

Управление рисками в организации движения поездов

П. С. Бурдяк✉

Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Российская Федерация

✉ burdyakps@mail.ru

Резюме

В статье рассматривается современный подход к получению информации от событий, сопровождающих перевозочный процесс. Существующий подход к выявлению причин отказов и технологических нарушений имеет направленность на установление причин возникновения сбоя и оценку последствий, вызванных событием. Такой подход продиктован постоянным наличием сбоев и необходимостью определения виновного подразделения с дальнейшей проработкой причин и предупреждения таких событий. Современные технологии сбора и обработки данных с использованием искусственного интеллекта уже реализуются во многих высокотехнологичных компаниях мира. Целью этих технологий является получение большого объема данных с целью их обработки и выявления ранее неизвестных зависимостей. Использование этих зависимостей в перевозочном процессе позволит сделать его более совершенным. Аналогичный подход был реализован в 70–80 гг. прошлого века, когда активно началось внедрение автоматизированных систем управления в железнодорожном транспорте. Совершенствование технологии перевозочного процесса позволило сократить ограничения в развитии инфраструктуры железнодорожного транспорта по многим направлениям. На сегодняшний день использование результатов обработки больших данных является продолжением уже реализованной технологии совершенствования перевозочного процесса. Предложение такой услуги другим участникам рынка и использование «своих» и «чужих» данных позволит обработать больше информации и получить лидерство в этой технологии. Доминирование в железнодорожной отрасли на основе современных технологий позволит компании надолго закрепиться в лидерах рынка, в том числе мирового.

Ключевые слова

управление рисками, перевозочный процесс, движение поездов, искусственный интеллект, большие данные, график движения поездов

Для цитирования

Бурдяк П. С. Управление рисками в организации движения поездов / П. С. Бурдяк // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 3 (71). – С. 76–82. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).76-82

Информация о статье

поступила в редакцию: 10.08.2021, поступила после рецензирования: 20.08.2021, принята к публикации: 03.09.2021

Risk management in train operation

P. S. Burdyak✉

Siberian State University, Novosibirsk, the Russian Federation

✉ burdyakps@mail.ru

Abstract

A modern approach to obtaining information from events accompanying the transportation process is considered. The current approach to determining the causes of failures and technological breaches is aimed at determining the causes of the failure and assessing the consequences caused by the event. This approach is dictated by the constant presence of failures and the need to attribute them to the guilty division with the further study of the causes and prevention of such events. Modern data collection and processing technologies using artificial intelligence (AI) are already being implemented in many high-tech companies around the world. The goal of these technologies is to obtain and process a large amount of data and reveal previously unknown dependencies. Using these dependencies in the transportation process will make it possible to improve the latter. A similar approach was implemented in the 70–80-ties of the last century, when the introduction of automated control systems in railway transport began. Improving the technology of the transportation process has reduced restrictions in the development of infrastructure for road transport in many areas. To date, the use of big data processing results is a continuation of the already implemented technology for improving the transportation process. Offering such a service to other market participants and using “own” and “foreign” data will allow processing more information and gain leadership in this technology. The modern technology-based dominating in the railway industry may allow the company to become a long term leader in the market, including the global one.

Keywords

risk management, transportation process, train traffic, artificial intelligence, big data, train schedule

For citation

Burdyak P. S. Upravlenie riskami v organizatsii dvizheniya poezdov [Risk management in train operation]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 3 (71), pp. 76–82.– DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).76-82

Article Info

Received: 26.08.2021, Revised: 03.09.2021, Accepted: 09.09.2021

Введение

Риски в организации движения поездов можно поделить на внешние и внутренние. Как правило, все внимание уделяется внутренним рискам, которые вносят непредвиденные коррективы в перевозочный процесс. К ним, в первую очередь, относятся отказы технических средств, технологические нарушения и инфраструктурные ограничения. Внешние риски рассматриваются как более системные явления: колебания объемов перевозок, сезонность, экономические факторы и т. д. При этом существуют внешние риски более высокого уровня, как пример, доминирование в отрасли [1]. Потеря контроля над доминированием в отрасли, как показывает практика, надолго отодвигает игрока в позицию ведомого.

