

возможность образования взрывоопасных смесей в помещении и определить время достижения опасных концентраций как в объеме всего помещения, так и в локальных зонах загазованности.

**ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРАХУНКОВОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ
ВИБУХІВ У ПРИМІЩЕННЯХ ПРИ ПРОВЕДЕННІ СУДОВОЇ ПОЖЕЖНО-
ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ**

О. В. Тарахно, В. М. Сирих, Р. В. Тарахно

Визначено можливість утворення вибухонебезпечних сумішей і час досягнення небезпечних концентрацій як в об'ємі всього приміщення, так і в локальних зонах загазованості з урахуванням газообміну в приміщенні.

**THE APPLICATION OF THE CALCULATION METHOD IN EXAMINING
EXPLOSIONS WITHIN PREMISES WHILE CONDUCTING FORENSIC FIRE
AND TECHNICAL EXAMINATION**

Y. V. Tarakhno, V. N. Syrykh, R. V. Tarakhno

The article defines the possibility of forming explosive mixtures and the time of reaching the level of dangerous concentrations both in the premises on the whole and in local areas of high gas concentration taking into account the gas exchange effect in the premises.

УДК 343.346.12:614.841

Д. П. Сарюгло, заведуючий сектором
Київського НІИСЭ

**ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРМОЗНОЙ
СИСТЕМЫ И СЦЕПЛЕНИЯ КАК ПРИЧИНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ПОЖАРА НА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ**

Рассмотрены методы установления причины возникновения пожара на движущемся автотранспортном средстве в связи с перегревом рабочих поверхностей их тормозных механизмов и сцепления. Даны рекомендации по исследованию тормозных механизмов и сцепления автотранспортных средств относительно их причастности к возникновению пожара.

По месту возникновения пожаров незначительный процент занимает ходовая часть автотранспортных средств (АТС), куда входят тормозная система и сцепление. Для легковых автомобилей это составляет 3 %, а для грузовых – порядка 5 %¹.

Практика показывает, что, несмотря на невысокий процент возникновения пожаров на АТС в связи с неисправностями в элементах трансмиссии

¹ См.: Исхаков Х. И. Пожарная безопасность автомобиля / Х. И. Исхаков, А. В. Пахомов, Я. Н. Каминский. — М. : Транспорт, 1987. — 86 с.

и тормозных системах, все же возникает необходимость в их исследовании, с целью определения их причастности к возникновению пожара. В литературных источниках¹ описывается случай из следственной практики, когда на автобусе в результате неисправности в тормозном механизме задних колес возник пожар, который привел к полному отказу рабочей тормозной системы и опрокидыванию автобуса. Отсутствие постоянной потребности в проведении такого рода исследований привело к тому, что до настоящего времени отсутствуют публикации, в которых бы предлагались рекомендации по исследованию механических систем автомобиля при определении причины пожара. В связи с этим рассмотрим работу отдельных элементов тормозной системы и сцепления АТС с точки зрения их пожарной опасности; отметим основные признаки, указывающие на пожароопасные режимы их работы; приведем в качестве рекомендаций сложившуюся в экспертной практике последовательность исследования при определении их причастности к возникновению пожара.

При изложении особенностей исследования тормозной системы и сцепления автомобиля рассмотрим только те узлы, которые при определенных условиях работы становятся пожароопасными. В тормозной системе это тормозные механизмы, в сцеплении – узел передачи крутящего момента от двигателя на коробку передач. Общим для указанных узлов является наличие фрикционного материала, обеспечивающего в первом случае необходимый режим трения рабочих поверхностей, а во втором – требуемое качество сцепления. При буксовании сцепления процесс выделения тепла аналогичен трущимся поверхностям тормозов. Не останавливаясь подробно на описании их конструкций², рассмотрим возможные тепловые режимы работы наиболее распространенных фрикционных тормозных механизмов и сцепления автомобилей.

Тормозные механизмы. Из всего многообразия тормозных устройств на легковых автомобилях, автобусах и грузовых автомобилях широко применяются барабанно-колодочные и дисково-колодочные тормоза. В барабанно-колодочных тормозах рабочим элементом является колодка, взаимодействующая с внутренней поверхностью тормозного барабана, а в дисковых – сегментные колодки с целым диском.

