

УДК 614.841.245  
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2020.18.3.004

## Особенности возникновения и развития горения в результате аварийной пожароопасной работы электросети и электрооборудования применительно к бытовым условиям жизнедеятельности человека

*Зуев Р.В.<sup>1</sup>; Иткина С.И.<sup>2</sup>; Савосько С.В.<sup>3</sup>*

*1 ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;  
2 ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение ФПС «Испытательная пожарная лаборатория»  
по Красноярскому краю»;  
3 ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России ГПС МЧС России*

### **Аннотация:**

В статье описан процесс воссоздания реальной вещной обстановки жилого помещения и создания условий для возникновения пожара в результате аварийной пожароопасной работы электросети и электрооборудования. Модели возникновения пожара созданы на основе практического опыта по исследованию реальных пожаров специалистами судебно-экспертного учреждения ФПС ИПЛ по Красноярскому краю совместно с сотрудниками Главного управления МЧС России по Красноярскому краю. Проведенные эксперименты позволили достоверно оценить зажигательную способность данных пожароопасных явлений, особенности возникновения горения и развития пожара по их причине. Проведенная работа позволила создать видеоролики с целью наглядной демонстрации населению с чего могут начинаться бытовые пожары и к каким последствиям они могут привести. Видеоролики демонстрировались в начале 2020 года по телевидению на территории Красноярского края и были размещены в интернете на популярном видео хостинге «YouTube».

**Ключевые слова:** пожар, возникновение пожара, аварийная работа электросети и электрооборудования, источники зажигания, эксперимент

## Features of the occurrence and development of combustion as a result of emergency fire-hazardous operation of the power mains and electrical equipment applied to the household conditions of human life

*Zuev R.V.<sup>1</sup>; Itkina S.I.<sup>2</sup>; Savosko S.V.<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Siberian Fire and Rescue Academy of Firefighting Service of EMERCOM of Russia;  
<sup>2</sup>FSBI «Forensic expert organization Federal Fire Service «Fire testing laboratory»  
in the Krasnoyarsk Territory»;  
<sup>3</sup>Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia*

### **Abstract:**

The article describes the process of recreating the real physical environment of a dwelling and creating conditions for a fire as a result of an emergency fire hazardous operation of the electrical network and electrical equipment. The models of fire occurrence were created on the basis of practical experience in the study of real fires by specialists of the forensic institution of the FPS IPL in the Krasnoyarsk Territory, together with employees of the Main Directorate of the Ministry of Emergencies of Russia in the Krasnoyarsk Territory. The experiments carried

out made it possible to reliably assess the incendiary ability of these fire hazardous phenomena, the peculiarities of the occurrence of combustion and the development of a fire due to them. The work carried out made it possible to create videos with the purpose of a visual demonstration to the population of how domestic fires can start and what consequences they can lead to. The videos were shown in early 2020 on television in the Krasnoyarsk Territory and were posted on the Internet on the popular video hosting «YouTube».

**Key words:** fire, outbreak of fire, emergency operation of the power grid and electrical equipment, ignition sources, experiment

Обращаясь к статистическим данным по пожарам на территории Российской Федерации [1], можно выделить основные причины их возникновения: неосторожное обращение с огнем, нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов, неисправность и нарушение правил эксплуатации печного отопления, а также поджоги. Пожары по причине воздействия электричества стабильно занимают второе место после неосторожного обращения с огнём. К пожароопасным аварийным режимам работы электротехнических изделий, наиболее часто инициирующих горение в условиях повседневной деятельности человека относятся:

- короткое замыкание;
- токовая перегрузка;
- большое переходное сопротивление.

При этом, каждый аварийный режим сопровождается своими особенностями возникновения, развития и возможными последствиями.

В целях изучения динамики и особенностей возникновения горения, а также монтажа видеороликов в рамках мероприятий по противопожарной пропаганде и агитации, должностными лицами Главного управления МЧС России по Красноярскому краю совместно со специалистами ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Красноярскому краю был смоделирован и проведён ряд экспериментов по инициированию горения в результате короткого замыкания электропроводки, большого переходного сопротивления в электротехническом изделии, токовой перегрузки. Эксперименты проводились внутри неэксплуатируемого здания сельского клуба, расположенного на расстоянии 180 км от города Красноярска Красноярского края в феврале 2020 года при погодных условиях с отрицательной температуре воздуха. Конструкции здания выполнены из дерева, стены в помещениях оштукатурены, частично оклеены бумажными обоями. Окна в помещениях были плотно закрыты. Дополнительного притока воздуха не предусматривалось. В комнатах воссоздавалась «домашняя» обстановка, на момент проведения экспериментов температура воздуха внутри помещений составляла +18 °С. На момент начала каждого эксперимента специалисты с первичными средствами пожаротушения, располагались на безопасном расстоянии от места инициирования горения, в районе выхода из помещения. Вид неэксплуатируемого здания сельского клуба представлен на рис. 1.