Внешние и внутренние риски в организации движения поездов связаны и не должны быть разделены. Стратегия управления ими не может выбрать путь уклонения или передачи их. Единственное, что позволит контролировать перевозочный процесс и транслировать его во вне – это путь снижения и принятия внутренних и внешних рисков. Данный подход является наиболее зрелым и правильным [2].

Формирование модели

Показатели движения поездов на сети ОАО «РЖД» превосходят показатели многих сетей зарубежных стран как по перевозке грузов, так и по количеству транспортных единиц (поездов) [3, 4] (табл.).

Данные об объемах перевозок
Traffic data

Ранг	Страна	Млрд т·км	Год
1	Китай	2,696	2017
2	Россия	2,596	2018
3	США	2326	2016
4	Индия	1223	2018
5	Канада	352	2011
6	Бразилия	267	2014
7	Украина	237	2011
8	Казахстан	236	2012
9	Австралия	198	2008
10	Южная Африка	135	2014
11	Мексика	81	2014
12	Германия	75	2014
13	Беларусь	45	2014
14	Польша	32	2014
15	Франция	32	2014

16	Великобритания	24,4	2014
17	Узбекистан	22	2012
18	Иран	22	2013
19	Швеция	21,1	2014
20	Япония	21	2014

Несмотря на трудности в организации такого процесса, следует разглядеть возможности получения конкурентного преимущества. И, в первую очередь, это получение большого количества данных (bigdata) о продвижении потоков поездов, которые можно собрать и применить для анализа. Объем таких данных в разы больше, чем у железнодорожных сетей Европы, где грузовые перевозки на втором месте после скоростного и высокоскоростного движения. Опережение в использовании результатов анализа больших данных позволит получить положительные результаты на сети ОАО «РЖД» и предложить их рынку транспортных услуг (рис. 1).



Рис. 1. Схема использования данных, их анализ и формирование гипотезы

Fig. 1. Data use and analyses and building a hypothesis

На рис. 2 укрупненно изображена проверка гипотезы и ее использование:

– выдвигается гипотеза о наличии зависимости;

- данные подвергаются анализу для подтверждения или опровержения гипотезы;
- устанавливается выбор области дальнейшего анализа для получения зависимостей;
- тестирование, сравнение результатов с уже известным опытом;
- опытная эксплуатация на полигоне или в пределах железной дороги;
- промышленная эксплуатация;
- адаптация для внешних рынков, выдвижение гипотез для новых рынков и новый виток развития.

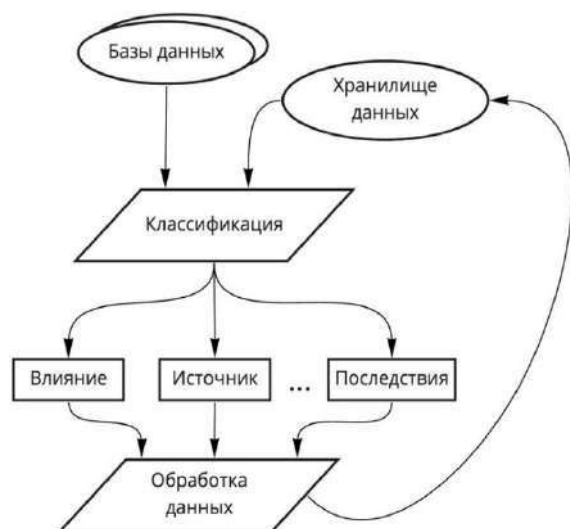


Рис. 2. Укрупненная схема проверки гипотезы и ее использование

Fig. 2. The enlarged scheme of verifying the hypothesis and its use

Неостановимое развитие перевозочного процесса с учетом «своей» и «чужой» базы данных, извлечение прибыли, техническое и технологическое доминирование будут являться результатом. Данный подход решает проблему постоянного совершенствования перевозочного процесса за счет синергетического эффекта исходных данных из нескольких источников.

