

М.С. Нитежук¹, Л.В. Аршинский¹

¹ *Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация*

ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ РАССЛЕДОВАНИЯ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. В работе рассматривается возможный состав и особенности разработки информационной системы поддержки принятия решений по расследованию происшествий на железнодорожном транспорте. Назначение системы – ускорение и облегчение расследования происшествий. Систему предлагается рассматривать как состоящую из трёх взаимосвязанных частей: подсистемы сбора и систематизации первичной информации, подсистемы анализа информации и формирования гипотез и подсистемы формирования итоговых документов. Первая подсистема предполагает использование реляционной СУБД для систематизации собранных сведений. Вторая – экспертная система (ЭС) для построения и проверки гипотез о причинах происшествия и элементы OLAP-анализа. Третья предназначена для ускорения процедуры подготовки итоговых документов по результатам расследования.

Ключевые слова: происшествия на железнодорожном транспорте, поддержка принятия решений, экспертная система, расследование.

M.S. Nitezuk¹, L.V. Arshinskiy¹

¹ *Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation*

FEATURES OF INFORMATION SUPPORT FOR THE INVESTIGATION OF ACCIDENTS ON RAILWAY TRANSPORT

Abstract. The paper considers the project of an information system to support decision-making on the investigation of accidents in railway transport. The purpose of the system is to accelerate and facilitate the investigation of incidents. The system is proposed to be considered as consisting of three interrelated parts: a subsystem for collecting and systematizing primary information, a subsystem for analyzing information and forming hypotheses, and a subsystem for forming final documents. The first subsystem involves the use of a relational DBMS to systematize the collected information. The second is an expert system (ES) for constructing and testing hypotheses about the causes of the incident. The third is designed to speed up the procedure for preparing final documents based on the results of the investigation.

Keywords: railway accidents, decision support, expert system, investigation.

Введение. Происшествия на железнодорожном транспорте (ЖТ) и иные, связанные с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта события – одно из неизбежных последствий организации железнодорожного сообщения. К подобным случаям относятся [1, 2]:

- столкновения поездов или железнодорожного подвижного состава с другими поездами или подвижным составом;
- сходы поездов;
- столкновения с автотракторной техникой;
- происшествия при перевозке опасных грузов;
- развал грузов;
- проезд запрещающего сигнала светофора или предельного столбика;
- приём поезда на занятый путь или отправление на занятый перегон;
- разрушение конструктивных элементов вагона или состава (излом оси, осевой шейки или колеса, излом боковины или надрессорной балки тележки вагона, обрыв хребтовой балки подвижного состава);
- 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.

Часто эти происшествия происходят каскадно: одно является причиной других. Например, столкновение поездов или столкновение с автотракторной техникой – причиной схода и разрушения путей, повреждения контактной сети, долговременной остановки движения и т.д.

Основная доля причин происшествий – внешние (выезд автотракторной техники, погодные аномалии и т.п. – до 40%) [4]. Однако оставшиеся связаны с функционированием самого железнодорожного транспорта. Это разрушение конструктивных элементов вагонов (14%), пути (16%), ошибки в работе персонала станции (13%) и локомотивных бригад (10%). Определённый вклад вносят проблемы с автоматикой и неисправности локомотивов (до 6%).

В связи с неполнотой представленных в открытых источниках информации эти показатели достаточно условны, но общие негативные тенденции очевидны.

Имеющаяся в доступе статистика показывает, что более половины происшествий, связанных с работой ЖТ, составляют сходы поездов, особенно участвовавшие в последнее время (более 80% всех происшествий за 2019-2020 гг). При этом, причинами схода, если это не результат столкновения, чаще всего являются:

Сход из-за распора колеи. Это уширение колеи от её нормы (1520мм +8;-4). Если колея будет больше, а поезд поедет по установленной скорости равной 60-80 км/ч, то колеса подвижного состава сойдут на середину пути. В этом случае правильным будет ограничение скорости до 20 км/ч.

