

УДК 614.841

DOI: 10.46548/21vek-2021-1054-0043

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗГОРАНИЯ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

© 2021

Нарусова Елена Юрьевна, кандидат технических наук, доцент

кафедра «Управление безопасностью в техносфере»

Стручалин Владимир Гайзович, кандидат технических наук, доцент

кафедра «Управление безопасностью в техносфере»

Назина Наталья Сергеевна, студент

Российский университет транспорта

(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9,

e-mails: e.narusova@ubt-rut-miit.ru, v.struchalin@ubt-rut-miit.ru, natalya.oschckina@yandex.ru)

Аннотация. Протяженность перегонов между станциями на сети железных дорог России и плотный график движения поездов являются причиной высокой актуальности пожарной безопасности тягового подвижного состава. Начавшийся процесс горения развивается стремительно из-за высокой пожарной нагрузки тепловозов и электровозов. Последствия возгорания локомотива на перегоне вдали от населенных пунктов усложняются необходимостью длительного времени для прибытия пожарной команды, возможностью перехода огня на соседние вагоны, что может привести к развитию чрезвычайной ситуации в зависимости от вида перевозимых грузов. При перевозке опасных грузов такой пожар может привести к катастрофическим последствиям. В этом случае экономический ущерб существенно превысит величину прямого материального ущерба от пожара локомотива. Анализ проведенных исследований возгораний в период 2018-2020г.г. показывает, что наибольшее количество причин пожаров тепловозов и электровозов являются следствием низкого качества проведенных ремонтных работ и недостатков технического обслуживания тягового подвижного состава. В статье сформирован список возможных причин пожаров и пожароопасных узлов для различных серий тепловозов и электровозов с использованием причинно-следственной диаграммы Исикавы и анализа Парето. Разработаны контрольно-оценочные карты для определения фактического состояния локомотива. Сделан вывод о необходимости динамического контроля технического состояния тягового подвижного состава и повторного расчета пожарных рисков после проведенного ремонта для определения эффективности противопожарных мероприятий.

Ключевые слова: пожарная безопасность, возгорание локомотива, тяговый подвижной состав, контрольно – оценочные карты, динамический контроль.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF FIRE OF TRACTION ROLLING STOCK

© 2021

Elena Yurievna Narusova, candidate of technical sciences,

associate professor of the Department «Management of safety in a technosphere»

Vladimir Gaiozovich Struchalin, candidate of technical sciences,

associate professor of the Department «Management of safety in a technosphere»

Nazina Natalia Sergeevna, student

Russian University of Transport

(127994, Russia, Moscow, Obratsov St. 9, building 9,

e-mails: e.narusova@ubt-rut-miit.ru, v.struchalin@ubt-rut-miit.ru, natalya.oschckina@yandex.ru)

Abstract. The length of the railway tracks between stations on the Russian railway network and the tight train schedule are the reason for the high relevance of fire safety of traction rolling stock. The Gorenje process that has begun is developing rapidly due to the high fire load of diesel and electric locomotives. The consequences of a locomotive fire on a stretch far from populated areas are complicated by the need for a long time for the arrival of the fire brigade, the possibility of switching the fire to neighboring cars, which can lead to the development of an emergency situation, depending on the type of cargo being transported. When transporting dangerous goods, such a fire can lead to disastrous consequences. In this case, the economic damage will significantly exceed the amount of direct material damage from the locomotive fire. The analysis of the conducted investigations of fires in the period 2018-2020 shows that the greatest number of causes of fires of diesel and electric locomotives are the result of the poor quality of the repair work carried out and the shortcomings of the maintenance of traction rolling stock. The article contains a list of possible causes of fires and fire-hazardous components for various series of diesel and electric locomotives using the Ishikawa causal diagram and Pareto analysis. Control and evaluation maps have been developed to determine the actual condition of the locomotive. The conclusion is made about the need for dynamic monitoring of the technical condition of traction rolling stock and re-calculation of fire risks after repairs to determine the effectiveness of fire-fighting measures.

Keywords: fire safety, locomotive fire, traction rolling stock, control and evaluation maps, dynamic monitoring.

Введение. В транспортном комплексе Российской Федерации железнодорожный транспорт занимает ве-

дущее место и является важной частью экономики.

Одним из наиболее актуальных вопросов безопас-

ности тягового подвижного состава является пожарной безопасность. Так, в 2020 году на железной дороге произошел 21 случай возгорания тягового подвижного состава, в 2019 году – 31 случай [1,2].