Основным в данной последовательности следует выделить этап выдвижения гипотезы о существующей зависимости и решаемой проблеме. Для формирования пула гипотез предлагается обработка материалов в цифровом виде с использованием алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ). Здесь должны быть проанализированы рабочие материалы, научные исследования, конференции, материалы библиотек и др.

Примерами реально применяемых технологий по применению автоматизированной обработке текста являются несколько десятков систем. Ниже

приведены в качестве примера три: Томита-парсер, RCO Fact Extractor SDK, ABBYY FlexiCapture [5, 6].

Формирование гипотез о возможных проблемах более важная задача, чем применение уже известных и применяемых технологий по сбору и обработке данных. В том числе и ошибок, допускаемых человеком. Эти ошибки также могут быть описаны, например, с использованием моделей Й. Расмусена [7] и Дж. Ризона [8].

Данные модели и их основные принципы позволяют использовать их для поиска слабых мест в новых более сложных технических и технологических системах с учетом возможных ошибок человека.

С развитием информационных технологий по сбору и хранению данных – баз данных (databases), хранилищ данных (data warehousing) появилась возможность обрабатывать большие объемы информации без участия человека.

Используя Data Mining возможно обработать тысячи источников информации (материалы научных исследований, конференций, материалов библиотек, газетных статей), чтобы извлечь и собрать данные, которые могут иметь отношение к интересующей теме по прогнозированию рисков в организации движения поездов. Извлечение данных будет первым и подготовительным этапом в процессе анализа.

На этом этапе с помощью Data Mining решается задача определения влияния события на процесс движения поездов и дальнейшая классификация входных событий по известным характеристикам (влияние метеоусловий, геополитические события в мире, спад или рост экономики, новые идеи конкурирующих игроков на рынке перевозок и т. д.). Данные после этого этапа в упорядоченном, согласно классификации виде, размещаются в хранилищах данных.

Использование Machine Learning для обучения и дальнейшего применения основано на использовании:

- искусственного интеллекта;
- математической статистики;
- численных методов;
- теории вероятности;
- теории графов и др.

Главная задача такой системы: обучаться для решения задач сходных с пулом классифицированных событий.

Для решения данной задачи нет ограничения в применении метода обучения с учителем или без него [9]. В случае, если мы применяем метод обучения с учителем (Supervised learning), для каждого прецедента задается пара: ситуация – требуемое решение. При выборе метода обучения без учителя (Unsupervised learning) – только ситуация. В этом случае система обучается выполнять поставленную задачу без вмешательства со стороны.

Для метода обучения без учителя формулируется задача кластеризации и выявления ее структуры. Методами решения могут быть графовые алгоритмы кластеризации или статистические алгоритмы кластеризации [10].

Разбивка выборки на группы схожих объектов по рискам, значимым событиям конкурирующих игроков, определению трендов позволит упростить в дальнейшем обработку данных и принятие решения по стратегическим действиям в управлении рисками в организации движения поездов.

В качестве примера работы модели рассмотрен перевозочный процесс, который имеет колебания, связанные с разными факторами. Эти факторы в большинстве своем случайны и не прогнозируемы. Они заложены в расчете пропускных способностей железнодорожных линий и предназначены для восстановления работоспособности системы [11]. Однако данный резерв имеет ограничения. Поэтому часть перерывов в движении поездов можно сократить и, соответственно, увеличить качественные показатели железных дорог.

Из всех направлений поиска зависимостей между условиями перевозочного процесса и его исполнением стоит выделять наиболее вероятные. Для отказа технических средств (пул данных находится в таких системах, как Комплексная автоматизированная система учета, расследования и анализа случаев технологических нарушений (КАСАТ) и Комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов в работе технических средств и анализа их надежности (КАСАНТ)), повлекших за собой сбой в движении поездов, исходными данными могут послужить:

1. Эффективность действий работников по ликвидации нарушения (численность, опыт, обеспе-

чение необходимыми ресурсами) – данные Единой корпоративной автоматизированной системы управления трудовыми ресурсами (ЕКАСУТР).

