

УДК 004.8

Е.В. Подобедова, М.С. Жукова

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ПРОБЛЕМА РАЗБОТКИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО АНАЛИЗУ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация: в статье рассматривается состояние безопасности на железной дороге в настоящее время. Описана текущая ситуация по безопасности на железной дороге. Приведены основные ситуации, относящиеся к происшествиям на железной дороге, а также более подробно рассмотрен такой тип происшествий как сход поездов. Рассматривается вопрос о необходимости использования технологий экспертных системы при анализе происшествий на железнодорожном транспорте.

Ключевые слова: железная дорога, безопасность на железнодорожном транспорте, происшествия на железнодорожном транспорте, экспертная система, анализ происшествий.

E.V. Podobedova, M.S. Zhukova

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

THE PROBLEM OF DEVELOPING THE EXPERT SYSTEM FOR THE ANALYSIS OF ACCIDENTS ON RAILWAY TRANSPORT

Abstract. the article discusses the state of safety on the railway at the present time. The current situation on safety on the railway is described. The main situations related to railway accidents are given, as well as such type of accidents as derailment of trains is considered in more detail. The question of the need to use expert system technologies in the analysis of accidents in railway transport is considered.

Keywords: railway, railway transport safety, railway accidents, expert system, incident analysis.

Введение

В настоящее время железная дорога – это ключевой элемент транспортного комплекса Российской Федерации. Именно железная дорога оказывает огромное влияние на повышение экономического роста страны, оказывает воздействие при формировании бюджета страны, а также играет важное значение в транспортной логистике в Российской Федерации. Железная дорога считается главным межрегиональным видом транспорта в пределах экономически освоенной территории нашей страны.

Холдинг «РЖД» ежедневно осуществляет эксплуатацию и формирование безопасной и защищённой железнодорожной транспортной системы, которая удовлетворяет потребностям регионов, и вносит вклад в формирование экономического благополучия.

Однако на сегодняшний день эффективность работы российского транспортного комплекса недостаточно высока по сравнению с другими странами. Российская Федерация занимает 75 место в мире по индексу эффективности логистики. Поэтому актуален вопрос эффективности функционирования и развития транспортного комплекса, особенно железнодорожной инфраструктуры.

Целью исследования является анализ безопасности на железнодорожном транспорте, а также анализ применяемых на железной дороге информационных технологий для решения вопросов безопасности.

Научная новизна исследования состоит в том, что предлагается использовать технологию экспертных систем для решения вопросов безопасности на железнодорожном транспорте, в частности, экспертная система будет играть роль консультанта по решению вопросов, связанных с возникновением происшествий на железнодорожном транспорте.

Безопасность на железной дороге в настоящее время

За 2020 год ОАО «РЖД» улучшил целевой показатель безопасности движения, поставленный в рамках реализации транспортной стратегии Российской Федерации, к прогнозируемому на 15% (0,64/0,54 млн. поездо-км) [4]. Число происшествий на железной дороге и событий, которые связаны с нарушением функционирования и безопасности движения, по ответственности холдинга «РЖД» или же на инфраструктуре ОАО «РЖД» сократилось до показателей 2019 года на 13% и 17% соответственно. Кроме того, произвели расчёт уровня безопасности по видам транспорта из расчета количества несчастных случаев на пройденное расстояние в 1,5 миллиарда километров, где железнодорожный транспорт занял 2 место после воздушного транспорта.

Впервые в 2020 году был установлен и официально утвержден показатель функциональной безопасности для железной дороги, под которым понимается достижение целей на развитие и поддержку менеджмента безопасности, интегрирующих между собой безопасность движения, охрану труда и непроизводственный травматизм в единое целое.

ОАО «РЖД» была сформирована стратегия гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса, которая предполагала решения холдингом следующих задач [4]:

- сокращение вероятности происхождения железнодорожных происшествий;
- уменьшение ущерба имуществу субъектов деятельности;
- снижение травматизма и гибели людей при происшествиях;
- увеличение надежности и функциональной безопасности технических средств;
- сокращение неблагоприятных воздействий на окружающую среду.

По итогам 2020-2021 года холдингом были предприняты все меры, направленные на достижения целей, поставленные в стратегии.

Но при этом по статистическим данным, находящимся в свободном доступе, видно, что число происшествий с каждым годом (рассматриваемый период 1992 – 2021 гг.) особо не снижается, а за период 2018-2020 гг. был существенный скачок в количестве происшествий. Основной причиной таких происшествий являются внешние факторы (выезд автотракторной техники, происшествия на ж/д переездах при участии легковых машин, погодные условия и т.д.), а также связаны с функционированием самого железнодорожного транспорта (разрушение конструктивных элементов вагонов, разрешение пути, ошибки в работе локомотивных бригад и персонала станции и т.д.).