К тормозным устройствам АТС наряду с требованиями высокой надежности и стабильности действия предъявляются и такие требования, чтобы температура поверхности трения не превышала предельную, установленную для устройства этого типа при данном фрикционном материале.

Показатели качества тормозных механизмов АТС определяются в основном конструктивным исполнением узла трения и оптимальным сочетанием

¹ См.: Качанов А. Я. Расследование уголовных дел о пожарах : пособ. / А. Я. Качанов, В. Н. Кабанов. — М. : ВНИИ МВД СССР, 1987. — 95 с. — (Библиотека следователя); Шиканов В. И. Об опыте производства комплексной экспертизы / В. И. Шиканов // Следственная практика. — М. : Юрид. лит.-ра, 1971. — № 89.

² См. Осепчугов В. В. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета / В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. — М.: Машиностроение, 1989. — 304 с.; Тормозные устройства : справочник / [М. П. Александров, Л. Г. Лысяков, В. Н. Федосеев, М. В. Новожилов]; под общ. ред. М. П. Александрова. — М. : Машиностроение, 1985. — 312 с.

фрикционной пары. На тормозные колодки закрепляются фрикционные накладки, изготовленные из специальных материалов с повышенными фрикционными свойствами, которые обеспечивают стабильный тормозной момент. Фрикционные материалы имеют стабильный коэффициент трения, заданные механические и теплофизические свойства, обладают достаточной механической прочностью и огнестойкостью.

Теплофизические свойства пары трения тормоза определяются в основном теплоемкостью и теплопроводностью материалов. Теплоемкость способствует снижению температуры пары трения за счет поглощения теплоты, а теплопроводность – за счет переноса теплоты от поверхности трения вглубь материала и далее к поверхности охлаждения. Тепловой режим барабанных тормозов является достаточно напряженным. Например, температура поверхности трения тормозов грузовых автомобилей марки ГАЗ, ЗИЛ, МАЗ, КраЗ часто превышает допустимую $T_{доп} = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ¹.

В процессе эксплуатации барабанного колодочного тормоза, особенно в условиях эксплуатации на дорогах с пересеченной местностью, температура на наружной поверхности тормозного барабана может превышать $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура на элементах тормозного механизма и колеса (под буртом шины) при продолжительном тепловыделении выше допустимого на фрикционных парах может достигнуть величины самовоспламенения резины $T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Дисково-колодочные тормоза АТС характеризуются очень малым отношением номинальной площади фрикционных накладок к номинальной площади поверхности трения тормозного диска, называемым коэффициентом взаимного перекрытия элементов фрикционной пары ($K_{\text{кр}} = 0,05\text{--}0,20$). В процессе торможения до 95 % поверхности трения тормозного диска периодически выходит из контакта с фрикционными накладками и свободно омывается окружающим воздухом. Удельная энергоемкость дисково-колодочных тормозов выше удельной энергоемкости барабанно-колодочных в четыре раза и поэтому они менее пожароопасны.

На АТС с гидравлическим приводом тормозных механизмов часто применяются тормозные жидкости марки БСК (спиртокасторовая) и «Нева» (гликолевая), которые соответственно относятся к ГЖ и ЛВЖ. У тормозной жидкости БСК температура самовоспламенения $T_{\text{самов}} = 345\text{ }^{\circ}\text{C}$, у тормозной жидкости «Нева» – $T_{\text{самов}} = 224\text{ }^{\circ}\text{C}$ ². Поэтому при попадании тормозной жидкости на сильно нагретые рабочие поверхности тормозных механизмов могут создаваться реальные условия для ее воспламенения.

На формирование температурного поля на элементах колесного тормоза основное влияние оказывают температурные параметры трения фрикционной пары. Эти параметры можно определить путем расчета с использованием системы уравнений тепловой динамики трения³. В выражениях для

¹ См. Вольченко А. И. Барабанно-колодочные тормозные устройства / А. И. Вольченко, Ю. С. Замора. — Львов : Вища шк., 1980. — 191 с.