Сход из-за выжимания экипажа. Экипаж – это нижняя часть вагона, локомотива, тележки и т.д., т.е. всего, что ниже кузова. Часто выжимание экипажа происходит из-за неправильно сформированного состава, когда груженные вагоны ставят в хвост, а порожние в голову.

Сход из-за недопустимого горизонтального поперечного искривления (сдвига) колеи колесами «шальной» тележки при торможении поезда или из-за ее температурного выброса. Этот сход характерен для летнего сезона. Есть стыковой и бесстыковой путь и есть температурные рельсовые зазоры. Допустимая норма рельсовых зазоров 20-22 мм. Если в рельсовом стыке произошел слепой зазор, т.е. нарушились допустимые нормы, то происходит выброс рельса, соответственно идет уширение колеи и дальнейший сход подвижного состава.

Сход из-за излома рельса. Излом рельса характерен для низких температур, когда зазор превышает 26-28 мм. В этом случае либо разрывает сам стык, либо рельс в любой его части.

Сход из-за накатывания на неприлегающее к рамному рельсу острие остряка подрезанного гребня «шальной» тележки и вползания гребня на рамный рельс и остряк. Есть остряк стрелочного перевода, прилегание которого к рамному рельсу не должно превышать 4 мм, не плотно прилегает к рельсу, то может произойти сход. В холодное время года чаще случается, когда происходит налипание льда, летом, когда попадает обычная грязь, которая вовремя не убирается. В основном характерно для противощерстного движения, когда колёса едут на остряк.

Сходы в кривых из-за избыточного возвышения наружного рельса. Кривая лежит под углом и имеет внутренний и наружный рельс. Если наружный рельс возвышается над внутренним более 75 мм, то может произойти два развития событий: либо колесная пара уйдет в сторону наружного колеса кривой, либо гребень колеса наткнется на головку рельса

Согласно [1, 2], по каждому факту организуется служебное расследование, материалы которого предоставляются в достаточно сжатые сроки. Определённую помощь в этом могут оказать информационные технологии.

Организация информационной поддержки. Принятие решений по расследованию происшествий может быть ускорено с использованием соответствующих информационных систем. Подобная система должна включать в себя три этапа обработки информации, которые могут быть реализованы как по отдельности, так и собраны в одной.

I. Сбор и систематизация первичной информации.

II. Анализ информации, формирование гипотез о причинах происшествия.

III. Формирование итоговых документов.

Рассмотрим их подробнее.

Этап сбора и систематизации первичной информации предполагает заполнение базы данных (БД), содержащей сведения о происшествии. На этом этапе осуществляется сбор информации, способствующей скорейшему и успешному завершению расследования. Собранная информация должна структурироваться и систематизироваться так, чтобы по возможности исчерпывающим образом описывать и характеризовать обстоятельства дела. Основная технология здесь – системы управления базами данных (СУБД).

Этап анализа самый сложный. В нём на основе результатов первого этапа:

- 1) формируются рабочие гипотезы о причинах происшествия (версии);
- 2) определяется перечень вопросов, на которые необходимо ответить;
- 3) определяются службы и лица, которых необходимо привлечь к расследованию;
- 4) выбирается окончательная версия и формируется доказательная база по ней;
- 5) вырабатываются рекомендации по уменьшению числа происшествий по установленной причине.

На этом этапе используется информация, собранная на этапе I, плюс организуется диалог с пользователем (пользователями) в вопросно-ответном режиме. Поскольку содержательный анализ предполагает в т.ч. определённые умозаключения, логический вывод, здесь целесообразно использовать технологию экспертных систем (ЭС). Также представляется полезным дополнить второй этап средствами OLAP-анализа, для чего или БД следует изначально проектировать как OLAP-куб, или оперативную БД дополнять хранилищем с соответствующей архитектурой (например, «звезда»).

Этап формирования документов предполагает автоматизацию процесса составления документов на основе собранных материалов. В идеале документы должны по форме соответствовать установленным требованиям, однако возможно просто текстовое описание результатов и выводов; оформлять их будут соответствующие лица.