Обеспечение пожарной безопасности тягового подвижного состава регламентировано документами ОАО РЖД [3-5], методике оценки пожарного риска посвящены работы многих ученых [6 -11],

Анализ причин возгораний и экспериментальные исследования направлены на повышение уровня пожарной безопасности пассажирских вагонов при сохранении экономической эффективности и целесообразности производства [12-14].

Из общего количества пожаров 9 случаев произошли на электровозах и 12 на тепловозах. В 2019 году эти показатели составили 13 и 18 пожаров соответственно. Существенны цифры прямого материального ущерба от пожаров. Так, в 2020 году пожарами на электровозах причинен прямой материальный ущерб в размере 13,3 млн. руб., на тепловозах – 65,6 млн. руб. В 2019 году 14,5 млн. руб. и 12,1 млн. руб. соответственно [1, 2]. Следует отметить, что при возгорании локомотива грузового состава, перевозящего опасные грузы, пожар может перерасти в чрезвычайную ситуацию с серьезными экологическими последствиями. В

этом случае экономический ущерб существенно превысит величину прямого материального ущерба.

Анализ распределения числа пожаров по типам тепловозов показывает, что наибольшее число случаев (50%) произошло на тепловозах серии ТЭ116, затем следуют тепловозы серии ТЭ10 (25%), ТЭ (9%), ТЭП (8%), на долю прочих типов тепловозов приходится оставшиеся 8% [15].

Несмотря на то, что обстоятельства каждого возгорания имеют различия, 50% случаев пожаров на тепловозах разных серий произошли вследствие короткого замыкания. Среди других установленных причин примерно по 8% составляют различные проблемы, возникшие в процессе эксплуатации тепловозов, такие, как неисправности дизеля, турбокомпрессора, топливopовода, выхлопного тракта. Другие причины пожаров на тепловозах составляют 17% (рис. 1).

Материалами проведенных расследований установлено, что основное количество пожаров в период 2018-2020 гг. произошли вследствие низкого качества проведенных ремонтных работ и технического обслуживания, поэтому повышение качества ремонта тягового подвижного являются важнейшей задачей, решение которой будет способствовать предотвращению пожаров.

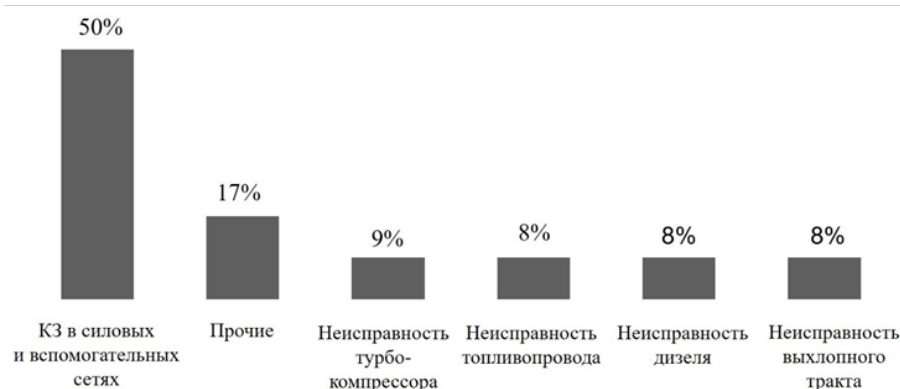


Рисунок 1 – Технические неисправности тепловозов – причины пожаров

Пожарная опасность тепловозов связана с тем, что дизельное топливо, имеющееся в большом количестве и обладающее температурой вспышки 40–65° С, и смазочные материалы обладают способностью интенсивно гореть. Опасность пожара и его катастрофические последствия связаны с тем, что начавшийся процесс горения развивается стремительно, со скоростью примерно 1,4 метра в минуту, при этом площадь пожара увеличивается с 4 кв. м в минуту в течение первых 10 минут до 8 кв. м в минуту в течение последующих 10-50 минут. В результате за 20 минут огнем может быть охвачен весь состав, что делает проблематичным успешное тушение.

Наряду с тепловозами, существенную часть локомотивного парка составляют электровозы, электрическое оборудование которых: аккумуляторы, пускорегулирующие аппараты, электродвигатели, тяговые трансформаторы и др. представляет пожарную опасность [16]. Анализ распределения числа пожаров в

2020 году по сериям электровозов показал, что подавляющее большинство пожаров (89%) произошло на электровозах серии ВЛ-80, на электровозах серии ВЛ 11 – 11% пожаров. Среди причин пожаров в 2020 году неисправности тягового электродвигателя, тягового трансформатора, высоковольтных цепей, повреждение изоляции и нагрев провода (рис. 2) [1].