² См. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их пожаротушения : справ. изд. : в 2-х кн. / [А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др.]. — М. : Химия, 1990.

³ См. Трение, изнашивание и смазка : справочник : в 2-х кн. / под ред. И. В. Крагельского и В. В. Анисина. — М. : Машиностроение, 1979.

расчета температур пары трения учитывают реальные законы изменения мощности и работы трения. На основе расчета температур можно определить среднюю поверхностную температуру на ободе колеса. Если расчетные значения температур выше допустимых, то это указывает на недостаточную площадь трения, недостаточную толщину пары трения, на применение материалов с недостаточной теплоемкостью и теплопроводностью, на недостаточно эффективные конструктивные меры принудительного охлаждения фрикционной пары тормоза. Окончательные сведения о тепловом режиме узла трения тормоза АТС могут быть получены только по результатам всесторонних лабораторных, стендовых и по возможности эксплуатационных испытаний.

Неисправности, вызывающие перегрев рабочих поверхностей тормозных механизмов. Анализ случаев возникновения пожаров на АТС в связи с перегревом рабочих поверхностей тормозных элементов показал, что перегреву тормозов могут способствовать следующие основные неисправности:

— нарушение регулировки в элементах и узлах системы, которые обеспечивают нормальный воздушный зазор на всех колесах между фрикционными поверхностями (между тормозными накладками и барабаном или диском);

— неполное растормаживание тормозных механизмов;

— механическое разрушение трущихся поверхностей от длительной эксплуатации или скрытых дефектов;

— резкое уменьшение отвода тепла от нагреваемых деталей в результате попадания на них грязи и пыли;

— нарушение системы охлаждения трущихся поверхностей на большегрузных АТС из-за неисправности или загрязнения.

Уменьшение воздушного зазора до нуля между тормозными накладками и барабаном (диском) может наступить в случаях: ослабления или поломки стяжной пружины колодок; заклинивания поршней колесного цилиндра из-за загрязнения или коррозии; разбухания уплотнительных колец поршней колесного цилиндра; неправильной установки упорного кольца автоматической регулировки; неправильной регулировки стояночного тормоза.

Наиболее часто к неполному растормаживанию тормозных механизмов с гидроприводом тормозов приводит засорение компенсационных отверстий главного тормозного цилиндра или их перекрытие кромками манжет.

На нагретые до высокой температуры рабочие поверхности тормозных механизмов может попасть тормозная жидкость из тормозных цилиндров из-за возникновения коррозии на рабочей поверхности цилиндров или выработки (дефектов) в уплотнительных резиновых кольцах. К перегреву рабочих поверхностей тормозных элементов АТС приводят и неквалифицированные действия водителей. Наиболее распространенными действиями водителей, приводящими к перегреву тормозов, являются неотключение стояночного тормоза перед движением и длительное по времени (затяжное) торможение (притормаживание).

Сцепление. Анализ конструкции сцепления следует проводить соответственно тем требованиям, которые к нему предъявляются. С точки зрения

пожарной безопасности к числу таких требований относится хороший отвод теплоты от поверхностей трения. При длительном буксовании сцепления температура поверхности трения достигает 300 °С и выше¹. При высокой температуре начинает вытекать и выгорать связующий компонент накладок, в результате чего они становятся пористыми, сухими, хрупкими и быстро изнашиваются. Поэтому к фрикционным накладкам, применяемым в сцеплении, предъявляется ряд требований, в частности обеспечение высокого коэффициента трения, мало зависящего от температуры и давления, а также достаточная термостойкость и теплопроводность. При этом теплоотвод должен быть таким, чтобы температура накладок не превышала при длительной работе 200 °С, а при кратковременной – 350 °С².