2. Состояние объекта отказа (наработка в часах, периодичность обслуживания, производитель) – данные Единой корпоративной автоматизированной системы управления инфраструктурой (ЕКАСУИ).

3. Природные условия (температура, осадки, время суток, скорость ветра) – данные метеостанций.

4. Другие данные из систем ГИД, ГИР, Автоматизированная система оперативного управления перевозками (АСОУП).

Из выбранных данных по отказам следует проводить логические связи и систематизировать их по месту, времени, количеству, частоте, удаленности от объектов воздействия и т. д. Bigdata и ИИ позволяют не ограничиваться очевидными связями как в примере: работник службы «В» и работник службы «П» смогли сократить время отказа за счет их случайного нахождения в месте отказа (выполняли другие должностные обязанности). Время доставки к месту отказа будет результатом перекрестного сопоставления отказов, не связанных друг с другом. Это может повлиять на расположение мест дислокации ответственных работников.

Другой неочевидный пример: в группе поездов на перегоне первым идет поезд под управлением самого опытного (отдохнувшего, благополучного, здорового, сильного и т. д., т. е. количество критериев не ограничено для bigdata) машиниста. Предположим, что первым идет «самый», а замыкает «не самый» машинист. При этом для системы «не самый» не значит «плохой», а всего лишь уступающий «самому». При возникновении отказа, связанного с неисправностью локомотива, время выхода из него меньше, если первым идет «самый», и, соответ-

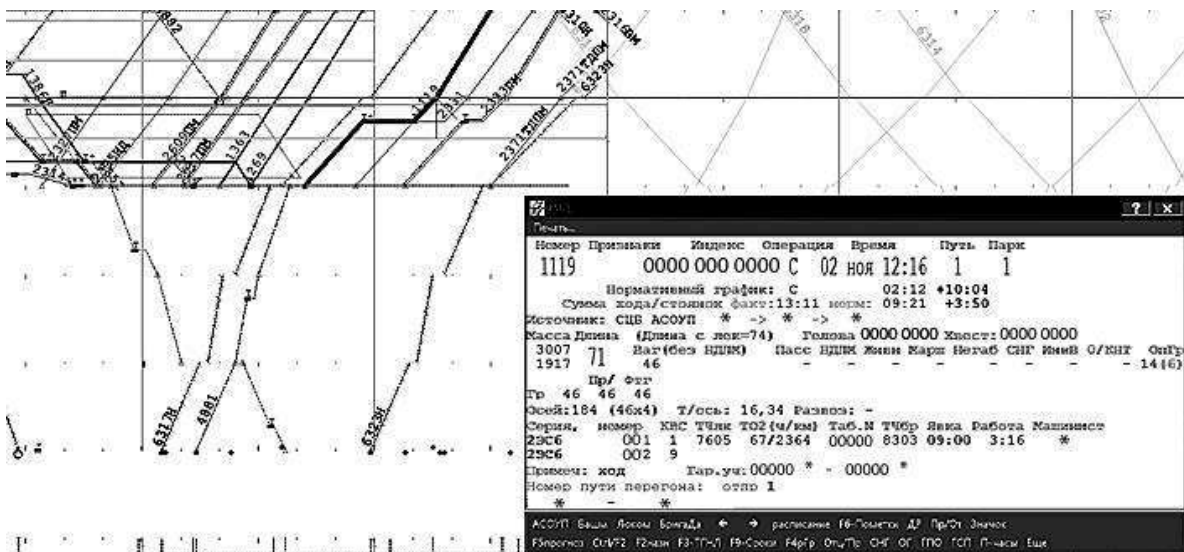


Рис. 3. Фрагмент графика исполненного движения поездов на перегоне

Fig. 3. Graph fragment of the performed train traffic on the stage

ственно, больше, если группу ведет замыкающий «не самый». На рис. 3 представлен фрагмент графика исполненного движения поездов с описанной ситуацией. Данные на рисунке обезличены.