На каждом из этапов возможен возврат на предыдущие этапы с целью запроса и уточнения результатов и данных. Для наглядности, этапность, а также связанные с этим информационные потоки представлены на рисунке 1.

Стрелка вверх – это запрос информации, стрелка вниз – её предоставление для последующей обработки.

База данных должна включать в себя сведения о происшествии:

- вид происшествия (крушение, авария, и т.п. согласно классификации из [1, 2]);
- дата, время и место происшествия с необходимой степенью подробности;
- характер происшествия (столкновение железнодорожного подвижного состава с другим железнодорожным подвижным составом, с транспортным средством, сход железнодорожного подвижного состава на перегоне или железнодорожной станции, при поездной или маневровой работе, экипировке или других передвижениях и т.п. согласно пп 3-5 из [1], а также [2]);
- сведения об участниках;
- последствия (погиб один и более человек, причинен тяжкий вред здоровью пяти и более человек, возникла чрезвычайная ситуация, при которой пострадало десять и более человек и т.д. для крушений и аварий согласно [1]);
- предварительные и выявленные причины и обстоятельства (возгорание груза, затопление, пожар, столкновение и т.п. согласно [1, 2]; например, для происшествий при перевозке (транспортировке) опасных грузов такие обстоятельства как просыпание (пролив) опасных грузов, вследствие повреждения вагона или контейнера, повреждения упаковки, неплотно закрытых люков вагона, дефекте (повреждения) котла вагона-цистерны, дефекте (повреждении) арматуры котла вагона-цистерны, дефекте (повреждении) сливного прибора вагона-цистерны, нанесшего ущерб жизни и здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, окружающей

природной среде, приведшие к чрезвычайным ситуациям межрегионального и федерального характера, определяемым в соответствии с [3]);

- масштаб происшествия согласно [3] и его последствия;
- перечень проинформированных лиц и организаций;
- состав комиссии Ространснадзора;
- состав комиссии от субъекта ЖТ с возможным участием представителей владельцев подвижного состава, перевозчиков (с указанием принадлежности);
- техническое заключение о причинах и последствиях транспортного происшествия, события [1, 2];
- оценка фактического состояния железнодорожного подвижного состава, объектов инфраструктуры и пути на предмет соответствия требованиям;
- оценка действий причастного персонала и должностных лиц;
- особые мнения членов комиссии с указанием авторства и принятых решений
- результатах расследования, включая доказательную базу: фотографии, речевые сообщения, результаты лабораторных исследований и т.п. согласно [1, 2];
- иные, необходимые при производстве следственных действий сведения согласно [1, 2].

Целесообразно по каждому событию помимо его формализованных характеристик иметь развёрнутое описание происшествия в целом или его отдельных аспектов: место, причины и следствия, причастных лицах и т.д. Это, в частности, облегчит формирование итоговых документов согласно требованиям нормативных документов.

