые тепловые поля, приводящие к деформации и разрушению изоляции, защитных оболочек, а также загораниям и остальным негативным последствиям.

В этом режиме переходное сопротивление и падение на нем напряжения во много раз превышают нормативные значения, а рассеиваемая электрическая мощность составляет сотни ватт.

Возникшие в результате развития БПС в КЗ электрическая дуга и раскаленные частицы (искры), могут быть источниками зажигания при данном аварийном режиме.

Искрообразование в электрооборудовании возможно в ряде случаев:

1) размыкание электрической цепи различными отключающими устройствами, имеющими контакты;

2) разрыв цепи вследствие механических повреждений;

3) неплотное прилегание контактов;

4) искрение в электрических машинах;

5) соприкосновение проводов с нарушенной изоляцией, проложенных близко друг от друга.

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

Искрение может возникать и усиливаться из-за неисправности, некачественной работы или аварийного режима. Примером служит ситуация, описанная в специальной технической литературе. В цеху по производству мягкой мебели произошёл пожар. В момент пуска электродвигателя из-под кожуха магнитного пускателя посыпались искры, от которых вспыхнула вата на полу. Чтобы проверить возможность искрения в магнитном пускателе, с него был снят кожух, а затем произведен пуск двигателя. Через 1–1,5 секунды после запуска под клеммой магнитного пускателя началось сильное искрение. Разлет искр достигал 1,5–2 метров. Причиной искрения послужил плохой контакт в месте присоединения одного из проводов к магнитному пускателю [16].

Способность искровых разрядов к воспламенению зависит от большого числа факторов: величины напряжения, силы и частоты тока, длительности разряда, размера частицы, материала (на который воздействует частица) и т.д. Нельзя отрицать, что процесс воспламенения носит вероятностный характер. Электрические разряды, которые имеют постоянные значения параметров, находясь в схожих условиях, могут поджечь, а могут и не поджечь смесь. Замечено, что большой яркий разряд не способен вызвать воспламенения, в то время как небольшая, чуть заметная концентрированная искра способна привести к взрыву при первом же искрении.

Воспламенение происходит зачастую при слабом искрении, когда появляются одиночные искры с максимальной энергией. На практике оказывается трудно определить граничный ток, при котором можно полностью исключить вероятность воспламенения, так как существует очень плавный переход от опасного к безопасному значению тока. К тому же не удаётся найти границу между зоной устойчивого воспламенения и невоспламенения.

Версию об искрении как причине пожара, следует рассматривать со всей серьёзностью. При работе дознавателю следует узнать всю информацию о наличии в зоне пожара взрывоопасной среды, о наличии на месте пожара признаков характерных для взрывного воздействия и о нахождении в зоне пожара любого вида оборудования, даже взрывобезопасного.

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2.4 Наведенные напряжения

В век технологий уже почти нигде не скрыться от электромагнитных полей (ЭМП), источником которых являются электрические машины, кабели, аппараты переменного и постоянного тока.

Опасным является влияние мощных электромагнитных полей (МЭМП), которое создают высоковольтные ЛЭП, СВЧ-системы, а также разряды молний. МЭМП вызывают перенапряжения в электрических цепях, приводят к повреждениям полупроводниковых элементов и КЗ. Вследствие постоянного влияния МЭМП на коммутирующую аппаратуру, устройства защиты и контроля, уменьшается надёжность, живучесть и безопасность электроэнергетических систем.

Воздействие ЭМП на металлические предметы приводит к возникновению так называемых «наведённых напряжений» (НН). Возникает это опасное явление, когда под действием внешнего поля на поверхности проводящего предмета достигается такое распределение зарядов, при котором суммарное поле внутри проводника равно нулю. Равновесное распределение зарядов на металлических телах практически безинерционно воспроизводит изменения внешнего поля, так как время релаксации электрических зарядов в металле составляет от 10^{-18} до 10^{-16} секунды. При исчезновении внешнего поля индуцированные заряды взаимно компенсируются.

Последствиями НН могут быть: электрические разряды, вызывающие взрывы и пожары, а также ожоги и травмы персонала.

Источником НН на кабельные линии могут быть близкорасположенные ЛЭП, приемники и преобразователи электрической энергии низкого и высокого напряжения, разряды молний. Последствиями могут быть нагрев оболочек, пробой изоляции, ложные срабатывания устройств защиты.

Величины НН зависят от множества факторов: режимов работы влияющих воздушных линий, конструктивных особенностей (влияющих и подверженных влиянию), расположения объектов, режима заземления и др.

Не стоит забывать о наводках высокочастотного напряжения, которые могут возникать под действием ЭМП вблизи мощных радиостанций. Высокочастотные

напряжения наводятся на металлические предметы, то есть они ведут себя как приемные антенны.

На открытой местности могут быть потенциально опасными башенные краны на строительных площадках и другие габаритные металлические конструкции.

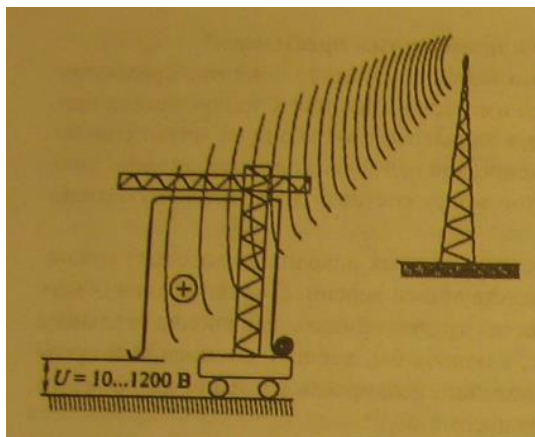


Рисунок 2.4.1 – Наведённый заряд на гаке крана

На рисунке 2.4.1 рассмотрен пример, где строительный кран находится вблизи передающей антенны мощной радиостанции. Гак крана, трос и рельс на земле образуют виток, находящийся в высокочастотном электромагнитном поле. Согласно результатам исследования, описанным в специальной технической литературе, потенциал гака менялся относительно земли в диапазоне 10–1200 В, в зависимости от частоты трансляции ЭМП и угла между плоскостью витка и направлением на антенну [10].

В проявлении наведённых напряжений существует ряд особенностей:

1) даже если человек находится на изолированной поверхности, коснувшись в одной точке предмет под напряжением, может возникнуть высокочастотный ток, в отличие от условий возникновения тока промышленной частоты и постоянного тока при одновременном контакте с двумя и более проводящими предметами и, как следствие, возникновение электрического разряда с энергией зажигания достаточной для воспламенения горючей паро- и газовой смеси;

2) рука человека может быть обожжена, а искра при касании явиться источником зажигания горючей паро-, газовой смеси (если такая имеется);

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

3) электрический разряд с энергией зажигания достаточной для воспламенения горючей паро- и газовой среды может произойти при прикосновении человека даже к заземленным предметам, например, к вкопанной в землю металлической стойке, имеющей НН. В этом случае, нижний конец стойки имеет потенциал земли, а в верхней части стойки, расположенной на высоте 1,5–2 м, уже значительно больший потенциал.

Исходя из рассмотренных особенностей, важно понимать, что электрический разряд, достаточный для воспламенения горючей пыле-, паро- и газовой среды может произойти даже в той ситуации, когда человек, находясь на изолированной поверхности, касается в одной точке металлического предмета, заземленного или не заземленного.

Внутри зданий на трубах, батареях, металлических оконных и дверных рамах, проводах телефонной сети, радиофикации и электроснабжения возможно появление наведенного заряда от ЭМП.

2.5 Статическое электричество

Во время любого движения происходит перераспределение статических зарядов, изменяющих баланс внутреннего равновесия между атомами и электронами каждого вещества. Он связан с процессом электризации, образованием статического электричества.

У твердых тел распределение зарядов происходит за счет перемещения электронов, а у жидких и газообразных – как электронов, так и заряженных ионов. Все они в комплексе создают разность потенциалов.

Статическое электричество возникает в результате сложных процессов, связанных с перераспределением электронов и ионов при соприкосновении двух поверхностей неоднородных жидких или твердых веществ, имеющих различные атомные и молекулярные силы поверхностного притяжения.

Мерой электризации является заряд, которым обладает данное вещество. Интенсивность образования зарядов возрастает с увеличением скорости перемещения материалов, их удельного сопротивления, площади контакта и усилия

взаимодействия. Степень электризации заряженного тела характеризует его потенциал относительно земли.