Рисунок 2 – Технические неисправности электровозов – причины пожаров

Целью исследования является снижение рисков возникновения пожаров на тяговом подвижном составе.

Материалы и результаты исследования. На основе статистических данных необходимо определить пожароопасные узлы для всех серий тягового подвижного состава (ТПС). Затем сформировать перечень пожароопасных состояний, по причине которых есть риск возникновения пожара в процессе эксплуатации ТПС, а также требования к содержанию контрольно-оценочных карт для оценки фактического состояния ТПС.

Разработка контрольно – оценочных карт состояния подвижного состава. Проблеме управления технологическими и пожарными рисками посвящены работы отечественных и зарубежных ученых [7,8,17,18,19]. Большое значение для развития этого научного на-

правления имеет статистическое обеспечение, в становлении которого огромную роль сыграл созданный в Международной ассоциации пожарных и спасательных служб (СТИФ) Международный Центр пожарной статистики. Ежегодно издаваемые отчеты, содержащие статистические данные из разных стран, позволяют использовать актуальные данные для расчетов и исследований [20].

Выявление возможных причин пожаров и пожароопасных узлов осуществляется с использованием причинно-следственной диаграммы Исикавы (рис. 3) и анализа Парето (рис. 4).

Для составления перечня пожароопасных состояний требуется учитывать как состояния, способные самостоятельно привести к возникновению пожара так и состояния, за счет которых достигается кумулятивный эффект.

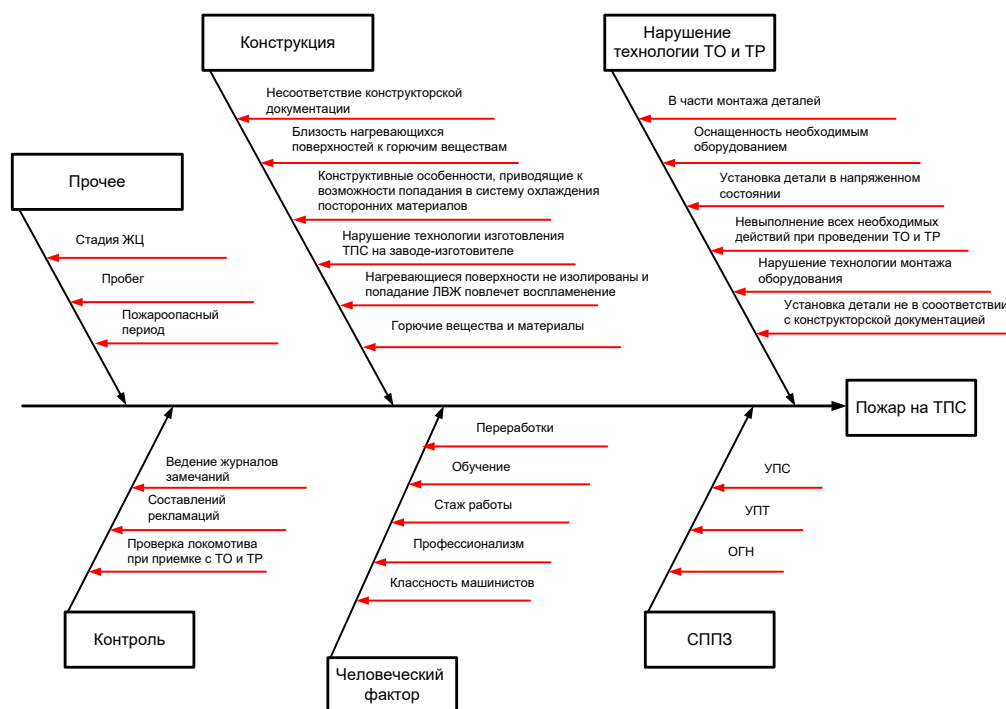


Рисунок 3 – Диаграмма Исикавы «Причины пожаров на ТПС»