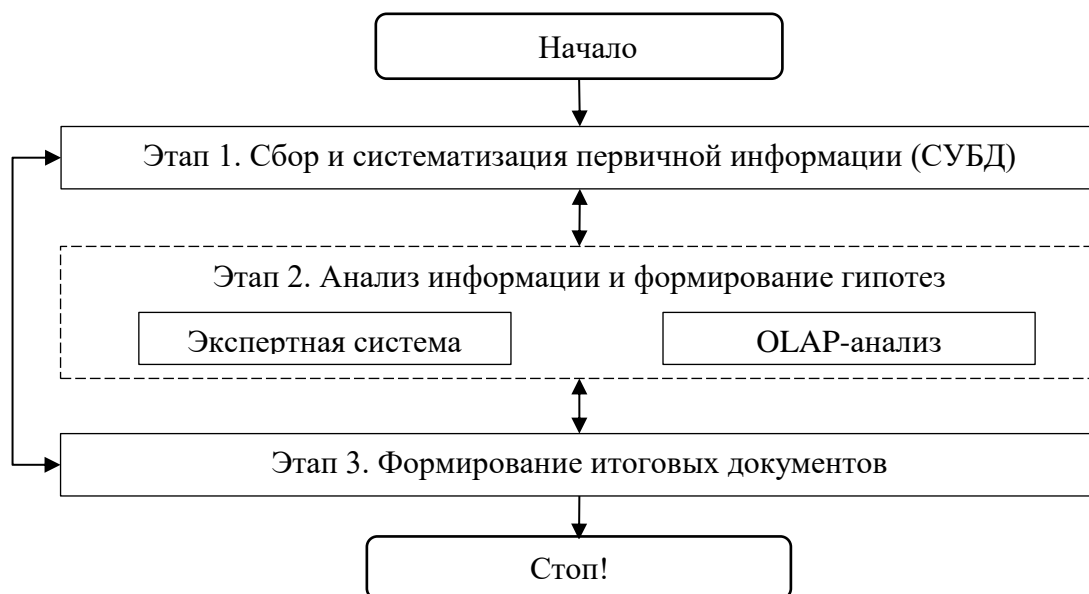


Рис. 1. Этапы обработки информации при анализе происшествий на ЖТ

Доступ к БД должен быть авторизованным, причём разделённым к различным фрагментам данных и иерархизированным. Также целесообразно предусмотреть роли с правами только на чтение и на чтение и запись.

Следующим этапом является автоматизированный интеллектуальный анализ собранной информации, формирование гипотез (версий) о возможной причине события и выбор окончательной гипотезы с соответствующим доказательством. Этот этап предполагает активное участие ЭС. Начальными фактами, с которых стартует вывод, должны являться материалы, хранимые в БД, плюс дополнительные вопросы, предусмотренные ЭС.

Представляется проблематичным формирование БЗ за один раз. Это должен быть итеративный процесс, обусловленный накоплением опыта расследования. Ядро БЗ формируется на основе уже известных случаев, однако нет гарантии появления нетипичных обстоятельств, в связи с чем БЗ должна быть расширяемой. Это подсказывает, что в качестве модели

знаний следует выбирать продукционную модель, как обладающую важным качеством: простотой редактирования. Это позволит относительно легко совершенствовать её по мере эксплуатации. Важное «но» – необходимость проверки БЗ на непротиворечивость, что может быть выполнено с использованием метода, изложенного в [5, 6].

Разработку системы целесообразно начинать с самого массового вида происшествий – сходов поездов. На рисунке 2, с учётом [1, 2, 7], предлагается диаграмма Исикавы, содержащая отдельные факторы сходов и их категории.

Диаграмма Исикавы – это способ визуализации наиболее существенных факторов и взаимосвязей в предметной области. В данном случае – схода состава с рельсов. Согласно диаграмме факторы, способствующие сходу, делятся на классы: «Электрика» (выход из строя электрооборудования), «Локомотивная бригада» (ошибки в работе локомотивных бригад), «Станция» (ошибки работников станции, ошибки сигнализации), «Вагоны» (неисправности вагонов или локомотива), «Путь» (неисправности пути). Сходы, возникающие опосредованно, как результат каскадного развития событий, здесь не рассматриваются.



Рис. 2. Диаграмма Исикавы для сходов

Классы (категории факторов) нужно рассматривать как гипотезы о причинах схода. Как следует из рисунка, на диаграмме причинами в каждой категории выступают следующие факторы.

Для категории «Электрика»:

- Обрыв контактного провода;
- Несвоевременное устранение провеса.

Для категории «Локомотивная бригада»:

- Проезд запрещающего сигнала светофора;
- Неправильное торможение состава;
- Несанкционированное движение состава на перегон, приём или отправление;
- Состояние здоровья;
- Наличие посторонних в кабине.