*Рис. 1. Неэксплуатируемое здание сельского клуба, использованное для проведения экспериментов с аварийными режимами работы электросетей и электрооборудования*

Для инициирования горения в результате короткого замыкания (КЗ) использовалась комната площадью 18 м<sup>2</sup> и высотой 2,1 м.

Для наглядности эксперимента было принято решение установить возле одной из стен комнаты новогоднюю ель высотой 1,8 м, изготовленную из искусственных материалов. Стена оклеена бумажными обоями. В качестве украшений был использован «новогодний дождь» из полимерной плёнки, новогодняя мишура, ёлочные шары. В качестве праздничной подсветки использована электрическая гирлянда с лампами накаливания, рассчитанными на электрическое напряжение 12 В. Электропитание гирлянды предусмотрено через преобразовательный блок питания от бытовой сети напряжением 220 В. Основание ёлки было украшено хлопковой ватой. На участке в непосредственной близости к блоку питания гирлянды, в районе основания ели, токопроводящие жилы шнура питания были заранее оголены, имитируя механическое повреждение, полученное при небрежной эксплуатации. Участок шнура с повреждённой изоляцией был расположен ниже ветвей ели на расстоянии около 10 см и обложен ватой. Вещная обстановка представлена на рис. 2.

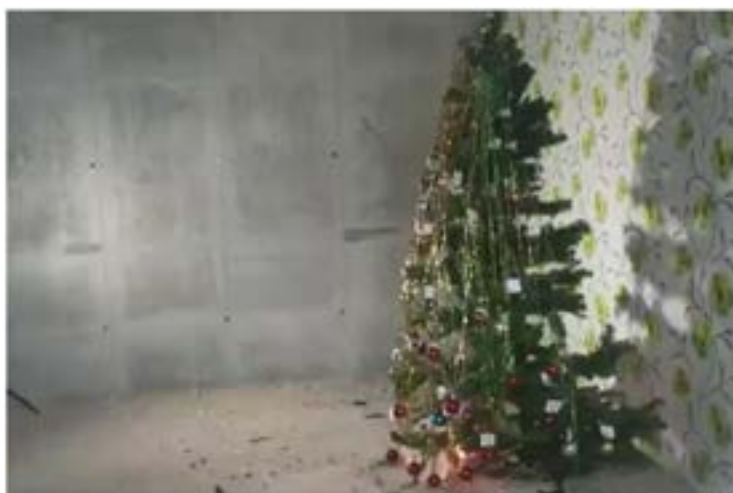


Рис. 2. Вещная обстановка, использованная для эксперимента по инициированию горения в результате короткого замыкания

В начале эксперимента, шнур питания гирлянды был включен в электрическую сеть. В момент включения, в месте повреждения изоляции произошло короткое замыкание между двумя токопроводящими жилами, сопровождающееся яркой вспышкой. На второй секунде от момента включения появилось пламенное горение. На четвертой секунде после начала эксперимента в комнате ощущался устойчивый запах горячей изоляции и горящего синтетического материала. Уже на десятой секунде от короткого замыкания ель практически на всю высоту была объята пламенным горением. Происходило обильное дымообразование с концентрацией дыма в верхней части комнаты. На двадцать первой секунде пламенное горение происходило по всей площади ели, задымление наблюдалось по всему объёму комнаты. Однако, незначительная видимость всё же сохранялась (рис. 3). На сорок первой секунде от начала проведения эксперимента плотность дыма в комнате привела к полной потери видимости, температура воздуха в районе выхода из помещения на уровне 1,5 м от пола достигла 470 °С. Следует отметить тот факт, что процесс развития горения и дымообразования был настолько скоротечен, что даже опытные сотрудники противопожарной службы немного замешкались, так как были быстро дезориентированы в плотном ядовитом дыму.