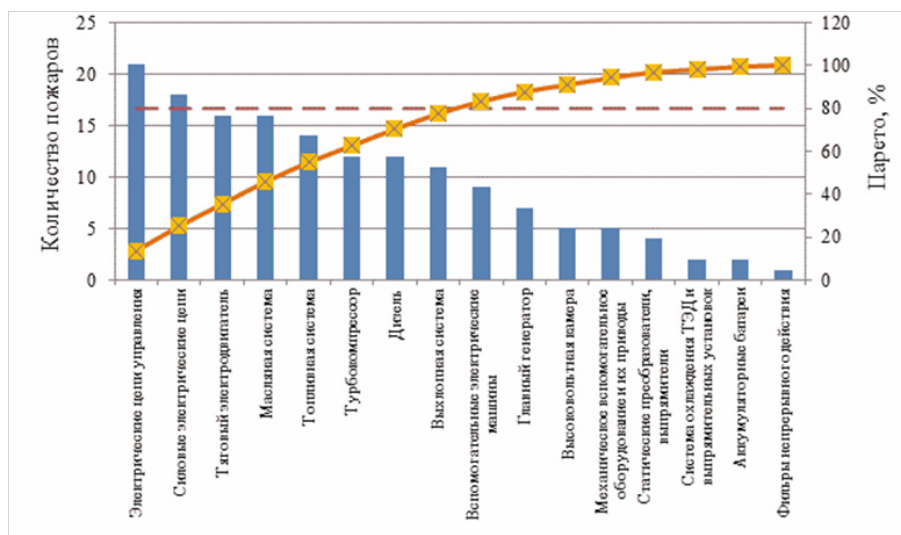


Рисунок 4 – Анализ Парето «Распределение количества пожаров по узлам тепловозов»

После формирования перечня возможных пожароопасных состояний и причин пожара создаются контрольно-оценочные карты фактического состояния тягового подвижного состава (КОК). В контрольно-оценочных картах делается запись о фактическом состоянии ТПС, а также расчет вероятности возникновения пожара из-за выявленных состояний.

Необходимо выделить следующие типы КОК:

- 1) КОК для сбора данных о состоянии узлов ТПС;
 - 2) КОК для сбора данных об условиях эксплуатации секции ТПС, при которых повышается вероятность пожара;
 - 3) КОК для регистрации результатов оценок ТПС.
- Контрольно-оценочная карта должна включать следующую информацию:
- 1) узел (части узла), в котором возможно появление пожароопасных состояний;
 - 2) пожароопасные состояния узла (части узла);
 - 3) графу с возможностью регистрации наличия состояний;
 - 4) оценку влияния пожароопасного состояния на

вероятность возникновения пожара (или оценку вклада в вероятность);

5) оценку вероятности появления пожара из-за состояний, которые невозможно выявить с помощью контрольно-оценочной карты ;

6) графу с возможностью регистрации отметки об устранении пожароопасного состояния ;

7) оценку влияния мероприятий по устранению пожароопасных состояний на вероятность пожара ();

8) формулу для расчета вероятности возникновения пожара с учетом выявленных состояний;

9) формулу для расчета вероятности возникновения пожара в узле с учетом оценки вероятности появления пожара из-за состояний, которые невозможно выявить с помощью контрольно-оценочной карты;

10) формулу для вероятности возникновения пожара в узле с учетом устраненных пожароопасных состояний.

В таблице 1 представлена форма контрольно-оценочной карты для сбора и обобщения данных о состоянии узлов тягового подвижного состава.

Таблица 1 – Форма контрольно-оценочной карты ТПС

N	Часть узла	N	Пожароопасное состояние	Отметка о наличии	$P_{i}^{КОК}$	$\Delta_{ТО/ТР}$	Отметка об устранении	δ_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Формула для расчета вероятности возникновения пожара с учетом выявленных состояний:								
$P_j^{КОК} = \sum_{i=1}^i P_i^{КОК}$								
Формула для расчета вероятности возникновения пожара в узле с учетом оценки вероятности появления пожара из-за состояний, выявить которые с помощью контрольно-оценочной карты не представляется возможным:								
$P_j^{узел} = P_j^{КОК} + \Delta_{ТО/ТРj} - P_j^{КОК} \cdot \Delta_{ТО/ТРj}$								
Формула для вероятности возникновения пожара в узле с учетом устраненных пожароопасных состояний:								
$P_{jком}^{узел} = P_j^{узел} - \sum_{i=1}^i \delta_i$								

Заключение. Для снижения вероятности возникновения пожаров на тяговом подвижном составе необходимо совершенствовать контроль динамического изменения состояния ТПС во времени и условий протекания технологических процессов, не поддающихся прогнозированию. После устранения выявленных пожароопасных состояний в узлах тягового подвижного состава следует проводить повторный расчет уровня риска для оценки эффективности противопожарных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Анализ состояния пожарной безопасности на объектах и подвижном составе ОАО «РЖД» в 2020 году на основе данных АСУ ПБ ОАО «РЖД»
2. Анализ состояния пожарной безопасности на объектах и подвижном составе ОАО «РЖД» в 2019 году на основе данных АСУ ПБ ОАО «РЖД»
3. СТО РЖД15.016-2017 «Тяговый подвижной состав. Правила оценки и управления пожарными рисками».