В производстве накопление зарядов статического электричества часто наблюдается при: трении приводных ремней о шкивы или транспортерных лент о валы, особенно с пробуксовкой; перекачке огнеопасных жидкостей по трубопроводам и наливке нефтепродуктов в емкости; движении пыли по воздуховодам; дроблении, перемешивании и просеивании сухих материалов и веществ; сжатии двух разнородных материалов, один из которых диэлектрик; механической обработке пластмасс; транспортировании сжатых и сжиженных газов по трубам и истечении их через отверстия, особенно если в газах содержится тонко распыленная жидкость, суспензия или пыль; движении автотранспортера, тележек на резиновых шинах и людей по сухому изолирующему покрытию и т. д.

Сила тока электризации потока нефтепродуктов в трубопроводах зависит от диэлектрических свойств и кинематической вязкости жидкости, скорости потока, диаметра трубопровода и его длины, материала трубопровода, шероховатости и состояния его внутренних стенок, температуры жидкости. При турбулентном потоке в длинных трубопроводах сила тока пропорциональна скорости движения жидкости и диаметру трубопровода. Степень электризации движущихся диэлектрических лент (например, транспортерных) зависит от физико-химических свойств соприкасающихся материалов, плотности их контакта, скорости движения, относительной влажности и т. д.

Опасность заряда статического электричества для твердых предметов не является существенной. Однако, если заряд возникнет рядом с ёмкостью легкогорючей жидкостью либо в пространстве с горючей газопаровоздушной смесью, то велика вероятность воспламенения или взрыва.

Искровые разряды статического электричества представляют собой большую пожаро- и взрывоопасность. Их энергия может достигать 1,4 Дж, что вполне достаточно для воспламенения паро-, пыле- и газоздушных смесей большинства горючих веществ. Например, минимальная энергия воспламенения паров ацетона составляет $0,25 \cdot 10^{-3}$ Дж, метана $0,28 \cdot 10^{-3}$, оксида углерода $8 \cdot 10^{-3}$, древесной муки

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

0,02, угля 0,04 Дж. Поэтому в соответствии с ГОСТ 12.1.018 электростатическая безопасность объекта считается достигнутой только в том случае, если максимальная энергия разрядов, которые могут возникнуть внутри объекта или с его поверхности, не превышает 40 % минимальной энергии зажигания веществ и материалов.

По результатам сбора и анализа информации об аварийных режимах работы выполнена блок-схема «Аварийные режимы работы в электрооборудовании», представленная в приложении А.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

3 РАБОТА ПОЖАРНОГО ДОЗНАВАТЕЛЯ НА МЕСТЕ ПОЖАРА ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ОЧАГА И НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ПРИЧИНЫ ПОЖАРА

3.1 Определение очага пожара

Одним из важнейших направлений пожарно-технической экспертизы (ПТЭ) является определение очага пожара, так как без этих знаний невозможно установить обстоятельства возникновения пожара. Более того, результат определения очага пожара можно использовать как юридический факт, так как при уточнении, на чьей территории началось возгорание, нередко можно решать вопрос и о лицах, которые будут нести ответственность за пожар.

Очаг пожара – это место или зона, где возникло горение, повлекшее за собой пожар. Именно из очага пламя распространяется в различных направлениях.

В результате горения образуются очаговые признаки и признаки направленности распространения горения, по которым проводится начальное исследование места пожара. Исходя из результатов исследования устанавливаются место нахождения очага пожара и особенности его динамики.

Локальность – основное свойство очаговых признаков, так как локальность обусловлена более глубокими термическими поражениями (из-за того, что в очаге горение дольше, чем на других участках). Например, благодаря более медленному развитию горения, очаговые признаки от малоразмерных источников зажигания (горящие частицы металла, тлеющая сигарета), локализованы и поэтому резко выражены. Однако при воспламенении растёкшейся горючей жидкости, очаговые признаки могут не отличаться локальностью. Для установления очага пожара и динамики развития горения пожарному дознавателю и эксперту следует руководствоваться, в первую очередь, результатами сравнительного исследования степени термических повреждений строительных конструкций, оборудования, коммуникаций. Эти данные, как правило, фиксируются в протоколе осмотра места происшествия, связанного с пожаром, в фототаблицах и схемах к протоколу осмотра.

Также пожарному дознавателю и эксперту стоит провести анализ

										Лист
										36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

документации объекта и показаний очевидцев.

Четко указанные прямые и косвенные признаки, выявленные при анализе обстановки на объекте до начала пожара, являются основаниями для подтверждения вывода о местоположении очага пожара. При этом необходимо учитывать особенности тушения пожара, динамику его развития, время и место его обнаружения, размещение и вид пожарной нагрузки на объекте пожара.

Для удобства и наглядности дознаватель может прибегнуть к плану-схеме обследуемого помещения, отражая выявленные и зафиксированные следы термического воздействия, развертки ограждений помещения, изотермы отжига материалов строительных конструкций, оборудования и отделки.

При значительных разрушениях пожарный дознаватель и эксперт могут пойти от обратного, выяснить, где очаг пожара находится не мог, то есть, из каких мест распространение пожара точно не могло произойти.

Только после установления очага пожара возможно ответить на вопрос о непосредственной (технической) причине пожара путем исследования потенциальных источников зажигания, расположенных как непосредственно в очаге пожара, так и на удалении, не исключая их дистанционное воздействие.

Параллельно этому дознаватель анализирует, проводились ли какие-либо работы на объекте до начала пожара, а именно, не было ли ремонтов технологического или электрооборудования, кто из персонала не мог находиться в данный момент на определенном месте и т.д.

Из протокола осмотра сети и электрооборудования сгоревшего объекта (где зафиксировано состояние изделий и признаки аварийных режимов их работы) можно получить косвенное подтверждение причины пожара. Обнаруженные на элементах электроустановки признаки аварийных режимов должны быть отображены на монтажной схеме электрической сети объекта. Если на объекте пожара, в его электрической сети, обнаружено несколько участков оплавлений токопроводящих жил проводов из-за воздействия электрической дуги характерной для КЗ, то скорее всего замыкание в наиболее удалённой точке от источника тока окажется причастным к возникновению пожара. Это предположение на практике имеет четкое обоснование: если бы пожар начался на участках, расположенных ближе к источнику тока, то из-за

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

повреждений от пожара, напряжение на удаленных участках сети уже было бы отключено, прежде чем пожар достиг бы этих зон. Не стоит исключать формирование в сети не одного, а сразу нескольких участков с признаками оплавления токоведущих жил электрической дугой. Такое происходит, когда, при аварийном режиме на удалённом участке, устройство электрозащиты не успевает прекратить ток, и при протекании по проводам тока короткого замыкания на расположенных ближе к источнику участках, возникают дополнительные источники зажигания (из-за разрушения изоляции), вследствие чего образуется несколько участков с очаговыми признаками.

3.2 Проверка версии причастности электрооборудования к возникновению пожара по расположению очага пожара

Понятие причастности по своему смысловому значению тождественно непосредственному отношению одного объекта к другому. Поэтому применительно к пожарам причастность того или иного процесса, явления, устройства и т.д. к пожару означает их отношение к непосредственной (технической) причине возникновения пожара (т.е. обусловлено ли ими возникновение пожара или нет). Согласно общепризнанным положениям, сформулированным Б.В. Мегорским, причастность в таком понимании того или иного процесса, явления, устройства и т.д. к непосредственной (технической) причине возникновения пожара должна устанавливаться по следующим основаниям:

- 1) по положению очага и особенностям развития пожара;
- 2) по особенностям обстановки на момент возникновения и обнаружения пожара;
- 3) по виду, тепловой мощности источника зажигания;
- 4) по внешним признакам проявления причины пожара;
- 5) по времени возникновения пожара.

То есть в каждом случае, независимо от вида и специфики конкретного процесса, явления, устройства, перед тем, как делать вывод о его причастности к возникновению пожара, необходимо собрать и проанализировать информацию по перечисленным основаниям [12].

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Вследствие высокой электрифицированности, аварийные явления электрической природы встречаются почти на любом пожаре. Любое находящееся под напряжением электротехническое устройство является потенциально пожароопасным. Эксперт должен уметь устанавливать факт аварийного режима работы устройства и причастность этого режима к возникновению пожара.

Типичными основаниями для выдвижения версии о причастности объектов к пожару являются:

- 1) наличие на объекте пожара электросети, находившейся под напряжением;
- 2) обнаружение при осмотре места пожара электротехнических объектов (жил кабельных изделий, металлических оболочек, устройств электрозащиты) с повреждениями, характерными для аварийных явлений электрической природы;
- 3) сведения о колебаниях напряжения в электросети перед обнаружением пожара, во время его проявления, об аварийных ситуациях на электроподстанциях и в линиях электропередач, о выявленных нарушениях правил устройства и (или) эксплуатации электроустановок.