Происшествия на железной дороге

К транспортным происшествиям на железной дороге относят такие события, которые возникают вовремя движения железнодорожного состава и с его участием, и повлекшие за собой причинение вреда жизни или здоровью граждан, вреда окружающей среде, имуществу физических или юридических лиц [1].

К таким происшествиям относят следующие ситуации [2]:

- сходы поездов;
- столкновения железнодорожного подвижного состава с другим подвижным составом или с автотракторной техникой;
- развал грузов;
- прием или отправление поезда по неготовому маршруту;
- проезд запрещающего сигнала светофора или предельного столбика;
- прием или отправление поезда на занятый путь (перегон);
- перевод стрелки под железнодорожным подвижным составом;
- разрушение элементов конструкции железнодорожного состава (излом оси, осевой шейки или колеса, излом боковины или надрессорной балки тележки вагона, обрыв хребтовой балки подвижного состава);

- несанкционированное движение железнодорожного подвижного состава на маршрут приема, отправления или на перегон;
- ложное появление на напольном светофоре разрешающего показания сигнала вместо запрещающего или появление более разрешающего показания сигнала вместо показания, требующего продолжения следования поезда с уменьшенной скоростью;
- и т.д.

Детальнее необходимо рассмотреть такой тип происшествий на железнодорожном транспорте как сходы поездов, т.к. статистические данные показывают, что в последние 4 года более 80% всех происшествий приходится именно на данный тип происшествий.

Транспортное происшествие, при котором хотя бы одно колесо сошло с головки рельса и для его постановки на рельс требуется применение подъемных средств и приспособлений является сходом железнодорожного подвижного состава [3].

Причиной возникновения схода железнодорожного подвижного состава могут являться следующие факторы [5]:

- Сход из-за излома рельса;
- Сход в результате распора колеи;
- Сход по причине накатывания на неприлегающую к рамному рельсу острие остряка подрезанного гребня «шальной» тележки и всползание гребня на рамный рельс и остряк;
- Сход из-за недопустимого горизонтально поперечного искривления (сдвиг) колеи колесами «шальной» тележки при торможении поезда или из-за ее температурного выброса;
- Сход по причине выжимания экипажа;
- Сход из-за избыточного возвышение наружного рельса в кривых.

Экспертные системы и железная дорога

В настоящее время в ОАО «РЖД» введены в эксплуатацию несколько десятков автоматизированных систем управления (АСУ), предназначенные для хранения данных о состоянии железнодорожного пути, оборудования железнодорожного электроснабжения, безопасности движения и множестве других процессов. Среди которых:

- Автоматизированная система оперативного управления перевозками (АСОУП);
- Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками (АСУ-ПП), базирующаяся на АСУ «Экспресс-2» и «Экспресс-3»;
- Автоматизированная Система Управления Транспортным Обслуживанием (АСУ ТО)
- Автоматизированная система управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ);
- Автоматизированная система управления бюджетированием и планированием грузовых перевозок (АСУ БИПЛАН);
- и т.д.

Функционируют следующие крупные корпоративные информационные системы [6]:

- Единая корпоративная платформа Управления Ресурсами, Рисками и Надежностью на стадиях жизненного цикла (ЕКП УРРАН);
- Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой (ЕК АСУИ).

В ОАО «РЖД» внедрены две большие ERP-системы: единая корпоративная автоматизированная система управления финансами и ресурсами (ЕК АСУФР), Единая Корпоративная Автоматизированная Система Управления Трудовыми Ресурсами (ЕК АСУТР).

А также действуют такие системы как КИТ-3 (комплекс информационных технологий), ИАС ЭМиП (информационно-аналитическая система экономического мониторинга и прогнозирования), ЦСУ МПС (центр ситуационного управления Министерства путей сообщения), ЭТРАН (автоматизированная система подготовки и оформления перевозочных документов на железнодорожные грузоперевозки ОАО «РЖД»), ЦБДГР (централизованная база данных расписания движения грузовых поездов) и т.д.

Еще одна цифровая технология, которая применяется на железной дороге в области обеспечения безопасности, является платформа "Мобильный общественный инспектор", разработанная и внедренная в 2020 году компанией "Диджитал Дизайн". С помощью данной технологии общественные инспекторы по безопасности движения поездов могут незамедлительно фиксировать и передавать фото и видео информацию при выявлении нарушений эксплуатации и (или) безопасности на железной дороге. Это позволило увеличить вовлеченность работников ОАО «РЖД» при решении задач безопасности движения.

Но при всем этом в открытом доступе почти нет информации о применении технологий экспертных системы (ЭС) на железной дороге, которые внесли бы существенный вклад при решении чрезвычайных ситуаций.

