

Научная статья
УДК 614.841
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.26.29.019

Исследование пожарной опасности современных электронагревательных приборов

Александр Сергеевич Горбунов¹
Александр Александрович Богданов²
Эдуард Анасович Сагиров³
Карина Андреевна Кузнецова⁴

^{1,2}Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия,

³Санкт-петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

⁴Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Россия

¹<https://orcid.org/0000-0002-1971-3436>

Автор ответственный за переписку: Александр Сергеевич Горбунов, gorbunovgps@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований пожарной опасности современных электронагревательных приборов. Одной из самой распространённой причины пожара является нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования. Современные электронагревательные приборы имеют ряд защит от аварийных пожароопасных режимов работы электрооборудования. Однако согласно статистике, пожары по данной причине происходят. Таким образом, целесообразно провести исследования пожароопасности приборов, а также проанализировать существующие требования пожарной безопасности к эксплуатации электронагревательных приборов.

Ключевые слова: электронагревательный прибор, пожарная опасность, аварийный режим работы, пожар, причина пожаров

Для цитирования: Горбунов А.С., Богданов А.А., Сагиров Э.А., Кузнецова К.А. Исследование пожарной опасности современных электронагревательных приборов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 1 (32). С. 183-191. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.26.29.019>

Investigation of the fire hazard of modern electric heating devices

Alexander S. Gorbunov¹
Alexander A. Bogdanov²
Eduard A. Sagirov³
Karina A. Kuzneczova⁴

^{1,2}Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia,

³Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russia

⁴Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh, Russia

¹<https://orcid.org/0000-0002-1971-3436>

Corresponding author: Alexander S. Gorbunov, gorbunovgps@mail.ru

Abstract. The article presents the results of research on the fire hazard of modern electric heating devices. One of the most common causes of fire is a violation of the rules for the installation and operation of electrical equipment. Modern electric heating devices have a number of protections against emergency fire-hazardous modes of operation of electrical equipment. However, according to statistics, fires occur for this reason. Thus, it is advisable to conduct research on the fire hazard of devices, as well as analyze the existing fire safety requirements for the operation of electric heaters.

Keywords: electric heating device, fire hazard, emergency operation, fire, cause of fires

For citation: Gorbunov A.S., Bogdanov A.A., Sagiroy E.A., Kuzneczova K.A. Investigation of fire hazard of modern electric heating devices // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2024. № 1 (32). P. 183-191. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.26.29.019>

Введение.

Современная жизнь немыслима без электроприборов, эти устройства стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни и давно уже представляют собой не просто удобство, а неотъемлемую часть быта. Особенно важно, чтобы бытовая техника была надежной и простой в использовании, поэтому производители стараются создавать инновационные и практичные устройства. Кроме того, существуют приборы, которые имеют дополнительные функции, такие как интеллектуальные мультиварки или смарт телевизоры с доступом в Интернет. Безусловно, все эти приборы имеют свой вклад в повышении комфорта и улучшении качества жизни, поэтому они становятся все более важными для нашего быта. Однако данная функция подразумевает дистанционное управление и оставление рабочего прибора без присмотра, что в свою очередь повышает пожарную опасность.

Безусловно, основной фактор, который отличает дорогую бытовую технику от более дешевых моделей, это качество используемых материалов и компонентов, которые обеспечивают более высокую надежность и долговечность приборов. Дорогостоящие приборы, как правило, имеют более высокую максимально-допустимую мощность, а также более длительный срок эксплуатации и предоставляемый гарантийный срок.

Дополнительные функции и узлы инновационной конструкции также могут повлиять на стоимость прибора, так как разработка и производство таких устройств требует дополнительных затрат на исследования и разработки. Кроме того, популярность торговой марки, а также затраты на маркетинг и рекламу продвигаемого товара, также могут оказывать влияние на конечную стоимость прибора. Однако, как правило, репутация знаменитых производителей бытовой техники является гарантией высокого качества, надежности и долговечности продуктов, что также может быть причиной повышения стоимости.

Наряду с преимущественными удобствами также имеется другая сторона вопроса, а именно пожарная опасность. Исходя из того, что электронагревательные приборы работают по принципу нагрева каких-либо веществ, материалов или воздуха, такие приборы могут представлять пожарную опасность при их неправильной эксплуатации и по многим другим причинам, которые разбираются в данной работе. Поэтому разбор темы об опасности бытовых электронагревательных приборов достаточно актуальна из-за опасности, которую они представляют для человека в современных условиях.