До последнего времени для фрикционного сцепления в основном применялись асбофрикционные накладки, в состав которых входят: асбест, наполнители, связующие. В настоящее время все большее распространение получают фрикционные накладки без асбеста или с его минимальным содержанием. Наполнители придают фрикционным накладкам ряд необходимых свойств. Так, смоляные частицы и графит повышают износостойкость; медь, латунь, бронза, алюминий (в виде порошка стружки или проволоки) улучшают теплопроводность и плавность включения; цинк дает стабильность коэффициента трения; свинец уменьшает износ и задиорообразование (но ухудшает термостойкость). Связующие материалы определяют фрикционные свойства, износостойкость и термическую стойкость. В качестве связующих материалов применяются фенолформальдегидные смолы и их модификации, синтетические каучуки, а также комбинации смол и каучуков. Фрикционные накладки выполняются формованными, спирально-навитыми и ткаными. Формованные накладки устанавливаются на большинстве грузовых автомобилей, тканые используются на легковых и грузовых автомобилях сравнительно редко.

Для отвода тепла предусматриваются: вентиляция картера сцепления через окна или ажурный кожух, направление потока воздуха специальными щитами, удаление продуктов изнашивания. Для сохранения работоспособности нажимных пружин при нагреве сцепления они должны устанавливаться на термоизоляционных прокладках. Во время эксплуатации АТС теплофизические процессы, протекающие во фрикционных парах сцепления, аналогичны описанным процессам в парах трения тормозных механизмов. Материалы, из которых изготавливаются фрикционные накладки ведомых дисков, аналогичны материалам пар трения тормозных механизмов.

Неисправности, вызывающие перегрев сцепления. К наиболее часто встречаемым неисправностям, которые могут приводить к повышению температуры на фрикционных парах сцепления, относятся:

- неполное выключение сцепления;
- неполное включение сцепления;
- поломка деталей сцепления или повышенный износ фрикционных накладок.

¹ См.: *Осепчугов В. В., Фрумкин А. К.* Указ. работа.

² См.: Там же.

К неполному выключению сцепления могут привести: наличие воздуха в системе гидропривода; заедание ступицы ведомого диска на шлицах первичного вала; неплоскостность ведомого диска; эксплуатационные перекосы, приводящие к неодновременному нажатию на рычаги нажимного диска. К неполному включению сцепления могут привести: ослабление нажимных пружин; потеря упругости пружин ведомого диска; заедание рычагов нажимного диска. Перегрев сцепления на АТС может быть вызван также неквалифицированными действиями водителя при включении и выключении сцепления (неполное включение или неполное выключение), которые приводят к буксованию сцепления.

Экспериментальные исследования. В Киевском НИИСЭ были проведены экспериментальные исследования процесса перегрева элементов тормозного механизма легкового автомобиля при длительном торможении. Целью экспериментов было определение теплового состояния рабочих элементов тормозного механизма при различных режимах торможения и выявления признаков, характеризующих максимальные уровни температуры, достигаемых на них при этом.

Исследования проводились на стенде ДК-3501, разработанном в Киевском НИИСЭ и предназначенном для исследования тормозных механизмов АТС в динамике. Для экспериментов были отобраны диско-колодочные тормоза легковых автомобилей марки ВАЗ как наиболее часто применяемая конструкция на легковых автомобилях. Температура на тормозном механизме замерялась в трех точках: на фрикционной накладке; на тормозном диске; в тормозной жидкости в месте подсоединения гидропривода к тормозному цилиндру. Температура измерялась с применением оттарированного прибора КСП-4 и хромалькапельных термомпар (ХК). На стенде вращающийся тормозной диск затормаживался тормозными колодками с приложением тормозного момента (M), составляющего 50 и 80 % от величины тормозного момента, при котором на сухой асфальтобетонной проезжей части колеса автомобиля находятся на грани блокировки ($M_{max} = 1000$ и 1120 Нм). В начале каждого эксперимента тормозной механизм автомобиля прогревался торможением до эксплуатационной температуры 60–70 °С.

Результаты экспериментов показали, что при 50 % тормозном моменте уже на 12–16 мин температура на тормозном диске и тормозных колодках достигает 400–460 °С. Такой уровень температуры сохраняется на протяжении примерно 8–10 мин, а затем наблюдается его незначительный спад и далее температура устойчиво удерживается на уровне около 400 °С. Скорость нарастания температуры зависит от величины развиваемого тормозного момента. С увеличением тормозного момента повышается температура рабочих поверхностей элементов тормозного механизма.