Для категории «Станция»:

- Приём или отправление поезда по неготовому маршруту;
- Отправление состава на занятый перегон;
- Приём поезда на занятый путь;
- Ложное появление разрешающего или более разрешающего сигнала светофора.

Для категории «Вагоны»:

- Повреждение или отказ локомотива;
- Падение на железнодорожный путь деталей подвижного состава;
- Развал груза в пути следования;
- Обрыв автосцепки во время движения;
- Неправильная регулировка тормозов.

Для категории «Путь»:

- Излом рельса во время движения;
- Посторонние предметы;
- Стрелочный перевод под подвижным составом;
- Расширение колеи из-за погодных условий.

Каждая дуга здесь – это продукция в нашем случае. Например,

Если обнаружено «Обрыв контактного провода»,
то возможная причина схода «Электрика»,

или

Если обнаружено «Повреждение или отказ локомотива»,
то возможная причина схода «Вагоны».

Чтобы не перегружать диаграмму здесь представлена только часть возможных причин. Например, для категории «Вагоны» нет фактора «Повреждение или выход из строя вагона (вагонного оборудования)», который также имеет множество составляющих. Сами сходы тоже довольно разнообразны. К примеру, в диссертации Ермоленко И.Ю. [8] описан случай, произошедший 31 августа 2020 года на перегоне Кедровая-Сибирская-Танхой Восточно-Сибирской железной дороги, когда произошёл сход последнего вагона со смещением вбок. Сход был проанализирован с помощью методики, изложенной в работах автора и его коллег [9-12]. Причиной схода стало заклинивание автосцепки, приведшей к чрезмерным боковым воздействиям со стороны колёсной пары последнего вагона на рельс на криволинейном участке пути. Здесь предлагается диаграмма Исикавы учтённых при этом факторов (рисунок 3).