При возникновении различных аварийных режимов могут быть выделены как типичные общие признаки (например, характерный запах подгорающей изоляции, повышенный нагрев проводов и соединений, нестабильная работа ламп и других электроприемников), так и специфические:

а) при КЗ – снижение накала и нестабильное свечение электроламп; снижение скорости вращения электродвигателей; повышенный шум и некорректная работа («подтормаживание») трехфазных асинхронных двигателей; самопроизвольное отключение магнитных пускателей;

б) при БПС (винтовые соединения, скрутки, касания проводников) – обнаружение при осмотре места пожара остатков соединений с оплавлениями, остатков соединений проводников, поверхность которых имеет цвета побежалости; неплотных электрических соединений, скруток и других неправильно выполненных соединений элементов электроустановки с признаками их повышенного нагрева перед пожаром;

в) токовая перегрузка – нагрев и вздутие изоляционной оболочки проводов,

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

кабелей и других элементов электроустановки перед пожаром; специфический запах разлагающейся электроизоляции, электроизоляционных лаков и масел перед пожаром; снижение скорости вращения электродвигателей;

г) повышенный нагрев элементов электроустановки (электронагревательных приборов, ламп накаливания и люминесцентных светильников, других электроприборов) – сопровождается образованием глубоких локальных прогаров в месте обнаруженного электроприбора, на котором обнаруживаются локализованные следы интенсивного термического воздействия (цвета побежалости, пластические деформации); на шнуре электроприбора имеются следы нахождения его во включенном состоянии при пожаре.

Говоря о причастности определенного устройства и аварийного режима (во время его работы) к пожару, необходимо найти это устройство и подвергнуть исследованию и экспертизе. Для исследования электропроводок, нагревательных приборов, светотехнических изделий методики пожарно-технической экспертизы базируются на решении двух задач:

1) установление характера среды в зоне аварийного режима электроустановки и температуры (степени нагрева) деталей электротехнических изделий;

2) установление параметров других пожароопасных факторов в момент возникновения аварийного режима.

С помощью рентгеноструктурного и элементного анализа, металлографии можно получить информацию, свидетельствующую об условиях, в которых побывал объект исследования на пожаре (например, в критические моменты образования электрической дуги). Далее, исходя из полученных данных, учитывая информацию об обстоятельствах на пожаре, можно формулировать вывод о наличии признаков определённого аварийного режима работы исследуемого прибора, устройства и причастности этого режима к возникновению пожара или о его вторичности по отношению к пожару.

Выявление причастности аварийного режима работы электрооборудования к возникновению пожара состоит из нескольких этапов.

На первом этапе производится ознакомление с представленными

										Лист
										40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

материалами. Пожарный дознаватель и пожарно-технический эксперт изучает протоколы осмотра места происшествия, вещественные доказательства, схемы и чертежи помещений и оборудования, техпаспорта, заключения экспертов, выполненных ранее по данному делу. Протоколы допросов свидетелей служат дополнительными источниками информации, так как в них содержится информация о сроках и режимах эксплуатации оборудования, особенностях монтажа и состоянии электропроводки, наблюдавшихся неисправностях электрооборудования и признаках его предаварийной работы, времени и способе отключения электросети при пожаре.

Далее проводится исследование представленных вещественных доказательств, в том числе проводов и кабелей, плавких предохранителей, выключателей, защитных устройств, радиоэлектронных изделий, электронагревательных приборов. В ходе исследования определяется марка, назначение элемента электроустановки, принадлежность к определенному участку электросети.

На следующем этапе определяют общее техническое состояние предоставленных вещественных доказательств, признаки аварийных процессов (локальные оплавления, сквозные прожоги, наложения инородных металлических частиц и др.). Как правило, используют микроскоп типа МБС-9.

По результатам исследований на план места пожара наносится уточненная схема электросети с отображенным местоположением установленного очага пожара, а также участков повреждений, характерных для аварийных процессов.

Для определения порядка возникновения и развития аварийного режима, выявления характера взаимосвязей между элементами электроустановки, а также для определения возможности возникновения и существования пожароопасного явления, используются различные методы моделирования (математическое, графическое, натуральное). Основываясь на технических характеристиках электропотребителей расчетным путём определяют токовые нагрузки на кабельные изделия на отдельных участках электросети для штатного режима работы. Вывод о наличии или отсутствии режима токовой нагрузки позволяют сделать результаты расчетов, по которым устанавливается кратность токовой нагрузки.

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Далее готовят экспериментальные образцы для проведения испытаний при токовых перегрузках и внешних тепловых воздействиях. На основе полученных при расчетном анализе данных о токовых нагрузках участков электросети решают вопрос о соответствии ее элементов требованиям правил устройства электроустановок.

Для решения вопроса о возможности возгорания вещества или материала, находящегося в очаге пожара, проводится исследования с помощью расчетных оценок или при помощи натуральных, модельных объектов. Во время эксперимента воспроизводятся источники зажигания, о которых уже говорилось выше: пламя горячей изоляции, раскаленные частицы, нагретые токоведущие элементы, электрическая дуга.

Не следует забывать о версии с искровым разрядом, как источником зажигания. Согласно ГОСТу 12.1.004–91, если энергия искр превышает 40 % от значения минимальной энергии зажигания горючей среды, то искра считается пожаровзрывоопасной. При отсутствии справочных данных эта величина может быть определена экспериментально в соответствии с ГОСТом 12.1.044–89.

При проработке версии об искрении пожарный дознаватель и пожарно-технический эксперт должны обладать сведениями (назначение объекта, особенности эксплуатации) о том, что необходимые условия для создания пожароопасных сред (концентрация горючих веществ) имелись на объекте. Кроме того, сведения от очевидцев могут быть использованы для определения инициации вспышек и направления распространения фронта горения. Например, при нормальных условиях (в коллекторах электрических машин постоянного тока, контактах размыкателей и выключателей) искры возникают при размыкании цепей, а в аварийных ситуациях образуются искры в месте касания заземленного элемента токоведущей жилой.

Материальные объекты со следами искрения (частицы металла на контактах), сведения о применении в помещении не оборудованной взрывозащитной аппаратурой, наблюдения очевидцев могут быть обоснованием для вывода о причастности искрения к взрыву и пожару.

На последнем этапе исследования пожарный дознаватель и пожарно-технический эксперт осуществляют синтез всех данных, после чего делается вывод о

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

наличии или отсутствии причинно-следственной связи аварийного режима в электрооборудовании с возникновением взрыва и пожара [9].

3.3 Проверка версии причастности электрооборудования к возникновению пожара на основе осмотра устройств защиты электрической сети на объекте пожара.

На практике пожарного дознавателя и пожарно-технического эксперта часто приходится сталкиваться с мнением, что наличие аппаратов защиты (автоматов, плавких предохранителей, а теперь и устройств защиты человека от поражения электрическим током) само по себе исключает возможность возникновения пожара от аварийного электрического режима. Такое неверное мнение иногда поступает и от лиц, близких к электротехнической сфере. Но даже пожарно-технические эксперты, выдвигая и анализируя версии, иногда ошибочно исключают пожаровзрывоопасные аварийные режимы как возможную причину последующего пожара, ссылаясь на наличие на объекте пожара устройств защиты электрической цепи.

Квалифицированный анализ версии о причастности того или иного электрического аварийного режима к возникновению пожара почти невозможно провести без данных об аппаратах защиты электрических сетей, их технических характеристиках, состоянии до и после пожара.

3.3.1 Автоматические выключатели (автоматы)

Чаще всего в практике пожарного дознавателя и пожарно-технического эксперта встречаются автоматические выключатели А-3160, а также серии АП, АЕ. В автоматах используются 3 типа расцепителей: тепловой (обозначается при маркировке Т), магнитный (М), комбинированный (ТМ).

При визуальном осмотре автомата необходимо обращать внимание на:

1) Тип автомата и номинальные характеристики (определяются по геометрическим размерам и маркировке на корпусе, при условии её сохранности).

2) Положение контактов (при осмотре или при измерении электросопротивления между контактами)

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

3) Положение рычага управления и механизма расцепителя (рисунок 3.3.1.1).

Полученные сведения, а также количество проводов, подсоединенных к каждой из контактных групп, необходимо отразить в протоколе осмотра места происшествия, связанного с пожаром.

Также не стоит забывать об осторожности в ходе визуального осмотра автомата, то есть, не стоит пытаться переключать рычаги и кнопки, так как это может разрушить механизмы расцепителя и контактные группы.