4. ГОСТ 34394-2018 «Локомотивы и моторвагонный подвижной состав. Требования пожарной безопасности»

5. Методика расчета пожарных рисков на тепловозах и электровозах ОАО «РЖД» утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 26.12.2017 г. N 2750р.

6. Проневич, О.Б. Методы анализа пожарной безопасности тягового подвижного состава / О.Б. Проневич // Надежность. – 2017. - №2(61) - С.48-55.

7. Корольченко, А.Я. К вопросу о расчете пожарного риска / А.Я. Корольченко, А.А. Косачев // Пожаровзрывобезопасность // - 2010. – Т. 19, №6. - С. 53-56.

8. Thomas F. Barry. Simplified Fire Hazard and Risk Calculations / Thomas F. Barry, P.E., HSB PLC, and Dr. John Watts, Fire Safety Institute // С. 5-243-5-257.

9. Risk Informed Performance Based Industrial Fire Protection: An alternative to prescriptive codes / Thomas F. Barry, P.E. // 704 с.

10. Нарусова, Е.Ю. Пожарная безопасность тягового подвижного состава / Е.Ю. Нарусова, В.Г. Стручалин, Д.А. Брянцев // Проблемы безопасности российского общества. – 2017. - № 4(20) – С.73-78.

11. Методика оценки и способы снижения пожарной опасности пассажирских вагонов железнодорожного под-

вижного состава : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.26.03 / Елисеев Игорь Борисович; [Место защиты: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России]. - Санкт-Петербург, 2019. - 23 с.

12. Шабров, С.М. Обеспечение пожарной безопасности на тяговом подвижном составе дирекции тяги и анализ причин возникновения пожаров / С.М. Шабров // Технологии техносферной безопасности. – 2018. - № 1(40). – С. 36-45

13. Шевченко, А.И. Состояние пожарной безопасности объектов железнодорожного транспорта и направления ее повышения / А.И. Шевченко // Наука и техника транспорта. – 2006. - № 1. – С. 40-46.

14. Фомин, А.В. Анализ и риски возникновения пожаров на железнодорожном подвижном составе / А.В. Фомин, В.В. Сай, И.Б. Елисеев // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2017. - № 1 (41). – С. 45-50.

15. Шубинский, И.Б. Особенности оценки вероятности возникновения пожаров на тепловозах различных серий / И.Б. Шубинский, О.Б. Проневич, А.Д. Данилова// Надежность. - 2016. - № 4 - С. 24-29.

16. Бутузов, С.Ю. Проблемы управления профилактикой пожаров на локомотивах железнодорожного транспорта /С.Ю. Бутузов, А.П. Дегтярев // Технологии техносферной безопасности. – 2013. - № 6 (52). – С.16.

17. Гапанович, В.А. Система управления техногенными рисками в ОАО «РЖД» / В.А. Гапанович, И.Б. Шубинский, О.Б. Проневич, В.Э. Швед // Железнодорожный транспорт. – 2017. - № 12. – С. 34-40.

18. Шубинский, И.Б. Графовый метод оценки производственной безопасности на объектах железнодорожного транспорта/ И.Б. Шубинский, А.М. Замышляев, О.Б. Проневич//Надежность. - 2017. – №1 –С. 40-45.

19. Бутузов, С.Ю. Исследование алгоритмов и моделей управления профилактикой пожаров на локомотивах/ С.Ю. Бутузов, А.П. Дегтярев, А.С. Чашин// Проблемы управления рисками в техносфере.- 2015.- №3 (35).- С. 98-107.

20. Brushlinsky, N.N. World fire statistics: Report № 25 / N.N. Brushlinsky, M. Ahrens, S.V. Sokolov, P. Wagner // CFS of CTIF. – 2020. – 64 с.

Статья поступила в редакцию 19.04.2021

Статья принята к публикации 16.06.2021