Рис. 3. Пламенное горение ели на двадцать первой секунде от возникновения КЗ

Таким образом, в результате проведённого эксперимента инициирования горения при аварийной работе электропроводки, сопровождающейся коротким замыканием, в бытовой обстановке жилого помещения, было установлено:

- Непосредственно сразу после КЗ в воздухе появился устойчивый запах горячей изоляции и горящих синтетических горючих материалов, началось дымообразование и появилось пламя.
- Процесс горения и обильного дымообразования развивается настолько быстро, что неподготовленный (а впрочем и подготовленный) человек в силу фактора неожиданности, может оказаться неспособным своевременно среагировать и принять необходимые и достаточные меры, направленные на свою эвакуацию, а тем более ликвидацию возникшего горения.
- Учитывая тот факт, что как правило, горение обнаруживается не сразу, а спустя какое-то время, буквально через 40-45 секунд от возникновения горения у человека не эвакуировавшегося из помещения, где возникло горение, практически не остаётся шансов на спасение.
- Основным опасным фактором пожара, в результате которого возможно наступление трагических последствий для человека, будет являться ядовитый плотный дым.

В целях проведения эксперимента с инициированием горения теплом электрического тока в контактных соединениях с большим переходным сопротивлением (БПС) была обустроена комната с воссозданной бытовой домашней обстановкой общей площадью 16 м<sup>2</sup> и высотой 2,1 м. Вещная обстановка представлена на рис. 4.



Рис. 4. Вещная обстановка, созданная для проведения эксперимента с инициированием горения теплом электрического тока в контактных соединениях с большим переходным сопротивлением (БПС)

В качестве электроприбора, при аварийной работе которого инициировалось горение, применялся удлинитель-переходник с сетевым фильтром на 6 пар контактных гнезд для штепсельных вилок. Для моделирования условия возникновения БПС контактные пластины с гнездами для штифтов, а также сами контактные штифты подключаемых штепсельных вилок электроприборов были специальным образом деформированы, для достижения минимальной площади контакта, и, как следствие - возникновения большого переходного сопротивления в месте контакта. Удлинитель-переходник намеренно был установлен в непосредственной близости к креслу с тканевой обшивкой. Удлинитель-переходник с подключёнными нагрузками в виде бытовых электроприборов был подключён к электрической сети. В качестве нагрузки были применены электротехнические приборы в виде светильника с тремя лампами накаливания по 100 Вт каждая, а также электрообогреватель, включённый на максимальную потребляемую мощность 2 кВт. В первые 22 минуты никаких явно выраженных явлений, различимых человеческим глазом, не происходило. Электротехнические приборы работали в штатном режиме. На 24-й минуте от начала эксперимента в районе одной из штепсельной вилок (электрообогревателя) появился едва различимый дым, исходящий от удлинителя-переходника. В течение примерно 7 минут интенсивность дымообразования увеличивалась, в воздухе появился устойчивый запах горящей пластмассы. На 33-й минуте от начала эксперимента плотность дыма в комнате была значительная, дым концентрировался в верхней части комнаты. На 34-й минуте от начала эксперимента возникло пламенное горение пластмассового корпуса удлинителя-переходника, и, практически мгновенно распространилось на мягкую обшивку кресла. В воздухе дополнительно появился различимый запах горящего синтетического материала. На 37-й минуте от начала эксперимента пламенное горение обшивки кресла продолжалось, комната задымлена, но видимость сохранялась (рис. 5). На 38-й минуте сотрудники противопожарной службы приступили к тушению кресла. При извлечении удлинителя-переходника из очаговой зоны после ликвидации горения на нём чётко различались локальные термические повреждения пластмассового корпуса, имеющие следы термического воздействия изнутри.



Рис. 5. Открытое пламенное горение, наблюдаемое через 37 минут от начала эксперимента

Таким образом, в результате проведённого эксперимента по инициированию горения по причине аварийной работы электроприбора при большом переходном сопротивлении в бытовой обстановке жилого помещения, было установлено:

- Процесс БПС, как аварийный режим работы, достаточно растянут во времени. Продолжительное время этот процесс протекает без явных различимых признаков. Одним из первых различимых признаков, ещё задолго до появления пламенного горения, будут появление дыма и (или) запаха горящей пластмассы. Данное обстоятельство позволяет своевременно обнаружить этот процесс и принять необходимые и достаточные меры по предотвращению возможного горения.
- Процессы горения и обильного дымообразования развиваются относительно продолжительное время, настолько, что взрослый человек, вполне способен своевременно среагировать и принять необходимые и достаточные меры, направленные на своевременную эвакуацию и (или) ликвидацию горения. Исключением из этого конечно будет если человек не способен передвигаться самостоятельно или на момент возникновения аварийного пожароопасного режима находится в состоянии сна либо в состоянии алкогольного (наркотического) опьянения.