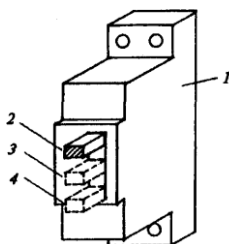


Рисунок 3.3.1.1 – Автоматический выключатель (автомат электрозащиты):
1 – корпус; 2 – положение «включено»; 3 – положение «автоматическое срабатывание»; 4 – положение «выключено»

За исключением кнопочного АП-50, все клавишные (рычажные) автоматы, кроме положения «включено» (1) и «выключено» (0), имеют промежуточное положение механизма расцепителя «автоматическое отключение», при котором рычаг находится между 1 и 0, ближе к 1. Такое положение свидетельствует о факте автоматического срабатывания выключателя. Вручную рычаг автомата в это положение не перевести;

4) При утверждении версии о том, что автомат не выключен вручную, а произошло автоматическое срабатывание, то необходимо установить, отчего это произошло. Автомат срабатывает либо в результате роста тока (вследствие аварийного режима в защищаемой сети, как на первой стадии пожара, так и в ходе развития горения), либо из-за внешнего нагрева в ходе пожара корпуса автомата с тепловым расцепителем. Тепловой расцепитель срабатывает при нагреве автомата до температуры 160–200 °С. При срабатывании автомата из-за внешнего нагрева в ходе пожара на корпусе автомата видны характерные признаки нагрева: мелкозернистые вздутия пластмассы. Если признаков внешнего нагрева нет, а рычаг автомата в

положении автоматического отключения, значит, в сети было короткое замыкание или перегрузка.

Положение «включено» не несёт полезной информации для пожарного дознавателя и пожарно-технического эксперта, так как неоднократно на практике встречались случаи, когда автоматы оказывались в зоне пожара, и даже при сильном обгорании корпуса и внутренних деталей, механизм не срабатывал и оставался в положении «включено».

3.3.2 Плавкие предохранители

На практике наиболее часто дознаватель встречается с следующими предохранителями: Ц-27, ПН-2, ПР-2, НПН-2.

После пожара исследование плавкой вставки делят на два этапа:

- 1) проверка целостности плавкой вставки;
- 2) визуальный осмотр.

Если в предохранителе плавкий элемент расположен внутри непрозрачного (например, фарфорового) корпуса, то проще всего определить его состояние можно, измерив электросопротивление предохранителя с помощью омметра, тестера и тому подобных приборов. Если выясняется, что вставка перегорела, то следует её разобрать и осмотреть место разрыва.

В случае КЗ на месте оплавления заметны мелкие частицы оплавления поверхности предохранителя из-за взрывообразного разрушения плавкой вставки.

При перегрузке и коротком замыкании через переходное сопротивление (неполное КЗ) на плавкой вставке образуются потёки, наплывы металла. При этом из-за медленного нагрева, брызги на внутренней поверхности отсутствуют.

Рассмотрим характерные признаки аварийных процессов на конкретных типах предохранителей.

На предохранителе ПН-2 (представленный на рисунке 3.3.2.1) установлены плавкие вставки – штампованные ленты из меди, песчаный наполнитель. Медная лента имеет на двух участках зоны уменьшенного сечения, а между ними участок

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

длиной 6 мм с нанесенным легкоплавким металлом (олово, свинец). Именно поэтому при аварийном режиме вставка плавится при температуре, в 2 раза меньшей, чем температура плавления меди. Нередко при аварийном режиме во время роста тока, расплавление вставки происходит обычно в зоне напайки сплава.

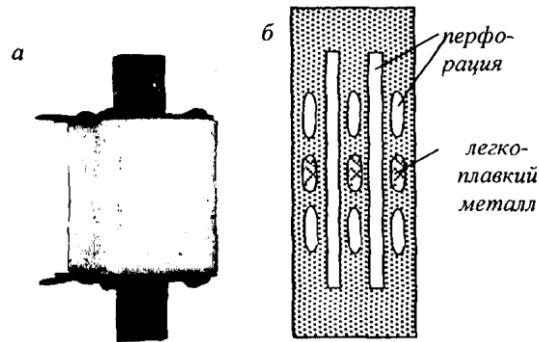


Рисунок 3.3.2.1 – Предохранитель ПН-2:
а – внешний вид; б – рабочий элемент (медная лента).

Это явление происходит из-за медленного нагрева предохранителя, при котором проявляется «металлургический эффект»: медь растворяется в расплаве более легкоплавкого металла.

Также во время аварийных режимов, сопровождающихся ростом величины тока до значения более четырёхкратного номинального тока (КЗ, перегрузка), вставка плавится обычно в зоне узких перешейков.

Необходимо, помнить, что плавкая вставка способна расплавиться и без тока, за счет тепла пожара. Как показали исследования, для этого достаточно 30–40 мин нагрева при температуре 500 °С.

Рассмотрим также предохранитель типа ПР-2 (представленный на рисунке 3.3.2.2). Вставка предохранителя ПР-2 располагается в герметичном трубчатом патроне, который состоит из фибрового цилиндра, латунной обоймы и латунного колпачка. Разобрать предохранитель можно путём отвинчивания торцевых колпачков.

Номинальный ток, на который рассчитан предохранитель: от 6 до 1000 А.

При коротком замыкании плавление данной вставки происходит в нескольких узких перешейках; небольшая перегрузка приводит к расплавлению только в одном из перешейков, чаще всего – в средней части, в зоне напайки [18].



Рисунок 3.3.2.2 – Предохранитель ПР-2:
а – внешний вид; б – рабочий элемент.

3.4 Изъятие вещественных доказательств с целью установления причины пожара

Используя электрическую схему объекта, позволяющую сопоставить местонахождение остатков сгоревшего электрооборудования с их первоначальным положением, можно выявить допущенные в процессе эксплуатации отклонения. Перед изъятием на исследование объектов электротехнического назначения следует провести общий осмотр электросети в зоне пожара. Положение выключателей, состояние средств защиты по всей электросети должно быть установлено и зафиксировано в протоколе осмотра сгоревшего объекта.

Зона очага пожара, как правило, подвергается особенно тщательному осмотру и изучению: все имеющиеся электропотребители и электрокоммуникации исследуются. Отсутствие признаков аварийных режимов на приборах и частях электропроводки не следует игнорировать, а зафиксировать в протоколе осмотра. Изымаются не только все выявленные в зоне очага предметы со следами аварийных режимов работы (предметы, имеющие прожоги, оплавления и т.д.), но и в случае, когда невозможно при визуальном осмотре установить причастность или непричастность предмета к возникновению пожара.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.4.1 Электроприборы и оборудование

Обязательному изъятию и отправке на исследование с целью установления причастности к возникновению пожара подлежат все крупногабаритные электронагревательные приборы, которые были обнаружены в зоне очага пожара: электрокамины, фены, чайники, кипятильники и прочее. Если прибор обнаружили после пожара в невключенном или нерабочем состоянии, то он изъятию не подлежит, однако дознавателю следует отметить это в протоколе осмотра. В протоколе также отражают наличие локальных зон термического поражения (прогары) по месту нахождения прибора, а что немаловажно для понимания динамики пожара: в протоколе осмотра следует указать взаиморасположение электроприборов и сгораемых материалов.

Если прибор или оборудование невозможно изъять из-за его габаритов, например, холодильник, то из него, как и из других аналогичных больших устройств, изымаются отдельные узлы и устройства: пусковое реле, терморегулятор, электродвигатель. В протоколе осмотра следует указать состояние оборудования после пожара в целом: зоны, где выгорела краска, деформирован металл, цвета «побежалости» на стали и т.д.

Изымается не только электроприбор, но и сетевой провод с электровилкой. При этом важно зафиксировать в протоколе осмотра положение провода на момент осмотра, наличие или отсутствие следов закопчения на штырях электровилки и гнездах электророзетки. Часто на пожаре при интенсивном горении провода, розетки и электровилки разрушаются. В таком случае дознавателю следует найти и изъять их вместе с остатками электроприбора в пожарном мусоре.

Лампы накаливания и их остатки, которые удалось найти в зоне очага пожара, также надо изымать на исследование, потому что можно установить причастности аварийного режима к пожару в работе лампы по изучению цоколя, электродов лампы. Из люминесцентных светильников дневного света, расположенных в зоне очага пожара, следует изымать имеющиеся в них дроссели и стартеры. Если остатки ламп

										20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							48

будут найдены в пожарном мусоре, то их следует также изъять и, аккуратно упаковав (цоколь и электроды – отдельно, стекла – отдельно), направить на исследование

Каждый изымаемый объект (все без исключения электроприборы, коммутационные устройства) предварительно фотографируют или описывают, в каком положении предмет был обнаружен, в каком месте подключен к электрической схеме. В случае, когда нет возможности установить принадлежность провода или прибора к конкретному участку электрической схемы объекта, место изъятия должно быть отмечено на плане места пожара.

После завершения осмотра зоны очага пожара и изъятия на исследование прибора с признаком аварийного режима работы, дознавателю следует осмотреть участки, наиболее удаленные от источника тока. Если эти участки имеют признаки аварийного режима работы, это значит, что они могут быть причастны к возникновению пожара, даже находясь вне очага пожара. Данные устройства, участки проводки подлежат изъятию и отправке на исследование в лабораторию.