Согласно статистическим данным, представленным в сборнике [1], одной из наиболее распространенных причин пожаров является «Нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования». Только за 2022 год произошло 58278 пожаров. Показатель по данной причине за пять лет ежегодно составляет 40-50 тысяч пожаров. Также наблюдается существенный рост по данной причине пожара, за пять лет рост составляет 16515 пожаров. На втором месте и смертность по данной причине пожара за 2022 год погибло 2058 человек, за 2021 год погибло 2325 человек, а за 2020 год погибло 1879 человек.

Существенный рост количества пожаров наблюдается от бытовых электронагревательных приборов и электронагревательных приборов. Так в 2018 году было 2581 пожар, а в 2022 году 5963 пожара, ежегодный прирост в 2018 по 2021 годах в динамике составляет в среднем 400 пожаров. Однако в 2022 году имеется резкий рост пожаров по причине нарушении правил эксплуатации электронагревательных приборов по сравнению с 2021 годом в 1,8 раз.

По причине технологического развития электронагревательных приборов и увеличения количества пожаров и последствий от них, было принято решение провести исследование пожарной опасности современных электронагревательных приборов.

Объекты исследования.

Образец № 1 представляет собой электрочайник. Электрочайник является одним из самых распространенных бытовых приборов, предназначенных для быстрого нагрева воды (Рис. 1).



Рис 1. Электрочайник

Жидкость, которая находится внутри чайника нагревается от нагревательного элемента за счет теплообмена между нагревательным элементом и защищающим его материалом, который плотно защищает от попадания в него воды. Отключение нагревательного элемента происходит при большом выделении пара, который поступает через специальный канал к биметаллической пластине, находящейся в нижней части электрочайника, которая от нагрева изгибается и размыкает контакт, ТЭН не нагревается [2].

Биметаллическая пластина сделана из двух разных металлов. Каждый из них имеет свою величину коэффициента температурного расширения. В результате нагрева биметаллической пластины один из компонентов расширяется на определенную величину, а второй компонент на другую величину. Расширение и приводит к изгибу, форма изгиба которого зависит от разности температурных коэффициентов материала. Момент изгиба и его скорость прямо пропорционально изменению температуры. При снижении температуры пластины она принимает исходное состояние [2].

Образец № 2 – электрический утюг (Рис. 2). Когда утюг включен, нагревательный элемент нагревает плоскую поверхность утюга до определенной температуры. Вода в резервуаре утюга подается в отверстия в подошве утюга и нагревается до превращения в пар и выходит через эти отверстия. Утюг может иметь различные режимы работы, которые позволяют настроить температуру и количество пара в зависимости от типа ткани.



Рис 2. Электроутюг

Образец № 3 – тепловентилятор спиральный (Рис. 3). Работает на основе принципа конвекции, то есть перемещения воздуха, который нагревается при контакте с нагревательным элементом.



Рис 3. Тепловентилятор

Мощность исследуемого тепловентилятора 2000 Вт [3]. Кроме того, некоторые модели тепловентиляторов могут иметь дополнительные функции, такие как регулировка температуры, наличие таймера и пульта дистанционного управления.

Метод исследования.

Далее был произведен разбор и проведен анализ внутреннего устройства образцов. Все образцы имели системы защиты от перегрева и аварийных режимов работы.

Один из таких механизмов для образца № 1 – это термостат, который автоматически выключает электрочайник, когда температура достигает определенного уровня. Также основным механизмом защиты от перегрева является биметаллическая пластина принцип работы, которой описан в [2]. Также есть термопредохранители, которые выключают устройство при определенной температуре или при превышении допустимого тока. Защита от нагревания без воды – эта функция препятствует использовать электрочайник, когда в нем нет воды. Если

включить электрочайник без воды, нагревательный элемент может перегреться, что приведет к повреждению.

Образцы № 2 и № 3 имеют автоматический выключатель терморегулятор. Это устройство реагирует на изменение температуры системы вентиляции и автоматически отключает питание при заданной температуре.