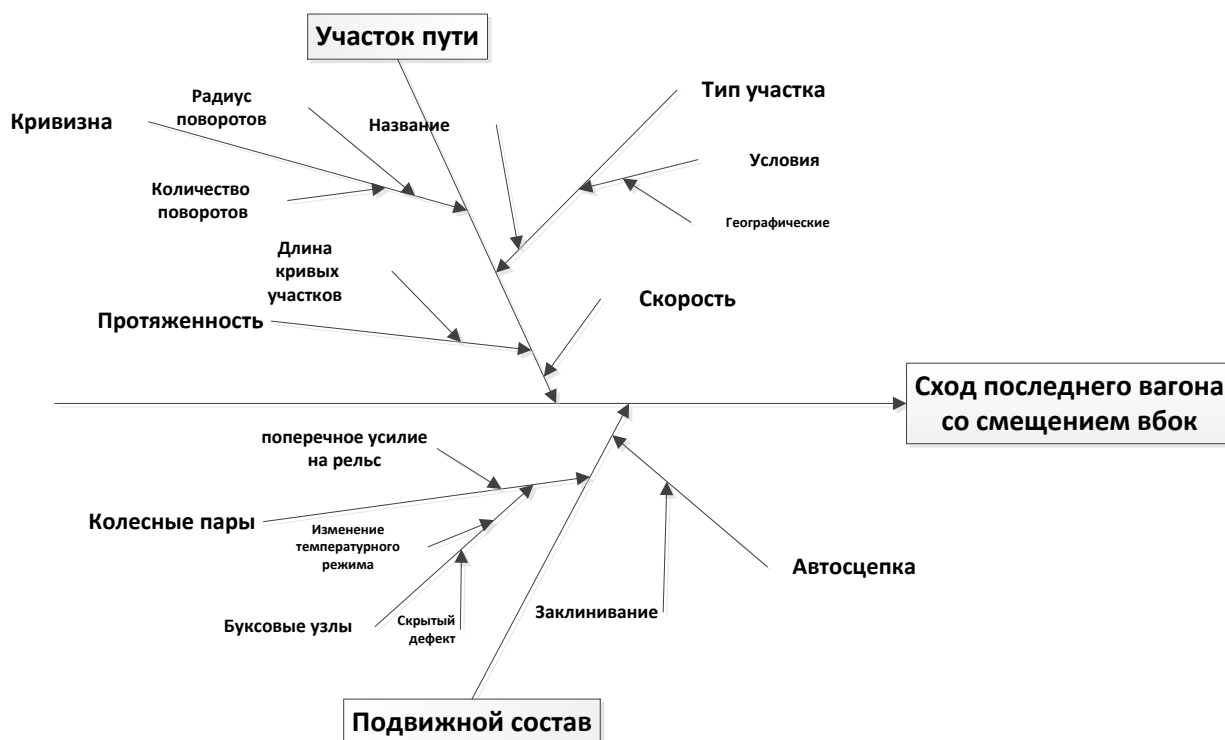


Рис. 3. Факторы, влияющие на сход последнего вагона со смещением вбок

Такие случаи и могут ложиться в основу рассматриваемой БЗ. Анализ при этом будет не количественный, с использованием математических моделей (как в [9-12]), а качественный,

на основе знаниевых технологий, что имеет самостоятельную ценность на первоначальных этапах расследования.

В частности, для описанного случая в результате систематизации факторов было определено, что подобные сходы могут происходить при сочетании определенных условий:

- движение в пологих кривых участках пути радиусом от 800 м до 1200 м со скоростью 60-80 км/ч (в этих случаях возникает поперечная нагрузка, которая длительно воздействует на дугу рельсовой нити и может являться причиной ее разрыва);

- при заклинивании хвостовика автосцепки, что может привести к возникновению сверхнормативных боковых нагрузок на рельс со стороны колёсной пары.

Каждый из факторов также может является следствием своих собственных причин. Эти причины могут порождаться третьими и так далее. Возникает причинно-следственная цепочка, выявление которой и является первичной задачей расследования. Чтобы учесть разнообразие причин каждая категория может быть развита и дополнена, что достаточно просто в принятой модели знаний. Причем выбором подходящей логики можно учесть и вероятностный характер событий. В качестве основных стратегий вывода в ЭС следует предусмотреть возможность как прямого, так и обратного выводов с упором на обратный. Обратный вывод позволит избежать лишних проверок, если гипотеза в достаточной мере очевидна.

Этот принцип переносится и на расследование остальных происшествий, а БЗ, построенная по такому принципу остаётся открытой для развития и совершенствования.

Наконец *третья часть* – формирование итоговых документов – использует результаты работы первых двух этапов. Здесь предполагается заполнение соответствующих бланков с возможностью их редактирования. Бланки заполняются сведениями, хранящимися в БД, а также результатами анализа ЭС.

Заключение. В работе рассматривается возможный состав информационной системы поддержки принятия решений по расследованию происшествий на железнодорожном транспорте. Назначение системы – ускорение и облегчение расследования происшествий. К особенностям системы авторы относят её «трёхчастность» с соответствующим наполнением частей:

- подсистемы сбора и систематизации первичной информации;
- подсистемы анализа информации и формирования гипотез;
- подсистемы формирования итоговых документов.

Содержимое составляющих ИС следующее. Первая подсистема предполагает использование реляционной СУБД для систематизации собранных сведений.

Вторая – экспертная система (ЭС) построения и проверки гипотез о причинах происшествия. Этот этап также может дополняться средствами OLAP-анализа.

Третья предназначена для ускорения процедуры подготовки итоговых документов по результатам расследования.

Систему целесообразно развивать, начиная с самого массового вида происшествий – сходов, но заложить в неё перспективы развития и на другие классы событий. Поскольку БЗ системы становится расширяемой, в экспертную часть обязательно должна входить подсистема выявления противоречий и других аномалий БЗ, что также является особенностью обсуждаемой ИС. Сами знания удобно хранить в продукционной форме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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. – <https://base.garant.ru/70878628/> (25.01.2022).