На рис. 3 представлен реальный случай задержки поезда № 1119 на перегоне и последующая задержка трех грузовых поездов. При этом за час до нарушения поезда большей массы проходили перегон без сбоев. Ликвидация задержек на перегоне и движение по графику восстановилось только спустя 50 мин.

Данный случай был зарегистрирован в системе КАСАТ по пометке поездного диспетчера и подлежит расследованию и отнесению вины за нарушение на ответственную службу или подразделение. Однако группа из шести поездов, которая прошла без сбоев перед отправленным электропоездом, не будет проанализирована. Для этого нет причины. При этом данная группа, возможно, несет большую информацию о сочетании поездов и порядке их отправления, чем «сбойный № 1119».

Из анализа поездной ситуации можно выделить информацию о случае по данным ГИД без ис-

пользования специальных алгоритмов. Например:

- время работы машиниста;
- данные о локомотиве;
- данные о поезде;
- наличие ограничений на перегоне и станциях участка;
- наличие сбоев в расписании на предыдущих участках и пр.

Эти данные используются в основном для принятия решения об ответственности за нарушение. Они даже не сопоставляются с такими же нарушениями во всем многообразии сочетаний факторов, окружающих нарушение.

Стоит отметить, что поезда, которые прошли место нарушения до и после поезда № 1119 имели, согласно рис. 3, дополнительные литеры в номере поезда: ПМ; НД; ТДПМ. Это означает, что условия ведения таких поездов было осложнено повышенной массой, негабаритными грузами, длинносоставностью.

Можно предположить, что снижение последствий по сравнению с исходным расположением машинистов в группе будет у любого измененного