Дознаватель может изъять и отправить на экспертизу любой предмет, если это возможно, и это будет важно для дальнейшей работы.

3.4.2 Провода со следами оплавлений

Изымать следует не всю электропроводку, а лишь её фрагменты (достаточно 10 см), которые имеют локальные следы термического воздействия (оплавления) и находятся в установленном или предполагаемом очаге пожара. Если оплавление не на конце проводника, то желательно, чтобы участки по обе стороны от оплавления были не менее 30–40 мм.

Изъятие проводников следует проводить осторожно и аккуратно, стараясь не повредить место термического поражения. При упаковке недопустим изгиб на расстоянии менее 50 мм от места оплавления, иначе проводники могут стать непригодными для дальнейшего исследования. Те жилы, которые оказались сплавленными, не разделяются, а изымаются вместе.

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

Те провода, которые проложены в трубах или металлорукавах, изымают вместе с отрезками труб или металлорукавов. К таким проводам крепятся ярлыки с описание места изъятия, принадлежности к конкретному участку электрической схемы объекта, упаковываются отдельно.

Важно упаковывать вещественные доказательства так, чтобы было обеспечено отсутствие повреждений при транспортировке.

При изъятии проводников на электрической схеме отмечается место изъятия, делаются фотоснимки, в протоколе осмотра фиксируется описание проводников.

В случае, когда невозможно установить при осмотре, каким именно элементом схемы является проводник, отмечают место его изъятия на плане помещения, здания или сооружения.

При отправке на экспертизу, дознаватель обязан предоставить электрическую схему объекта (с указаниями, какими элементами в ней являются проводники), план объекта (с указанием на нем мест изъятия проводников, места очага пожара, место ввода электроэнергии на объект) [8].

Изъятию подлежат участок проводника, подсоединённый к клемме электрощита длиной 0,5 м, а также участок, наиболее удаленный от электрощита – со следами разрушения до места, где отсутствуют видимые повреждения изоляции. Если часть проводки отсутствует, то изымается оставшаяся часть, хотя при этом возможности получения нужной информации, естественно, снижаются. Если электрощит находится вне зоны пожара и только там сохранилась проводка, её также необходимо изъять.

Оплавленные участки проводки не следует изгибать и деформировать. При невозможности упаковать проводку целиком, её разрезают на фрагменты, последовательно пронумеровав их. На ярлыках, прикрепленных к каждому фрагменту (детали) должно быть указано место изъятия, принадлежность к конкретному участку цепи, установки, устройства, пространственное расположение провода. Соответствующие отметки мест изъятия делаются и на электрической схеме.

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Выявить физические признаки перегрузки сложнее, чем признаки короткого замыкания. Для достоверного установления факта перегрузки приходится проводить достаточно сложные комплексные исследования, включающие детальный внешний осмотр, морфологический анализ, рентгеноструктурный анализ и металлографию.

изъятию на месте пожара подлежат все электротехнические контактные соединения, обнаруженные в пределах предполагаемой очаговой зоны и имеющие следы термического воздействия. Это могут быть скрутки проводов, аппараты коммутации, электроустановочные изделия (выключатели, кнопки управления, электрические удлинители, штепсельные вилки, штепсельные розетки, переходные устройства, разветвления и т.д.), аппараты защиты электросети (автоматы, предохранители), лампы и патроны.

Длина отрезаемых проводников, подходящих к контактными узлам, должна быть не менее 50 мм. В случае обнаружения «скрутки», последняя изымается вместе с проводниками, отходящими от нее в обе стороны.

По результатам сбора и анализа информации об аварийных режимах работы выполнена блок-схема «Установление причастности аварийного режима работы электрооборудования к возникновению пожара», представленная в приложении Б.

										Лист
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

4 АНАЛИЗ И ОТРАБОТКА ВЕРСИЙ ПРИЧАСТНОСТИ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ГОРЕНИЯ

4.1 Признаки аварийных режимов

Наличие в очаговой зоне и в её пределах любой электропроводки и (или) каких-либо электропотребителей является важным условием для возможности возникновения пожара из-за короткого замыкания (либо из-за любого другого аварийного режима). И это условие должно учитываться и анализироваться очень подробно дознавателем. Только наличие фактических данных, бесспорно исключающих нахождение электропроводки и электропотребителей под напряжением на момент возникновения пожара может освободить дознавателя или эксперта от работы по отработке причины пожара из-за возникшего в оборудовании аварийного режима. Во всех остальных случаях эксперту или дознавателю следует разобраться с данной версией.

Анализ версии по установлению причастности короткого замыкания в оборудовании к пожару должен протекать по следующим этапам:

- 1) Осмотр выключателей, рубильников, аппаратов защиты;

На первом этапе важно установить, находилась ли сеть под напряжением или была обесточена? Важно также выяснить, какие аппараты защиты сработали, а какие – нет, признаком срабатывания является нахождение автомата в позиции «аварийное срабатывание».

- 2) Осмотр элементов электросети и электропотребителей, которые сохранились после пожара, выявление признаков короткого замыкания.

Ключевым признаком нахождения сети под напряжением, а также короткого замыкания является наличие дуговых оплавлений. На данном этапе дознавателем фиксируется место их расположения (как по зоне пожара в целом, так и на электросхеме объекта).

- 3) Изъятие проводов и других объектов со следами короткого замыкания, их направление на лабораторные исследования;

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

4) Изучение электрических схем; расчет токов короткого замыкания и возможности загорания раньше срабатывания аппаратов защиты;

5) Определение зоны разлёта частиц при коротком замыкании и возможности загорания;

Этот этап важен в случае, когда место возникновения короткого замыкания, находясь на некотором расстоянии, не совпадает с очагом пожара. В такой ситуации важно провести расчеты, ответив на вопрос: могли ли частицы долететь до очаговой зоны, сохранив свою зажигательную способность?

б) Анализ и исключение прочих версий.

4.1.1 Прямые и косвенные признаки короткого замыкания

Электрическая дуга, возникающая при этом аварийном режиме, имеет одну характерную черту, материальное свидетельство своего существования – дуговое оплавление. Оплавления бывают разных форм, но именно у дугового оплавления есть главный признак – это локальность. Внешнее тепло пожара способно расплавить металлическое изделие, однако это не происходит в той степени направленно, в какой это способна сделать электрическая дуга. От токовой перегрузки короткое замыкание отличается тем, что при перегрузке провод плавится на протяженном участке, а не локально.

Поэтому локальные оплавления на стали, латуни, меди, алюминии рассматриваются как потенциально дуговые. Эти объекты изымаются, а оплавления исследуются в лаборатории.

Явление короткого замыкания может быть отмечено измерительными приборами, установленными на подстанции, распределительном пункте или главных распределительных щитах. Дежурный персонал, обслуживающий установку, может заметить броски тока, колебания напряжения. Очень мала вероятность получить подобные достоверные сведения для жилых зданий после пожара, однако после крупных пожаров на промышленных предприятиях при оперативных действиях

дознателей можно успеть осмотреть и зафиксировать показания самописцев контрольно-измерительных приборов.

Также к косвенным признакам КЗ можно считать последствия резкого снижения напряжения, влияющее на работу электроприемников, из-за чего снижается накал и происходит мигание электрических ламп, снижается скорость вращения электродвигателей, работа асинхронных двигателей становится неустойчивой т.д.

Подобные признаки короткого замыкания могут быть отмечены в показателях свидетелей.

4.1.2 КЗ в электропроводке, уложенной в металлических трубах и рукавах

Версия о прожоге рассматривается в ситуации, когда в пределах очаговой зоны (или в пределах радиуса разлета расплавленных частиц из очаговой зоны) обнаружена труба (с электропроводкой) в прожогах непонятного происхождения.

Если стенки трубы недостаточно толсты, а ток КЗ велик, то дуга может прожечь трубу.

Для отработки версии необходимо узнать, могли ли находиться какие-либо горючие, склонные к тлению, материалы в контакте с трубой? И совпадает ли эта зона возможного контакта с очаговой зоной?

Далее следует исследовать участок трубы, где гипотетически можно предположить расположение локального пятна разогрева. Специальной методики на данный момент не существует, но металлографическое исследование или зондирование поверхности трубы полевым вихретоковым методом может ответить на интересующие эксперта вопросы.

Имеет место также распил трубы и поиск следов электродуговых процессов на внутренней поверхности: кратеры, каверны, наплавы.