Существует также устройство, известное как датчик температуры в современных приборах. Он расположен на поверхности теплового вентилятора и изменяет на выходе его температуру. При заданном уровне температуры датчик сигнализирует системе о большом нагреве воздуха, выходящие за пределы заданной температуры и обесточивает тепловой вентилятор, тем самым предотвращая перегрев устройства.

Также в некоторых моделях тепловентиляторов встроена система отключения при опрокидывании, что в свою очередь делает тепловой вентилятор безопаснее. Данная система не включает тепловой вентилятор пока он не будет установлен на ровную плоскую поверхность либо не будет поднят при опрокидывании.

Создавая условия при которых биметаллическая пластина может не сработать применяется метод зажима пластины, чтобы та не выгибалась для разрыва контактов, для этого применяется гвоздь для декоративных деталей размером 1 см. Гвоздь вставляется между пластиной и корпусом, тем самым блокируя ее рабочий ход (Рис. 4) [4].

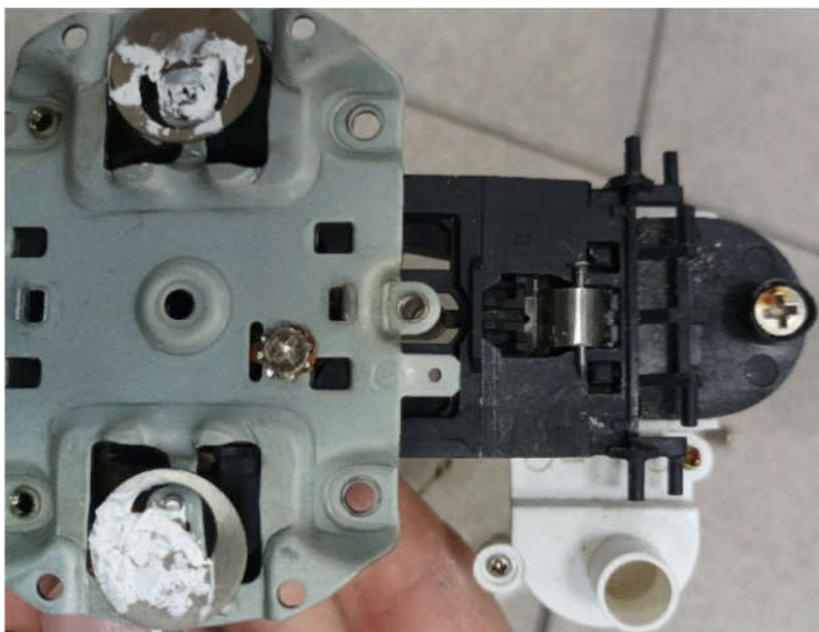


Рис 4. Блокирование биметаллической пластины

Для того, чтобы спровоцировать аварийный режим образца № 2 необходимо обойти две системы защиты.

Чтобы обойти систему термозащиты необходимо его просто отключить, путем зацепа контактов напрямую к контактам спирального нагревательного элемента (Рис. 5). Обходя вторую систему защиты, необходимо замкнуть контакт терморегулятора напрямую, для того чтобы при достижении максимальной температуры нагревательного элемента, терморегулятор не отключил питание. Замыкание происходит посредством блокирования пластины саморезом, чтобы она не возвращалась в исходное положение (Рис. 5) [4].