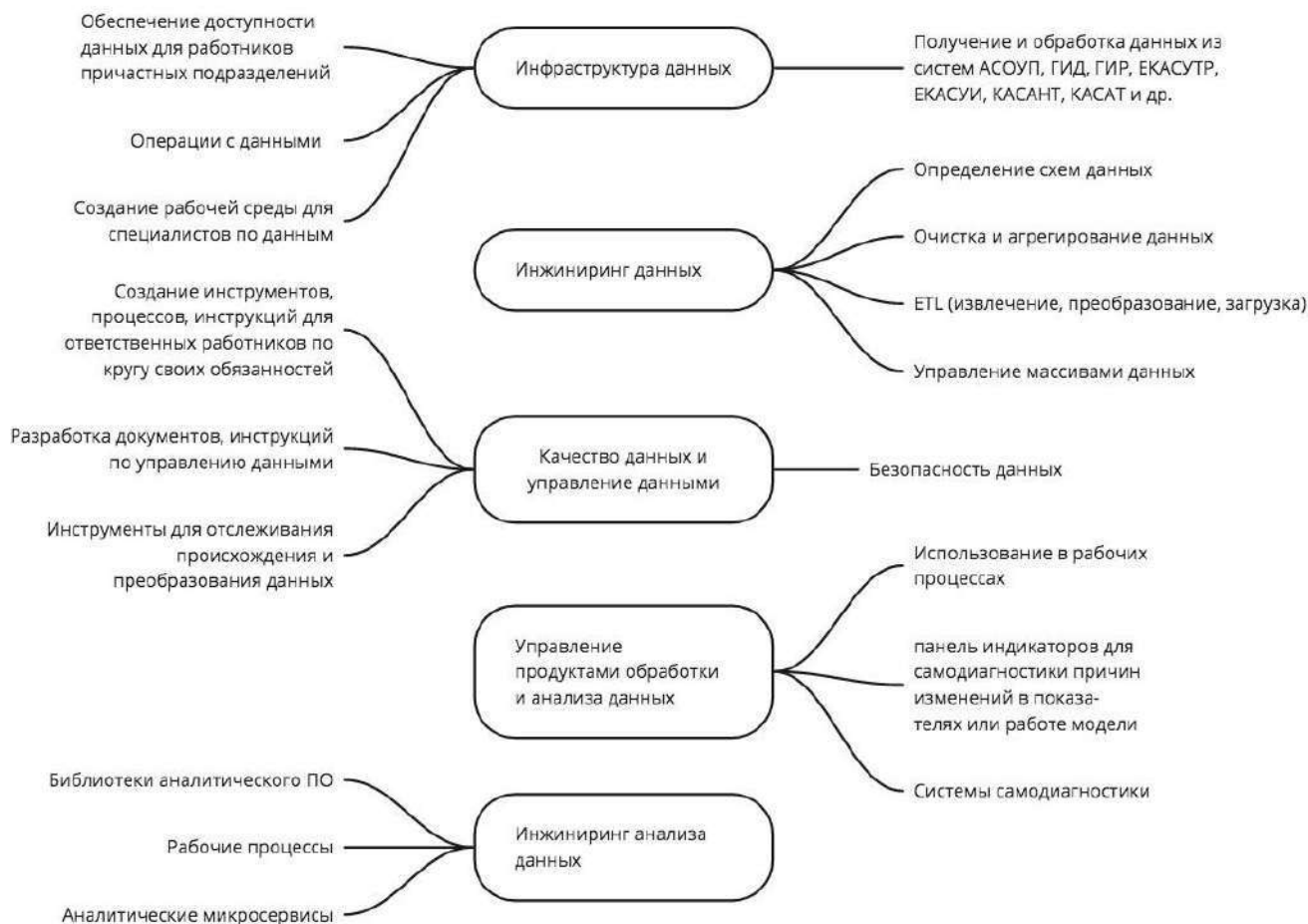


Рис. 4. Схема работы с данными на всех этапах реализации стратегии управления рисками
Fig. 4. Scheme of work with data in all stages of implementation of the risk management strategy

расположения порядка машинистов. При этом влияние на технологию работы станций отправления будет тоже положительным [12, 13]. Однако это только предположение, которое требует подтверждения.

Эффект перегруппировки порядка отправления будет в случаях, когда поезда прошли участок с минимальным количеством сбоев. В случаях, когда случился сбой в графике движения поездов, этого мы не увидим.

Если придерживаться такого порядка вещей, подкрепленного данными анализа огромной выборки случаев сбоев, можно получить незаметный эффект локально и заметный глобально.

Размер группы и размещение машинистов позволит дать неочевидный результат: повысить пропускную способность, участковую скорость и запустить механизм более глубокого изучения эффекта. Особенную важность данный подход приобретает при планировании проследования барьерных мест и выполнении показателей вариантного графика движения поездов.

Финляндия, Канада и другие страны уже столкнулись с проблемой повышения качества работы локомотивных бригад и решают проблему неординарным способом: за счет контроля здоровья, питания, отдыха, психологического состояния работника и членов его семьи на основе данных мониторинга, получая их из разных источников [14–16]. Принцип тот же – анализ многих ранее не учтенных факторов, которые могут влиять на процесс.

Результатом применения такого подхода для компании:

- новые данные о пользователях системы и за ее пределами;
- повышение доверия к инструментам ИИ;
- дополнительная информация об объектах в операционном окружении;
- индивидуальные рекомендации как система поддержки решений;
- автоматизация рутинных действий;

– удобство и экономия процесса управления перевозок;

– упрощение принятия решений;

– постоянный поиск лучших комбинаций и решений;

– информация об устойчивости к риску.

На рис. 4 изображена система работы с данными для реализации стратегии сокращения рисков.

Заключение

Стратегия управления рисками должна иметь цель сбора гипотез и их решений для перевода функции поиска проблем из области ручного труда в автоматизированный с использованием ИИ. Появление алгоритмов более высокого уровня с обеспечивающей системой, состоящей из данных существующих автоматизированных систем управления (АСУ), и моделирование развития событий – тенденции доминирования.