В таблице 4.1.2.1 указаны полученные на основе экспериментальных данных ВНИИПО минимально допустимые значения толщины стенки трубы, делающие маловероятным прожог трубы в случае короткого замыкания. Эти данными можно пользоваться для того, чтобы предварительно оценить саму возможность прожога

										20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							54

трубы током КЗ. Однако важно помнить, что при заглубленной защите прожог трубы возможен и при соблюдении этих значений.

Таблица 4.1.2.1 – Минимально допустимая толщина стенки трубы для различных сечений проводников

Параметр электропроводки	Материал токопроводящей жилы							
	Алюминий				Медь			
Макс. сечение токопроводящих жил, мм ²	6	10	16–25	35–50	4	6–10	16	25–35
Минимально допустимая толщина стенки стальной трубы, мм	2,5	2,8	3,2	3,5	2,8	3,2	3,5	4,0

4.1.3 Признаки перегрузки по току. порядок отработки версии

Методика отработки версии проводится в такой последовательности:

1) Анализ известных обстоятельств дела (выяснить, были ли включены на момент пожара электроустановки, приборы и оборудование);

2) Расчет общей потребляемой мощности (разобраться со схемой подключения оборудования, определить, что было запитано через загоревшийся участок сети и рассчитать общую потребляемую мощность);

Чаще всего при пожарах на производстве дознаватель или эксперт взаимодействует с главным инженером, получая от него все необходимые для расследования данные. А для расследования пожаров в жилых домах, можно прибегнуть к расчету мощностей по примерным значениям, представленным в таблице 4.1.3.1.

Таблица 4.1.3.1 – Ориентировочная номинальная потребляемая мощность некоторых электрических приборов

Мощность, кВт	Электроприбор, электроинструмент
<0,05	Электробритва, лампа люминесцентная
0,05–1	Гирлянда новогодней елки
0,1–0,15	Телевизор, видеомагнитофон,

Продолжение таблицы 4.1.3.1

Мощность, кВт	Электроприбор, электроинструмент
0,2–0,3	Ультрафиолетовая лампа для загара
0,4–0,5	Светильник с лампами накаливания, холодильник
0,6–0,8	Микроволновая печь, электрокофемолка
0,9–1,2	Электрогриль, электромиксер, кухонный комбайн, утюг, стиральная машина
1,3–1,5	Кондиционер, электрокамин, пылесос, фен, электросушилка для обуви
2,0–4,0	Водяной нагреватель, электрочайник, настольная электроплита
4,0–5,0	Сушилка для одежды, духовка
8,0–12,0	Кухонная плита

3) Расчет рабочего тока в сети проводится исходя из суммарной потребляемой мощности по следующим формулам:

- В сетях постоянного тока и групповой осветительной сети однофазного тока:

$$I = \frac{P}{U}; \quad (4.1.3.1)$$

- В питающих осветительных сетях трехфазного тока:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U}; \quad (4.1.3.2)$$

- В питающих осветительных сетях переменного тока по схеме «две фазы-нуль»:

$$I = \frac{P}{2 \cdot U}; \quad (4.1.3.3)$$

- В силовых сетях трехфазного переменного тока:

$$\text{---}, \quad (4.1.3.4)$$

где – рабочий ток в сети, А;

– номинальная мощность электроприемника, кВт;

, – фазное и линейное напряжение в сети, В;

– коэффициент мощности, величина которого указана в паспортных данных электроустановок (для ламп накаливания принимается равным 1)

– КПД электроустановки.

4) Расчет возможности перегрузки;

Перегрузка существует, если:

$$\text{или}, \quad (4.1.3.5)$$

где – допустимая токовая перегрузка, А;

– номинальный ток для машин и аппаратов, А.

Требования к электрическим сетям зданий и сооружений различного назначения устанавливаются ПУЭ. В частности, требуется, чтобы питание электроприемников выполнялось от сети 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S. В жилых зданиях сечения медных проводников должны соответствовать расчетным значениям, но быть не менее указанных в таблице 4.1.3.2:

Таблица 4.1.3.2 – Наименьшие допустимые значения сечения кабелей и проводов электрических сетей в жилых зданиях

Наименование линий	Наименьшее сечение кабелей и проводов с медным жилами, мм ²
Линии групповых сетей	1,5
Линии от этажных до квартирных щитков и к расчетному счетчику	2,5
Линии распределительной сети (стояки) для питания квартир	4

Допустимые токовые нагрузки для отдельных типов проводов и кабелей определяется если известен конкретный тип, марка провода – по данным, приведенным в ПУЭ или соответствующих электротехнических справочниках; номинальные токи – по паспортам соответствующих устройств.

5) Расчет кратности перегрузки;

Расчет по вышеуказанному пункту позволяет констатировать наличие или отсутствие факта перегрузки. При наличии такового рассчитывается кратность перегрузки по формулам:

$$\text{--- или ---,} \quad (4.1.3.5)$$

где – кратность перегрузки.

б) Определение возможности загорания при данной кратности сверхтока и длительности его существования;

В случае наличия в справочной литературе справочных данных для конкретного провода или устройства о кратностях, при которых происходит загорание, то можно констатировать высокую вероятность либо, наоборот, невозможность загорания. Если подобные данные отсутствуют, то их узнают экспериментально, что довольно часто не предоставляется возможным либо оперируют в доказательстве данной версии общими для проводов пределами: от 2–3 до 90–100.

Возгорание провода происходит не моментально, для этого требуется время, изоляция должна прогреться. Далее наступает процесс термического разложения изоляции, который доходит до стадии, когда горючие летучие вещества будут выделяться с такой скоростью, с которой возможно возникновение и поддержание пламенного горения. Чем больше кратность перегрузки, тем больше тепловыделение и тем быстрее изоляция может загореться. Для некоторых проводов уже экспериментально выявлена зависимость времени и кратности до момента возникновения горения. Данные справочные материалы, которыми могут

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

воспользоваться пожарный дознаватель и пожарно-технический эксперт, позволяют ответить на вопрос, могла ли изоляция загореться раньше, чем сработал аппарат защиты [13].

7) О срабатывании электрической защиты;

После того, как был установлен факт перегрузки, следует задуматься над некоторыми вопросами: должна ли была при таком токе сработать электрозащита, а если должна, то как быстро? А если не сработала, то почему?

Для того, чтобы найти ответ на данные вопросы, требуется осмотреть аппараты защиты, определить их номиналы и техническое состояние. Аппараты защиты могли не сработать, если защита слишком загружена (стоит автомат или плавкий предохранитель с чересчур большим номиналом, «жучок» вместо плавкого предохранителя), либо автомат вообще неисправен.

Аппаратов защиты групповых линий квартир жилых зданиях, например, бывают с номинальным током 16 и 25 А.

8) Расположение очаговой зоны на характерных участках электроцепи;

Загорание изоляции в результате перегрузки происходит на участке провода с наихудшими условиями теплоотвода: с наименьшим сечением токопроводящих жил (либо провод наименьшего сечения, либо просто на месте излома жилы), в местах больших БПС (на контактах, в скрутках). Правда, в такой ситуации придётся, видимо, говорить о возникновении пожара в результате тепловыделения при перегрузке, сочетающейся с большим переходным сопротивлением.

4.1.4 Наличие БПС и их причастность к возникновению пожара.

1) По признакам, проявившимся до пожара;

2) По характерной динамике процесса;

3) По локальным термическим поражениям материалов и конструкций в прилегающих к месту БПС зонах;

4) По признакам «плохого контакта», выявленных непосредственно на проводниках и электрических деталях.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Процесс, предшествующий возникновению горения в результате БПС, развивается медленно: днями, неделями, месяцами. При этом обычно наблюдаются признаки «плохого контакта»: мигание лампочек, неустойчивая работа других электропотребителей, запах горелой пластмассы, изоляции. Эти признаки обычно бывают замечены и сведения о них могут содержаться в показаниях свидетелей. Даже если в очаговой зоне обнаружены дуговые оплавления с признаками ПКЗ, но свидетелями непосредственно перед пожаром отмечались указанные выше признаки, причиной пожара более логично считать не КЗ, а БПС, перешедшее в КЗ.

И, наоборот, быстро и интенсивно развившийся процесс горения, без всяких предварительных симптомов, вряд ли следует считать следствием БПС. Характерную динамику процесса (медленное развитие), безусловно, следует считать одним из признаков БПС.

Длительный нагрев в ограниченной несколькими квадратными сантиметрами зоне приводит обычно к формированию локальной зоны термических поражений как на самих электротехнических изделиях, так и на прилегающих конструкциях, предметах. Так, например, под выключателем или розеткой может локально выгореть краска, обуглиться стенка.

На самих электротехнических изделиях также формируются соответствующие признаки, выявляемые визуально или инструментальными методами.

4.1.5 Выдвижение и отработка версии причастности перенапряжения к возникновению пожара.