Единственной ЭС, информация о которой есть в открытом доступе является экспертная система Северо-Муйского тоннеля (ЭС СМТ), основной целью создания которой является осуществление высококвалифицированной интеллектуальной помощи специалистам, занимающихся обслуживанием тоннелей. Основными функциями ЭС СМТ называют [7]:

- Сбор и обобщение информации по эксплуатации объекта;
- Мониторинг состояния системы;
- Распознавание неисправностей и рекомендация по их устранению;
- Моделирование аварийных ситуаций, и рекомендации по их недопущению;
- Аналитика получаемых данных;
- Планирование мероприятий по эксплуатации объекта и его профилактических и ремонтных работ.

Поэтому представляется целесообразной разработка экспертной системы (ЭС) по анализу происшествий на железнодорожном транспорте, которая выступит в качестве консультанта по вопросам причин возникновения чрезвычайных ситуаций, факторов, повлекших происшествие, а также гипотез с окончательным доказательством. Это обусловлено тем, что ЭС аккумулируют знания специалистов и способны оказать квалифицированную помощь при принятии решений. Помимо этого, ЭС может способствовать повышению квалификации работников железнодорожного транспорта и иных лиц, привлекаемых к расследованию. Это будет содействовать увеличению эффективности при расследовании событий в целом.

Главным достоинством ЭС является возможность неограниченного накопления и хранения знаний в системе. Основой ЭС является её база знаний (БЗ) о предметной области, знания в которой накапливаются в процессе происхождения происшествий и их решений. В качестве экспертов, при помощи которых будут накапливаться знания в БЗ, является ревизорский аппарат, состоящий из ревизоров службы движения, электроснабжения, инфраструктуры, СЦБ и связи, а также ревизора локомотивной бригады. Более подробная информация о том, как должна собираться и систематизироваться первичная информация, а также что должна включать в себя база данных для ЭС можно найти в [5].

Основными возможностями использования ЭС является прогнозирование происшествий на основе имеющихся факторов, а также сохранение опыта специалистов при помощи занесения их опыта в БЗ.

В связи с тем, что знания могут неограниченно добавляться в БЗ, т.е. она должна быть расширяемой (что позволит ЭС оставаться открытой для усовершенствования и обновления информации), целесообразно выбрать продукционную модель знаний, главным качеством которой является простота редактирования.

Одним из способов, с помощью которого могут добавляться новые факторы и взаимосвязи предметной области, является диаграмма Исикавы. Они наглядны, отражают основные причинно-следственные связи и легко преобразуются в продукции. Продукции потом можно дополнять, развивая систему.

Вывод в данной ЭС необходимо предусмотреть как прямой – от фактов к заключению, так и обратный – от заключения к фактам. Упор же необходимо сделать на обратный вывод, что позволит уйти от ненужных проверок, если гипотеза и так понятна.

Функционировать ЭС должна в режиме консультанта – поиск причин и факторов возникновения происшествия, а также окончательных гипотез с доказательством, но и в режиме приобретения знания – при помощи экспертов БЗ знаний расширяется за счет наполнения новыми фактами и правилами. Необходимо предусмотреть, чтобы ЭС автоматически дополняла свою БЗ результатами полученных выводов.

Поэтому есть необходимость в разработке ЭС по анализу происшествий на железнодорожном транспорте, с помощью которой быстро и грамотно будут выявляться причины чрезвычайной ситуации на железнодорожном транспорте. Система позволит экономить время решения проблем, связанных с происшествием, более быстро произвести заключение и найти виновных в чрезвычайной ситуации. А также при помощи данной системы могут быть обнаружены новые проблемы, решение которых должно снизить количество чрезвычайных ситуаций на железной дороге.

Заключение

В работе рассматривается вопрос безопасности на железной дороге в настоящее время, а также происшествия, которые по статистическим данным чаще всего происходят в последнее время в стране на железной дороге. Ставится вопрос в целесообразности разработки экспертной системы для анализа происшествий на железнодорожном транспорте в связи с практической полезностью этого.

Целесообразность применения ЭС для анализа происшествий на железнодорожном транспорте обусловлена тем, что использование ЭС окажет квалифицированную помощь специалисту при расследовании аварий, а также будет способствовать повышению эффективности расследования.

В ЭС необходимо предусмотреть возможность дальнейшего развития, т.е. БЗ должна быть расширяемой. В качестве модели знаний следует выбрать продукционную модель знаний из-за простоты редактирования БЗ. Первоначальной основой для её разработки могут послужить диаграммы Исикавы, которые легко преобразуются к продукционному виду. Вывод в ЭС может быть как прямой, так и обратный, но акцент следует сделать на обратном выводе – для уменьшения числа проверок.