Тормозная жидкость прогревается практически в прямой зависимости от времени торможения. Ее максимальная температура, которая была достигнута, составляла 150 °С. При прогреве тормозной жидкости до высокой температуры повышается вероятность ее вытекания в местах присоединения трубок гидропривода к тормозным цилиндрам.

В процессе эксперимента существенно изменялись физико-механические свойства фрикционных накладок на тормозных колодках. Фрикционный

матеріал накладок при роботі в умовах нагріву до температури 400 °С і більше стає хрупким, поверхню трия – неровної, пористої (в зв'язі з вигоранням зв'язуючого). Исследование тормозных накладок на твердость показало, что их твердость после трех опытов с прогревом до температуры 460 °С снижается по сравнению с твердостью материала до начала опытов примерно на 23–40 %¹.

Исследованием тормозного диска после опытов установлено, что на нем имеются следы повышенного износа металла в виде концентрических углубленных окружностей, которые получились в результате трия по нему оксидов металлов, образовавшихся под влиянием высокой температуры. Это объясняется тем, что твердость образованных оксидов выше твердости материала тормозного диска, что и приводит к кольцеобразным его выработкам. Новообразованные частицы в виде порошка черного цвета (продукт выгорания составляющих фрикционного материала) частично внедрились в рабочую поверхность тормозного диска, образовав в местах внедрения шероховатую поверхность.

Результаты экспериментальных исследований позволили выделить следующие признаки на элементах тормозного механизма, указывающие на работу в режиме перегрева.

1. На тормозных накладках:

— фрикционный материал крошится, по краям расслаивается;

— рабочая поверхность коробится, растрескивается, становится пористой, неровной;

— снижается твердость фрикционного материала;

— значительная или полная выработка фрикционного материала.

2. На тормозном диске:

— образование следов повышенного, неравномерного, локального износа металла;

— наличие неравномерного отложения продуктов выгорания фрикционного материала;

— наличие следов неравномерного износа металла по концентрическим окружностям, образованным от контакта с твердыми продуктами износа фрикционной пары.

Рекомендации по исследованию тормозных механизмов и сцепления.

В зависимости от степени термических поражений на АТС уже в процессе осмотра можно сделать предварительный вывод о причастности или непричастности системы рабочего тормоза и сцепления к возникновению пожара. Учитывая, что такие пожары происходят только на движущихся транспортных средствах, то следы термических поражений на них имеют преимущественно локальный характер. Только несвоевременное и неправильное тушение пожара приводит к более обширным термическим поражениям, вплоть до полного выгорания горючих материалов на АТС.

В процессе осмотра по внешнему состоянию деталей и узлов АТС выявляются зоны наибольших температурных воздействий и наличие неисправностей.

Применительно к рабочей тормозной системе и сцеплению следами термического воздействия или перегрева могут служить: следы побежалости

¹ По действующему стандарту ГОСТ 10851-73 твердость фрикционного материала из ретинакса, предназначенного для нормальной эксплуатации тормозных механизмов, по Бринеллю должна находиться в пределах 35–50 НВ.

на тормозных барабанах, тормозных дисках, тормозных колодках, ведомом диске сцепления, а также на других металлических сопрягаемых деталях; следы частичного или полного выгорания резиновых тормозных шлангов, защитных чехлов и манжет рабочих тормозных цилиндров; следы обугливания, растрескивания, выкрашивания, коробления, выгорания связующего на фрикционных накладках тормозов и сцепления.

На причастность тормозной системы АТС к возникновению пожара могут указывать: следы локального высокотемпературного воздействия на каком-либо одном колесе по сравнению с другими колесами; следы характерных повреждений на деталях тормозных механизмов, такие как трещины и выкрашивание металла на тормозном диске или барабанах, тормозных колодках и другие, о которых уже говорилось. Те же признаки могут присутствовать на элементах фрикционного сцепления; на внутренней поверхности картера сцепления могут присутствовать отложившийся слой продуктов горения и следы воздействия высокой температуры в виде цветов побежалости металла.