Массовый выход из строя включенных в сеть электроприборов, перегорание ламп, сбои в работе компьютеров – все эти признаки свидетельствуют о том, что в сети могло произойти перенапряжение. Рациональнее всего при наличии подозрений на перенапряжение в сети, провести опрос свидетелей, например, жильцов соседних квартир, подъездов, домов. В самом загоревшемся электроприборе необходимо искать признаки аварийного процесса: пробой изоляции в наиболее «слабом» месте (лаковая изоляция обмоток трансформаторов, дросселей, катушек напряжения в

электросчетчиках). При перенапряжении возникают межвитковые короткие замыкания, появляются множественные мелкие дуговые оплавления.

Иногда следы локального нагрева, возникающие при БПС, видны невооруженным глазом, зафиксировать их наличие не сложно. Однако в ряде случаев выявление и фиксация после пожара следов БПС представляет нелёгкую задачу. Это приводит к тому, что на практике следы данного пожароопасного режима нередко не выявляются, а его причастность к возникновению пожара не доказывается.

Очевидно, что версию о причастности БПС к возникновению пожара нужно обязательно выдвигать и рассматривать (отдельно или в «одном пакете» с прочими электротехническими версиями – КЗ, перегрузка), в случае наличия в очаговой зоне каких-либо электрических устройств и контактных соединений.

Делается это даже при наличии дуговых оплавлений, т.к. КЗ может быть следствием процессов, протекающих в зоне БПС.

С другой стороны, одно лишь наличие «скрутки» или иного нарушения ПУЭ ещё не доказывает ни сам факт того, что здесь существовал «плохой контакт», ни его причастность к возникновению пожара.

4.2 Инструментальные методы исследования вещественных доказательств

4.2.1 Методы исследования КЗ

Изучение микроструктуры металла производят на металлографическом микроскопе, в белом, поляризованном свете, обычно при увеличении 100^x-200^x .

В условиях, характерных для первичного короткого замыкания (замыкания, которое произошло до пожара), происходит быстрое охлаждение расплавленной электрической дугой части проводника – пожара ещё нет, и сам проводник, за исключением места КЗ, а также окружающая атмосфера, холодные и хорошо отводят тепло. Это приводит к тому, что образующиеся в расплаве центры кристаллизации начинают интенсивно расти в направлении максимального отвода тепла (по металлу проводника). В результате образуется зона вытянутых кристаллов, называемых

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

столбчатыми дендритами, показанными на рисунке 4.2.1.1. Такая структура является устойчивым физическим признаком, характеризующим ПКЗ. Этот признак также сохраняется при последующем высокотемпературном (до 1000 °С) отжиге в ходе пожара.

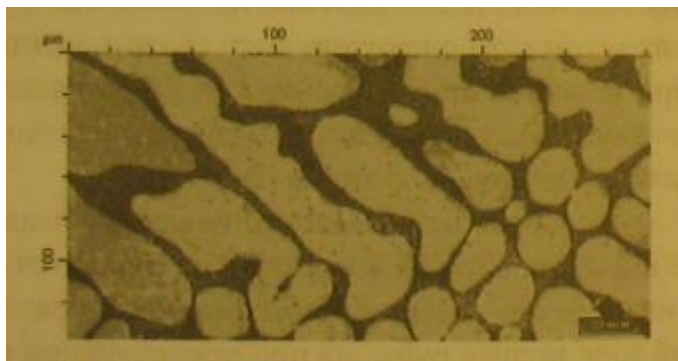


Рисунок 4.2.1.1 – Столбчатые дендриты микроструктуре медного проводника при ПКЗ

В случае вторичного короткого замыкания наблюдается иная микроструктура (на рисунке 4.2.1.2). Присутствие в атмосфере пожара оксида углерода, небольших количеств водорода способствует образованию газовых пор и раковин по границам и внутри тела зёрен меди.

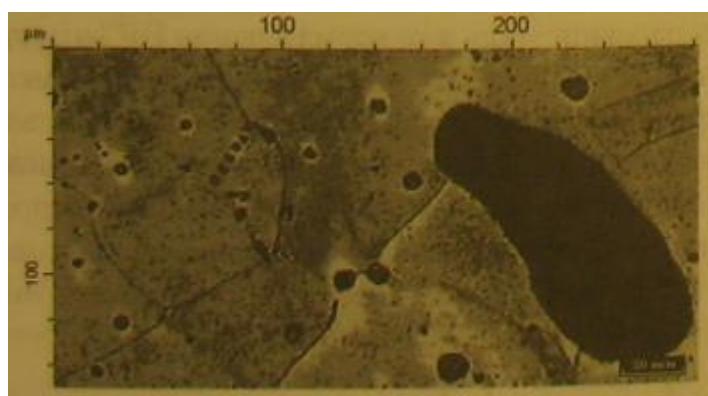


Рисунок 4.2.1.2 – Образование газовых раковин и пор в микроструктуре медного проводника при ВКЗ

Нерекристаллизованная структура алюминиевых проводников сохраняется примерно до 200 °С. На первом этапе рекристаллизации наряду с исходными вытянутыми зёрнами появляются мелкие равноосные. В дальнейшем происходит

Также для стоит обратить внимание на изоляцию: если она обуглена изнутри, то это признак ПКЗ, если с обеих сторон, то ВКЗ.

Методика основана на сравнении концентраций в поверхностном слое проводника оксида меди, но на разном удалении от места оплавления.

Проводится исследование на дифрактометре с использованием соответствующего программного обеспечения.

При ПКЗ по длине проводника возникает значительный градиент температур. В точке действия дуги температура превышает температуру плавления меди. В этих условиях идёт интенсивное образование преимущественно оксида меди (I).

В условиях, характерных для ВКЗ (задымленная атмосфера, относительно высокая температура газовой среды), газообразные продукты неполного сгорания органических веществ, прежде всего, оксид углерода (CO), взаимодействуют с оксидом меди, восстанавливая его:

Возникшее ВКЗ приведет к восстановлению окисных фаз преимущественно по месту действия дуги и рядом с ним (по месту наибольшего локального нагрева). В результате может оказаться, что приповерхностное содержание окисной фазы на прилегающем к оплавлению участке будет ниже, чем на удаленном.

4.2.2 Методы исследования БПС

Морфологический анализ с помощью РЭМ используют для исследования контактировавших поверхностей из любого электропроводного материала. Поверхности, участвовавшие в образовании контакта, должны быть обезжирены и обезвожены петролейным эфиром и этиловым спиртом.

При увеличениях 50^{\times} - 500^{\times} , как и при проведении исследования на оптическом микроскопе, ведется поиск структур (впадин, хребтов, кратеров, микрооплавлений), характерных для БПС:

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

В большинстве случаев выявление и фиксация после пожара следов БПС представляет нелегкую задачу. Экспертам при поисках следов БПС (если такие поиски проводятся вообще) приходится действовать интуитивно, так как непонятно, что, собственно, необходимо искать, какими методами и техническими средствами. Непонятно, какие выявленные следы могут рассматриваться в качестве квалификационных признаков БПС, насколько они способны сохраняться и видоизменяться в ходе пожара. Это приводит к тому, что на практике следы данного пожароопасного режима, как правило, не выявляются, его причастность к возникновению пожара не доказывается.

4.2.3 Методы исследования токовой перегрузки

Металлографический анализ проводится с использованием растровых электронных, металлографических и иных микроскопов при увеличении не менее 200^x.

В основе проявления дифференцирующих признаков лежит неравномерность нагрева провода под действием тока, обусловленная теплоотводом на клемму электрощита. Основной задачей при исследовании провода является предварительное установление местоположения границ зон с различной внутренней структурой. Как правило, выявляются 3 зоны со следующими признаками:

Зона 1 – грубый рельеф и сетчатая структура поверхности, изменение формы сечения проволоки;

Зона 2 – сетчатая структура поверхности с размером ячейки, примерно соответствующим размеру зерна, форма сечения проволоки не изменена;

Зона 3 – исходная поверхность с сохранившимися рисками волочения (технологическими дефектами изготовителя).

В результате исследования необходимо определить местоположение границ этих зон относительно конца проводника.

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР					

В работе с медными проводниками признаки перегрузочного режима схожи с признаками алюминиевых проводников. Однако отличие в том, что у медных проводников отсутствует участок со структурой пережога. Появляются участки со смешанной структурой, когда на поверхности проводника наблюдается слой оплавленной меди, а также округлые капли меди небольшого размера.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПОЖАРА ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ

После такого подробного изучения аварийных режимов, становится ясно, что аппараты защиты далеко не всегда могут спасти ситуацию. Например, средства защиты даже не способны как-то среагировать на возникновение БПС. А при стекании горячей расплавленной изоляции и вовсе спасти ситуацию может только ответственный подготовленный персонал, который вовремя заметит аварийную ситуацию.