Роль эксперта по накоплению знаний в БЗ могут осуществлять представители ревизорского аппарата и иные лица, имеющие опыт в данной сфере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 10.01.2003 N 17-ФЗ (ред. от 14.03.2022) "О железнодорожном транспорте в Российской Федерации" – http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40443/ (04.04.2022).

2. Приказ Министерства транспорта РФ от 18 декабря 2014 г. N 344 «Об утверждении Положения о классификации, порядке расследования и учета транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта» с изменениями от 29 июля 2016, 1 июня 2018 – <http://base.garant.ru/70878628/> (05.04.2022).

3. Положение об организации расследования и учета транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта на инфраструктуре ОАО "РЖД" (с изменениями на 13 сентября 2016 года). – <http://docs.cntd.ru/document/555614179> (05.04.2022).

4. Итоги деятельности холдинга РЖД в обеспечении безопасности движения за 2020 год. -<http://omgups.ru/innov/docs/Итоги%20деятельности%20холдинга%20РЖД%20в%20обеспечении%20безопасности%20движения%20за%202020%20год.pdf> (02.05.2022).

5. Нитежук М.С., Аршинский Л.В. Особенности информационной поддержки расследования происшествий на железнодорожном транспорте // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами: электрон. науч. журн. 2021. – №4(12). – С. 1-10 – DOI: 10.26731/2658-3704.2021.4(12).1-10.

6. Шубинский И.Б., Замышляев А.М., Проневич О.Б., Платонов Е.Н., Игнатов А.Н. Применение методов машинного обучения для прогнозирования опасных отказов объектов железнодорожного пути // Надежность. 2020. № 2. С 43-53. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2020-20-2-43-53>.

7. Экспертная система СМТ для Восточно-Сибирской железной дороги | VGroup – <http://vgroup.ru/SMT> (28.04.2022).

REFERENCES

1. Federal Law No. 17-FZ of January 10, 2003 [as amended on March 14, 2022] "On Railway Transport in the Russian Federation" – http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40443/ (04.04.2022).

2. Prikaz Ministerstva transporta RF ot 18 dekabrya 2014 g. N 344 «Ob utverzhdenii Polozheniya o klassifikacii, poryadke rassledovaniya i ucheta transportnyh proisshestvij i inyh sobytij, svyazannyh s narusheniem pravil bezopasnosti dvizheniya i ekspluatatsii zheleznodorozhnogo transporta» s izmeneniyami ot 29 iyulya 2016 g., 1 iyunya 2018 g. [Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 344 dated December 18, 2014 "On approval of the Regulations on Classification, Procedure for Investigation and Accounting of Transport Accidents and Other Events Related to Violation of the Rules of Safety of Movement and Operation of Railway Transport" as amended on July 29, 2016, June 1, 2018.]. – <http://base.garant.ru/70878628/> (05.04.2022).

3. Regulations on the organization of investigation and accounting of transport accidents and other events related to violation of the rules for traffic safety and operation of railway transport on the infrastructure of Russian Railways [as amended on September 13, 2016]. – <http://docs.cntd.ru/document/555614179> (05.04.2022).

4. Results of the activities of the Russian Railways holding in ensuring traffic safety for 2020.pdf - <http://omgups.ru/innov/docs/Results%20of%20activities%20of%20the%20holding%20RZD%20in%20ensuring%20safety%20traffic%20%202020%20year.pdf> (02.05.2022).

5. Nitezjuk M. S., Arshinskiy L.V. Features of Information Support for the Investigation of Accidents on Railway Transport // Informacionnye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Information technology and mathematical modeling in the management of complex systems: electronic scientific journal], 2021. No. 4(12). P. 1-10. DOI: 10.26731/2658-3704.2021.4(12).1-10.

6. Shubinsky I.B., Zamyshlyayev A.M., Pronevich O.B., Platonov E.N., Ignatov A.N. Application of machine learning methods for predicting dangerous failures of railway track facilities // Nadezhnost. 2020. No. 2. P 43-53. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2020-20-2-43-53>.

7. SMT Expert System for the East Siberian Railway | VGroup - <http://vgroup.ru/SMT> (28.04.2022).

Информация об авторах

Елизавета Вячеславовна Подобедова – студентка 1 курса магистратуры, специальность «Информационные системы и технологии на транспорте», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: podobedova1998@mail.ru.

Марина Сергеевна Жукова – старший преподаватель кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: marino_@mail.ru.

Information about the authors

Elizaveta Vyacheslavovna Podobedova – 1st year student of the master's program, specialty «Information Systems and Technologies in Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: podobedova1998@mail.ru.

Marina Sergeevna Zhukova – senior lecturer of department “Information Systems and Information Security”, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: marino_@mail.ru.