Установив, какой из тормозных механизмов требует углубленного исследования с применением частичной или полной разборки, следует придерживаться такой последовательности:

1) осмотр деталей тормозного механизма без разборки, с целью определения наличия всех деталей, установления правильности их сборки, выявления следов перегрева;

2) фиксация выявленных следов и отложений в сборке узла в протоколе экспертного осмотра с применением фотографирования или видеосъемки;

3) частичная разборка тормозного механизма с целью исследования рабочих поверхностей трущихся деталей (дисков, барабанов, накладок);

4) описание выявленных следов и неисправностей в протоколе экспертизы.

Такая же последовательность сохраняется и в случае исследования сцепления и других механических передающих устройств АТС.

Исследование в лабораторных условиях элементов тормозов или сцепления АТС по степени изменения их физико-механических свойств позволяет с достаточной достоверностью установить: степень нагрева деталей; последовательность образования термических следов; время образования следов и неисправностей (до пожара или во время пожара).

Путем исследования и сопоставления следов на тормозном диске, барабанах или ведомом диске сцепления со следами на фрикционных накладках определяется механизм их образования и устанавливается, имел ли место режим работы трущейся пары с выделением большого количества тепла.

Исследование фрикционных накладок начинается с измерения их геометрических размеров, выявления степени износа по всей поверхности, зон обугливания, растрескивания, выкрашивания, коробления, выгорания связующего. При необходимости измеряется твердость фрикционной накладки. Наличие на фрикционных накладках следов выкрашивания, коробления, выгорания связующего материала и других, указанных признаков, может свидетельствовать о длительном режиме работы механизма с прогревом накладки по всей толщине до температуры более 400 °С. Исследование проводится визуально с применением увеличительных стекол, микроскопа и твердомера. При необходимости определяется элементный состав материала трущихся поверхностей (рабочих поверхностей) исследуемых механизмов.

Аналогічно, с соблюдением последовательности операций исследуются и другие элементы тормозного механизма или сцепления.

В случае проверки возможности попадания тормозной жидкости на трущиеся детали необходимо установить состояние резиновых манжет поршня тормозного цилиндра и надежность соединений в месте подсоединения трубки гидропривода.

Таким образом, установление причины пожара на движущемся автотранспортном средстве зависит от правильного определения места его возникновения, умения на стадии экспертного осмотра сделать предварительный правильный вывод о причастности к возникновению пожара какой-либо его системы либо узла и выбора методического подхода, обеспечивающего решение всего комплекса задач, связанных с установлением его причины.

ТЕПЛОВІ РЕЖИМИ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ТА ЗЧЕПЛЕННЯ ЯК ПРИЧИНА ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖІ НА АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

Д. П. Сарігло

Розглянуто методи встановлення причини виникнення пожежі на автотранспортному засобі, що рухається, у зв'язку з перегріванням робочих поверхонь їх гальмівних механізмів і зчеплення. Надано рекомендації щодо дослідження гальмівних механізмів і зчеплення автотранспортних засобів стосовно їх причетності до виникнення пожежі.

HEAT REGIMES IN THE OPERATION OF THE ELEMENTS OF BRAKING SYSTEM AND CLUTCH AS A CAUSE OF FIRE IN MOTOR VEHICLES

D. P. Sarioglo

The article discusses the methods of establishing causes of fire on the moving motor vehicles because of overheating of the operating surfaces in their brakes and the clutch, and it provides recommendations on the examination of braking mechanisms and the clutch in motor vehicles as origin of the fire.

УДК 343.76

І. М. Рябінін, судовий експерт Харківського НДІСЕ, старший викладач Національного університету цивільного захисту України

ДЕФЛАГРАЦІЙНІ ВИБУХИ ЯК ПРЕДМЕТ ПОЖЕЖНО- ТЕХНІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Визначено компетенцію судового експерта (спеціаліста) за спеціальністю 10.8 «Дослідження обставин виникнення і поширення пожеж та дотримання вимог пожежної безпеки» при дослідженні об'ємних (дефлаграційних) вибухів у приміщеннях.

Останнім часом почастишали випадки аварійних вибухів в приміщеннях, які супроводжуються загибеллю людей та руйнацією будівельних конструкцій.