Возвращаясь к трагедии, которая произошла в ТРЦ «Зимняя вишня», нельзя не отметить ещё несколько факторов, которые только усугубили ситуацию.

По словам очевидцев, несколькими месяцами ранее в торговом центре уже происходили проблемы с проводкой, из-за которых перекрывали посещение здания. Также среди свидетельских показаний упоминалось, что за день до катастрофы в торговом центре местами пахло гарью. Но, видимо, как персонал торгового центра, так и посетители не обращали внимания на подобные подозрительные моменты.

Крыша не была должным образом отремонтирована, постоянно протекала, а один раз даже обвалилась над помещением кафе на четвертом этаже.

По интервью, взятых у персонала ТЦ, становится ясно, что администрация центра халатно относилась к вопросу о пожарной безопасности. Не смотря на обязательность проведения инструктажей, учебных эвакуаций (обязательно стоит заметить, что на проведение учебной эвакуации тратится, в среднем, 6–7 часов), видимо, дирекция предпочла не ставить под угрозу прибыль, просто закрыв глаза на учения. Следовательно, персонал, в том числе и охрана, абсолютно оказались не подготовлены к действиям в подобной критической ситуации.

Нельзя не упомянуть факт того, что эвакуационные выходы оказались закрыты. Очевидно, что проверки от соответствующих органов, даже если и проходили в торговом центре, то без должной ответственности, как говорится, «для галочки».

									Лист
									69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

На одном из заседаний суда по делу о трагедии стало известно, что незадолго до произошедшего дирекция неоднократно производила перепланировку торгового центра для увеличения количества сдаваемых в аренду помещений. Перепланировки были самовольными. И как результат подобных действий, системы оповещения, пожаротушения работали со сбоями, что ключевым образом повлияло на возможность людей узнать о пожаре и покинуть торговый центр.

В подобных сложных делах пожарному дознавателю и пожарно-техническому эксперту нужно почти по крупицам собирать общую картину произошедшего, учитывая все сложившиеся причины и предпосылки, найти виновных и доказать их вину в случившемся.

Анализируя информацию, которая доступна по этому делу, можно выделить главные причины трагедии и предположить, как можно было всего этого избежать.

Во-первых, вовремя проводить проверку, обслуживание систем оповещения, автоматического пожаротушения, пожарной сигнализации, видеонаблюдения [5].

Использование современных систем автоматической пожарной сигнализации «Болид» на основе интегрированной системе охраны «Орион» позволяет диспетчеру из пункта управления либо охранного поста в кратчайшие сроки узнать, где произошел сбой, авария, либо система может дать понять, какой именно извещатель среагировал на подозрительные изменения в окружающей среде: дым, повышение температуры, наличие открытого пламени, повышение концентрации монооксида углерода.

Установка современных систем видеонаблюдения позволяет передачу изображения из множества точек по объекту в прямом эфире и высоком качестве. Видео приходит с камер и записывается в режиме 24 часов на жесткие диски объемом в несколько терабайт. Такого объема видеозаписи хватит на несколько дней чистой записи. Помимо прямого контроля за рабочими местами и обстановкой в помещениях, система видеонаблюдения способна дать ответы на много вопросов, которые могут возникнуть у пожарного дознавателя и пожарно-технического эксперта во время работы на месте пожара. Так как угол обзора у подобных камер, как правило, довольно широкий, не исключено, что причина пожара могла быть запечатлена системой видеонаблюдения. Пример подобной камеры представлен на рисунке 5.1:

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Рисунок 5.1 – Купольная видеокамера аналоговая VCG-222

Нельзя забывать и о том, что если пожар всё-таки начался, то современные системы автоматического пожаротушения способны ликвидировать проблему в самом её зачатке. А системы оповещения можно выстроить так, что в одних помещениях будут даны одни голосовые инструкции по эвакуации, а в других – инструкции, соответствующие альтернативной планировке [4].

Во-вторых, в соответствии с Федеральным законом № 69 «О пожарной безопасности» проведение инструктажей персонала, включая противопожарную пропаганду, является обязательным. Ведь чем лучше персонал понимает алгоритм действий, а также расстояние до ближайшего эвакуационного выхода в случае пожара, тем больше вероятность избежать жертв [1].

Наконец, монтаж оборудования, проводов и кабелей зачастую выполняется безответственно и некачественно. Контроль за работой монтажников, соблюдение ПУЭ, регулярная проверка состояния установленной техники и проводки – все перечисленные меры повлияют на снижение вероятности возникновения столь опасных аварийных режимов работы электрооборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы была собрана и проанализирована статистика по пожарам в России за 2015–2016 год. По результатам статистики, пожары, связанные с электричеством, занимают почти 30 % от общего количества. При этом больше половины этих пожаров происходит из-за возникновения короткого замыкания, а остальные случаи, происходят по причине возникновения токовой перегрузки, БПС, наведённых напряжений, утечки тока.

В работе рассмотрены причины и особенности каждого аварийного режима, источники зажигания, условия для возникновения пожара в той или иной среде. Составлена блок-схема аварийных режимов.

Изучена методика работы пожарного дознавателя и пожарно-технического эксперта на месте пожара по установлению очага пожара и непосредственной причины пожара, а также установление причастности электрооборудования к пожару. Проведён анализ рекомендаций по сбору вещественных доказательств с места пожара.

Для того, чтобы полностью осветить работу пожарно-технического эксперта, были изучены признаки аварийных режимов, инструментальные методы исследования вещественных доказательств.

В заключительной главе был проведён анализ имеющихся данных по трагедии в ТРЦ «Зимняя вишня» города Кемерово. На основе этой информации выдвинут список рекомендуемых мероприятий по снижению вероятности возникновения пожара.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 22.12.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Приказ МЧС РФ от 12.12.2007 № 645 «Об утверждении Норм пожарной безопасности "Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций».
4. ГОСТ 12.1.044–89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
5. ГОСТ 12.1.004–91. Пожарная Безопасность. Общие требования.
6. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.
7. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.
8. Голяев В. Г. Отбор проб и изъятие вещественных доказательств на месте пожара: методические рекомендации / В. Г. Голяев – СПб: филиал ВНИИПО, 1998. – 70 с.
9. Зернов С. И. Задачи пожарной-технической экспертизы и методы их решения: учебное пособие/ С. И. Зернов – М.: ГУ ЭКЦ МВД России, 2001. – 200 с.
10. Иванов Е. А. Безопасность электроустановок и систем автоматики: учебное пособие / Е. А. Иванов – СПб.: Элмор, 2003. – 384 с.
11. Колмаков А. И. Диагностика причин разрушения металлических проводников, изъятых с мест пожаров: учебное пособие / А. И. Колмаков – М.: ЭКЦ МВД РФ, 1992. – 32 с.
12. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров. Общие положения методики и основы пожарно-технической экспертизы: учебное пособие / Б.В. Мегорский – М.: Стройиздат, 1966. – 348 с.
13. Расследование пожаров: Пособие для работников Госпожнадзора. – М.: ВНИИПО МВД РФ, 1993 – 131 с.

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

14. Смелков Г. И. Пожарная опасность электропроводок: учебное пособие / Г. И. Смелков – М.: ООО «Кабель», 2009. – 382 с.

15. Смелков Г. И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах: учебное пособие / Г. И. Смелков – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 184 с.

16. Смирнов К. П. Из опыта определения причин пожаров, связанных с эксплуатацией электроустановок: учебное пособие / К. П. Смирнов – М.: издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР. 1963. – 72 с.

17. Чешко И.Д. Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2 ч. Ч. 1. / И.Д. Чешко – СПб.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2010 – 708с.

18. Чешко И. Д. Технические основы расследования пожаров: учебное пособие / И. Д. Чешко – М: ВНИИПО, 2002. – 330 с.

19. Чешко И. Д. Экспертиза пожаров: учебное пособие / И. Д. Чешко. – СПб: филиал ВНИИПО, 1997. – 817 с.

20. Научно-внедренческое предприятие «Болид». – <https://bolid.ru>

21. Правила устройства электроустановок ПУЭ (7 издание).

22. Статистика пожаров в Российской Федерации за 2016 год. – <http://mchsgov.ru/>

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

ПРИЛОЖЕНИЯ

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

ПРИЛОЖЕНИЕ А Блок-схема «Аварийные режимы работы
электрооборудования»

Блок-схема аварийных режимов работы электрооборудования

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Блок-схема «Установление причастности аварийного
режима работы электрооборудования к возникновению пожара»

Блок-схема установления причастности аварийного режима работы электрооборудования к
возникновению пожара

					20.05.01.2018.413 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77