2. Распоряжение ОАО РЖД от 08.05.2015 N 1185р (ред. от 13.09.2016) «Об утверждении Положения об организации расследования и учета транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железно-

дорожного транспорта на инфраструктуре ОАО РЖД». – <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-oao-rzhd-ot-08052015-n-1185r/> (25.01.2022).

3. Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. N 304 "О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" (с изменениями и дополнениями от 17 мая 2011 г., 20 декабря 2019 г). – <https://base.garant.ru/12153609/> (25.01.2022).

4. Железнодорожные происшествия в Российской Федерации. – https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%81%D1%88%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D1%8F_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%A4%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8 (10.11.2021).

5. Аршинский Л.В., Ермаков А.А., Нитежук М.С. Логика с векторной семантикой как средство верификации баз знаний // Онтология проектирования. 2019. – Т. 9, – №4(34). – С.510-521. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-510-521.

6. Аршинский Л.В., Ермаков А.А., Нитежук М.С. Комплексная верификация продукционных баз знаний с использованием VTF-логик // Онтология проектирования. 2020. – Т. 10. – №1(35). – С. 112-120. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-112-120.

7. Кулаков О.Р. Проблемы обеспечения безопасности в системе управления перевозками / О.Р. Кулаков, М.С. Изтеулов, М.К. Матаев, А.Д. Мустапаева // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2009. – №2(57). – С. 97-99.

8. Ермоленко И. Ю. Расчетно-экспериментальная методика оценки взаимодействия вагонов и пути на горно-перевальных участках. Автореф ... дис. кан. наук. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, СПб, 2020. – 16 с.

9. Железняк В. Н. Анализ собственных колебаний боковых рам тележек модельного ряда 18-100 при силовом воздействии, обусловленных рельефом горного пути и дефектами на поверхности катания колесо-рельс / В. Н. Железняк, И. Ю. Ермоленко, Д. А. Ковенькин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2015. – № 4(48). – С. 20-24.

10. Ермоленко И. Ю. Механика образования дефектов на поверхности катания колеса и рельса при прохождении горного рельефа местности / И. Ю. Ермоленко, В. Н. Железняк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. – № 3(51). – С. 193-199.

11. Ермоленко И. Ю. Исследование динамики подвижного состава с использованием экспериментального вагона-лаборатории при движении по сложным участкам дороги ВСЖД / И. Ю. Ермоленко, В. Н. Железняк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. – № 4(52). – С. 199-203.

12. Ермоленко И. Ю. Влияние профиля пути горного участка ВСЖД на силовое взаимодействие «колесо-рельс» с учетом экспериментальных параметров вагона-лаборатории / И. Ю. Ермоленко // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. – Т. 21. – № 2. – С. 170-180.

REFERENCES

1. *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 ekspluatacii 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.]. – <https://base.garant.ru/70878628/> (25.01.2022).

2. *Rasporyazhenie OAO RZHD ot 08.05.2015 N 1185r (red. ot 13.09.2016) «Ob utverzhdenii Polozheniya ob organizacii rassledovaniya i ucheta transportnyh proisshestvij i inyh sobytij,*

svyazannyh s narusheniem pravil bezopasnosti dvizheniya i ekspluatatsii zheleznodorozhnogo transporta na infrastrukture OAO RZHD» [Order of JSC Russian Railways dated 08.05.2015 N 1185r (ed. dated 13.09.2016) "On approval of the Regulations on the Organization of investigation and Accounting of Transport accidents and Other Events Related to Violation of traffic safety Rules and Operation of Railway transport on the Infrastructure of JSC Russian Railways"]. – <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-oao-rzhd-ot-08052015-n-1185r/> (25.01.2022).

3. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21 maya 2007 g. N 304 "O klassifikatsii chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogennogo haraktera" (s izmeneniyami i dopolneniyami ot 17 maya 2011, 20 dekabrya 2019)* [Decree of the Government of the Russian Federation No. 304 of May 21, 2007 "On the Classification of natural and man-made emergencies" (with amendments and Additions dated May 17, 2011, December 20, 2019)]. – <https://base.garant.ru/12153609/> (25.01.2022).