- Время возникновения и скорость распространения пламенного горения, так же как и интенсивность дымообразования при БПС, напрямую зависит от характеристик материалов, находящихся в контакте и (или) в непосредственной близости от электротехнического изделия.
- Опасными факторами пожара, в результате которых возможно наступление трагических последствий для человека, будет являться как дым, ограничивающий запас кислорода, так и пламенное горение, создающее повышенную температуру в помещении, поражающая способность которых наступает примерно в одно время.

В целях проведения эксперимента с иницированием горения при токовой перегрузки была использована комната, в которой поводился эксперимент с БПС. В качестве электротехнического изделия, при аварийной работе которого иницировалось горение, применялся медный двухжильный электропровод, закреплённый на стене оклеенной обоями на высоте около 70 см от верхней части спинки мягкого дивана, установленного вдоль указанной стены.

Каждая медная жила электропровода состоит из одной проволоки сечением 1,5 мм<sup>2</sup>. Таким образом, в соответствии с ПУЭ [2] допустимый длительный ток для данного электропровода составляет 19 А с напряжением в сети 220 В. Токовая перегрузка в данном электропроводе создавалась при помощи сварочного аппарата.

В начале эксперимента на электропровод при помощи сварочного аппарата был подан ток 60 А. Никаких видимых изменений в проводе не происходило. Ток увеличили до 80 А. Появился запах горелой изоляции. На отдельных участках электропровода изоляция начала плавиться, появилось стабильное дымообразование.

После увеличения тока до 100 А изоляция начала плавиться по всей длине провода и через пару секунд изоляция вспыхнула пламенным горением. После прекращения подачи электрического тока горение изоляции на отдельных участках продолжалось. Горящая изоляция начала капать вниз на домашние вещи. В результате попадания капель горячей изоляции образовались очаги тления на спинке дивана (рис. 6).



*Рис. 6. Поврежденная изоляция электропровода в результате токовой перегрузки и локальные участки тления на спинке дивана от упавших горящих капель изоляции электропровода*

Таким образом, в результате проведённого эксперимента по иницированию горения по причине аварийной работы электропровода в режиме токовой перегрузки в бытовой обстановке жилого помещения, было установлено:

- Процесс токовой перегрузки, как аварийный режим работы, является пожароопасным и зависит от величины токовой перегрузки. Данное обстоятельство позволяет человеку своевременно принять меры для дальнейшего его протекания и возможного возникновения пожара.
- Возникновению пламенного горения предшествует появление устойчивого запаха горелой изоляции и дыма, при обнаружении которых взрослый человек, вполне способен своевременно и оптимально среагировать и принять необходимые и достаточные меры, направленные на предотвращение возможного загорания путём отключения электричества на участке электросети, подверженного токовой перегрузки.
- Отдельная опасность токовой перегрузки исходит из того, что одновременно пожароопасные процессы происходят на всём перегруженном участке, а это может быть довольно протяжённая зона с зажигательной способностью.

- Возможное развитие последствий для человека, находящегося в помещении, в котором в электрической сети возник пожароопасный аварийный режим работы в виде токовой перегрузки довольно сложно предсказать, так как развитие горения в этом случае будет зависеть от совокупности множества факторов, таких как: место и способ расположения перегруженного участка, кратность перегрузки, наличие горючих материалов в очаговой зоне, возможность своевременного обесточивания участка электросети, технические характеристики перегруженного участка и других не менее важных факторов. Очевидно, что спрогнозировать и предсказать возможное развитие событий в данном случае не представится возможным даже специалисту с большим опытом работы.
- Опасными факторами пожара, в результате которых возможно наступление трагических последствий для человека, будет являться как едкий дым, ограничивающий запас кислорода, так и открытое пламенное горение, создающее повышенную температуру в помещении, поражающая способность которых наступает примерно в одно время.

Проведенные эксперименты позволили достоверно оценить зажигательную способность данных пожароопасных процессов, особенности возникновения горения и развития пожара по их причине. Проведенная работа позволила создать видеоролики с целью наглядной демонстрации населению с чего могут начинаться бытовые пожары и к каким последствиям они могут привести. Видеоролики демонстрировались в начале 2020 года по телевидению на территории Красноярского края и были размещены в интернете на популярном видео хостинге «YouTube».

### Литература

1. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России): [Электронный ресурс] // Официальный портал. URL: <http://www.mchs.gov.ru> (Дата обращения: 20.06.2020).
2. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 1999-2005.