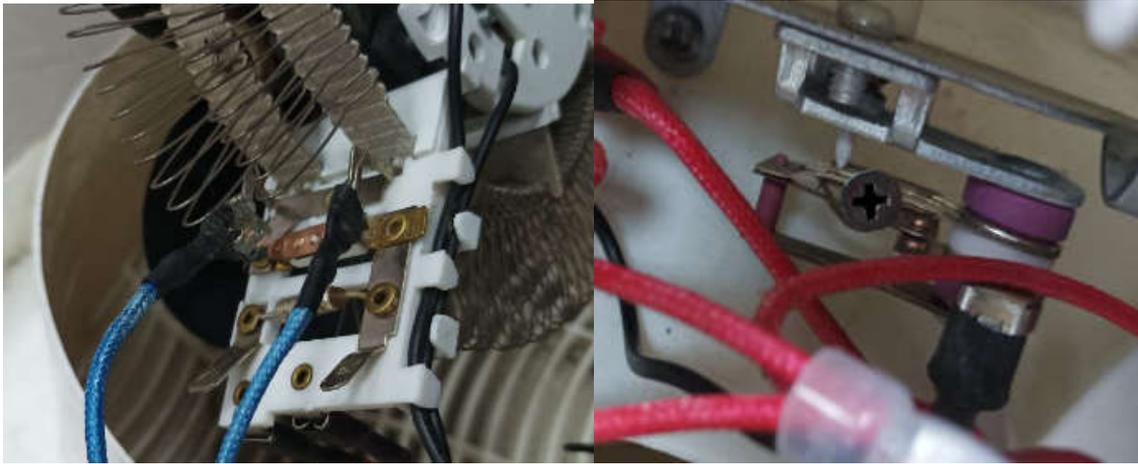


Рис 5. Подключение нагревательной спирали и блокирование биметаллической пластине

Для создания аварийного режима электроутюга необходимо обойти систему защиты от перегрева посредством соединения контактов питания ТЭНа напрямую, без использования терморегулятора в контуре. Подключение напрямую осуществляется оголенными жилами медных проводов сечением 1.5 мм (Рис. 6) [4].



Рис 6. Обход терморегулятора

Далее было произведено подключение образцов к электрической сети.

Результаты исследований.

В результате подключения электросети образец № 1 начал нагреваться. После 60 секунд работы электроутюга из нижней части начал выходить дым белого цвета в небольших количествах. После 80 секунд работы электроутюга, по внешним признакам в нижней части прибора наблюдается покраснение ТЭНа, также продолжается выделение продуктов термического разложения в виде белого дыма, горения не наблюдается. После 87 с работы электроутюга, произошло короткое замыкание с последующим выводом из строя ТЭНа. Характерными признаками короткого замыкания были: яркие вспышки, выброс мелких частиц расплавленного металла, локальность пробоя ТЭНа, сквозные прожоги ТЭНа (Рис. 7).



Рис 9. Признаки короткого замыкания электрочайника

Установлено, что на 90 с опыта наблюдалось пламенное горение во внутреннем объеме электрочайника в виде неустойчивого пламенного горения продолжительностью около 10 с с последующим затуханием [4].

При исследовании образца № 2 обнаружено, что после 60 с от начала проведения опыта, подошва электроутюга нагрелась до 250 °С, преимущественно нагрев происходит в центральной части подошвы. После 163 с от начала проведения опыта, подошва электрочайника нагрелась до 400 °С, при данной температуре, преимущественно нагрев происходит по всей части подошвы электроутюга, за исключением ее нижней части, поскольку в нижней части ТЭН не располагается. Также наблюдается продукты температурного разложения в виде небольшой концентрации дыма белого цвета. После 251 с от начала проведения опыта, температура поверхности подошвы электроутюга достигла 472 °С, языки пламени приняли устойчивую динамику и активно вырываются наружу, корпус электроутюга имеет значительные повреждения в виде оплавлений. После 258 с от начала проведения опыта наблюдается открытый электродуговой разряд, произошедший вследствие разгерметизации поверхности подошвы и оболочек защиты ТЭНа, сопровождающийся выбросом раскалённых искр, яркой вспышкой и характерным звуком [4]. При этом, длительность разряда происходила в течении 3-3,5 с (Рис. 8).



Рис 8. Горение образца электроутюга

После 67 с от момента включения образца № 3, во внутреннем объеме тепловентилятора наблюдается пламенное горение, которое в последующем не прекращается на всем протяжении опыта. После 95 с от начала проведения исследования, во внутреннем объеме тепловентилятора наблюдается короткое замыкание в виде вспышки света и характерного звука по типу хлопка.

Также во внутреннем объеме тепловентилятора наблюдается частичное термическое оплавление корпуса. После 152 с от начала проведения исследования, корпус тепловентилятора полностью потерял свои свойства жесткости и полностью разрушается от термических повреждений. Пламенное горение в это время уже представляет устойчивое неконтролируемое горение, которое в последствии может привести к возникновению пожара (Рис. 9) [4].



Рис 9. Пламенное горение тепловентилятора

Обсуждение.

Особенности проведения исследования пожарной опасности электронагревательных приборов рассмотрено в работах [5-8].