4. *ZHeleznodorozhnye proisshestviya v Rossijskoj Federatsii* [Railway accidents in the Russian Federation]. – https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%81%D1%88%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D1%8F_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D0%A4%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8 (25.01.2022).

5. Arshinskiy L.V., Ermakov A.A., Nitezhuik M.S. *Logiki s vektornoj semantikoj kak sredstvo verifikatsii baz znaniy* [Logic with vector semantic as a means of knowledge bases verification] // *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of Designing], 2019, no 4(34), vol. 9, pp. 510-521. DOI: 10.18287/2223-9537-2019-9-4-510-521.

6. Arshinskiy L.V., Ermakov A.A., Nitezhuik M.S. *Kompleksnaya verifikatsiya produkcionnyh baz znaniy s ispol'zovaniem V^{TF} -logik* [Complex verification of rule-based knowledge bases using V^{TF} -logic] // *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of Designing], 2020, no 1(35), vol. 10, pp. 112-120. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-1-112-120.

7. Kulakov O.R. et al. *Problemy obespecheniya bezopasnosti v sisteme upravleniya perevozkami* [Security issues in the transportation management system] // *Vestnik Kazahskoj akademii transporta i kommunikacij im. M. Tynyshpaeva* [Bulletin of KazATC], 2009, no 2(57), pp. 97-99.

8. Ermolenko I. Yu. *Raschetno-eksperimental'naya metodika ocenki vzaimodejstviya vagonov i puti na gorno-pereval'nyh uchastkah* [Computational and experimental methodology for assessing the interaction of wagons and tracks on mountain-transshipment sites]. Abstract of thesis of PhD. Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University. Sankt-Petersburg, 2020, 16 p.

9. Zheleznyak V.N., Ermolenko I.Yu., Kovenkin D.A. *Analiz sobstvennyh kolebanij bokovyh ram telezhek model'nogo ryada 18-100 pri silovom vozdejstvii, obuslovlennyh rel'efom gornogo puti i defektami na poverhnosti kataniya koleso-rel's* [Analysis of model series 18-100 trucks solebar free vibrations at force actions, caused by the terrain of the mountain path and defects on wheel-rail tread area] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling], 2015, no 4(48), pp. 20-24.

10. Ermolenko I.Yu., Zheleznyak V.N. *Mekhanika obrazovaniya defektov na poverhnosti kataniya koleasa i rel'sa pri prohozhdenii gornogo rel'efa mestnosti* [Mechanics of formation of defects on the surface of the wheel and rail riding while passing the mountain terrain] // *Modern technologies. System analysis. Modeling*, 2016, no 3(51), pp. 193-199.

11. Ermolenko I.Yu., Zheleznyak V.N. *Issledovanie dinamiki podvizhnogo sostava s ispol'zovaniem eksperimental'nogo vagona-laboratorii pri dvizhenii po slozhnym uchastkam dorogi VSZHD* [Study on dynamics of rolling stock using an experimental laboratory car when driving on difficult sections of the road] // *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling], 2016, no 4(52), pp. 199-203.

12. Ermolenko I.Yu. *Vliyanie profilya puti gornogo uchastka VSZHD na silovoe vzaimodejstvie «koleso-rel's» s uchetom eksperimental'nyh parametrov vagona-laboratorii* [East Siberian railroad mountain track profile effect on “wheel-rail” force interaction with regard to experimental pa-

Информация об авторах

Леонид Вадимович Аршинский – д.т.н., доцент, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: larsh@mail.ru.

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

Authors

Leonid Vadimovich Arshinskiy – Doctor of Technical Science, professor of department “Information Systems and Information Security”, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: larsh@mail.ru.

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

Для цитирования

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 – Режим доступа: <http://ismm-irgups.ru/toma/412-2021>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 27.01.2022)

For citations

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 [Accessed 27/01/22]