Особенность данного исследования заключалась в том, что на примере различных приборов по функциональному назначению, продемонстрирована вероятность возникновения горения при аварийном режиме работы. Данный режим может наступить только при условиях нерабочей системы защиты от перегрева.

Установлено, что на нарушение работы системы защиты электроприбора оказывают влияние проведение самостоятельного и неквалифицированного ремонта, заводской брак, некачественное производство с целью выгоды, механические повреждения.

Также стоит отметить, что показатели горючести материалов оказывают существенное влияние на пожарную опасность электроприборов. Следует отметить, что п. 35 правил противопожарного режима в РФ запрещено использование электронагревательных приборов при отсутствии или неисправности систем защиты, предусмотренных конструкцией. Не следует также оставлять без присмотра включенные электронагревательные приборы.

Дополнительно необходимо добавить, что размещать электроприборы следует на негорючее основание. Все электронагревательные приборы должны проходить сертификацию, также следует обратить внимание на горючесть материалов, используемых в приборах.

Заключение.

С целью демонстрации особенностей функционирования современных элементов защиты электроприборов были исследованы несколько типовых электронагревательных приборов: электрочайник, тепловентилятор и электроутюг. Каждый из приборов имел элемент защиты от перегрева для обеспечения недопустимости перехода от нормального режима работы в нормальных условиях в аварийный режим работы. Были проведены испытания каждого образца исследуемого электроприбора. Показано, что электронагревательные приборы представляют серьезную пожарную опасность, что подтверждается статистикой пожаров.

Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.- аналитич. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.
2. Биметаллическая пластина: устройство, принцип действия, практическое применение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fb.ru/article/295800/bimetallicheskaya-plastina-ustroystvo-printsip-deystviya-prakticheskoe-primenenie> (дата доступа 05.02.2024).
3. Kingstone_manual_FH-801_2006.cdr [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spb.premier-techno.ru/upload/iblock/e0e/e0ec881da29b285422ce5120aa8f65eb.pdf> (дата доступа 05.02.2024).
4. Шерстов П. А. Исследование аварийных режимов работы бытовых электронагревательных приборов в целях пожарно-технической экспертизы // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности. – 2023. – С. 219-222.
5. Плотникова Г. В. и др. Исследование зажигательной способности электронагревательных приборов // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. – 2011. – №. 4. – С. 83-93.
6. Галимов А. Р., Аксенов С. Г. К вопросу о пожарной безопасности электронагревательных приборов // E-Scio. – 2022. – №. 11 (74). – С. 358-363..
7. Spencer R. A., Kerkhoff T. Analysis of electric fires. – Charles K. Thomas Publishing House, 2010.
8. Babrauskas V. Electrical fires // SFPE handbook of fire protection engineering. – 2016. – С. 662-704.

References

1. Fires and fire safety in 2022: inform.- analytical collection of Balashikha: Federal State Budgetary Institution VNIPO of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2023. 80 p.
2. Bimetallic plate: device, principle of operation, practical application [Electronic resource]. – Access mode: <https://fb.ru/article/295800/bimetallicheskaya-plastina-ustroystvo-printsip-deystviya-prakticheskoe-primenenie> (release date 02/05/2024).
3. Kingstone_manual_FH-801_2006.cdr [Electronic resource]. – Access mode: <https://spb.premier-techno.ru/upload/iblock/e0e/e0ec881da29b285422ce5120aa8f65eb.pdf> (release date 02/05/2024).
4. Sherstov P. A. Investigation of emergency modes of operation of household electric heaters for the purpose of fire-technical expertise // Young scientists in solving urgent security problems. – 2023. – pp. 219-222.
5. Plotnikova G. V. et al. Investigation of the incendiary ability of electric heating devices // Bulletin of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. - 2011. – No. 4. – pp. 83-93.
6. Galimov A. R., Aksenov S. G. On the issue of fire safety-news of electric heating devices // E-Scio. – 2022. – №. 11 (74). – Pp. 358-363..
7. Spencer R. A., Kerkhoff T. Analysis of electric fires. – Charles K. Thomas Publishing House, 2010.
8. Babrauskas V. Electric fires // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. - 2016. – pp. 662-704.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакция 04.03.2024; одобрена после рецензирования 15.03.2024; принята к публикации 21.03.2024.

The article was submitted 04.03.2024, approved after reviewing 15.03.2024, accepted for publication 21.03.2024.