Для скорейшего решения задач, сформулированных в статье, необходимо их адресовать не только специалистам на местах, но и во вне, т. е. в уже существующие каналы связи с потенциальными решениями: индивидуальным предпринимателям, стартапам, платформам по поиску идей и т. д.

Для первого этапа могут использоваться данные существующих АСУ, а далее уже данные измененных и дополненных АСУ. Эти изменения должны быть основаны на полученных и прогнозных решениях из областей поиска решений вне областей, охватываемых существующими АСУ.

Итогом изложенного является технологический подход, а не инфраструктурный.

Появление более совершенной технологии позволит частично компенсировать создание новой инфраструктуры и использовать существующую инфраструктуру и ее резервы за счет тонкой настройки перевозочного процесса.

Данные результаты могут быть предложены игрокам транспортного рынка железнодорожного транспорта повсеместно и за небольшие гонорары, так как основная цель – получить еще большие данные для совершенствования собственных процессов.

Список литературы

1. Шагинян С.Г., Радченко Е.В., Тимченко О.В. Рыночное доминирование в грузовых железнодорожных перевозках // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2018. № 2 (93). С. 74–77.
2. Селюков В.К., Гончаров С.Г. Управление рисками. М.: МГТУ, 2001. 359 с.
3. Левин Д.Ю., Павлов В.Л. Расчет и использование пропускной способности железных дорог. М.: УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2011. 364 с.
4. List of countries by rail usage // Wikipedia : site. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_rail_usage (дата обращения: 02.11.2020).
5. Lee J., Park G., Sim B. Analysis of human errors in trip cases of Korean NPPs // Journal of the Korean Nuclear Society. 1996. Vol. 28. № 6. P. 563–575.
6. Рубайло А.В., Косенко М.Ю. Программные средства извлечения информации из текстов на естественном языке // Альманах современной науки и образования. 2016. № 12 (114). С. 87–92.
7. Rasmussen J. Human errors: a taxonomy for describing human malfunction in industrial installations // Journal of Occupational Accidents. 1982. Vol. 4. № 2-4. P. 311–335.
8. Reason J. Human error. NY : Cambridge University Press, 1990. 302 p.

9. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика = Neural Computing. Theory and Practice. М. : Мир, 1992. 240 с.
10. Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ. М. : Статистика, 1997. С. 27–35.
11. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог : утв. ОАО «РЖД» от 10.11.2010, №128. М. : Техноинформ, 2011. 180 с.
12. Bessoneno S., Badazhkov M. Issues of regulation of fillability of a train traffic schedule // MATEC Web of Conferences. Siberian Transport Forum – TransSiberia 2018. Novosibirsk, 2018. Vol. 239, 02004 (2018). P. 1–11.
13. Бадажков М.А., Бессоненко С.А. Энергоэффективное планирование отправления поездов // Транспорт: наука, техника, управление. 2019. № 5. С. 11–15.
14. Некрашевич В.И., Сальченко В.Л., Ковалев В.Н. Методика составления именных графиков работы и отдыха локомотивных бригад // Вестн. белорус. гос. ун-та трансп. Сер.: наука и транспорт. 2003. № 2 (7). С. 25–27.
15. Машинистам дадут отдохнуть. Гудок. 2019. № 78 (26687). Электрон. версия. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1463484> (Дата обращения 04.02.2020).
16. Future development of traffic schedules on German Railways // Der Eisenbahningenieur. 2015. № 12. P. 6–8, 10–11.

References

1. Shaginyan S.G., Radchenko E.V., Timchenko O.V. Rynochnoye dominirovaniye v gruzovykh zheleznodorozhnykh perevozkakh [Market dominance in freight railway transportation]. *Nauka i obrazovaniye: khozyaystvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravleniye* [Science and education: economy and Economics; entrepreneurship; law and management], 2018, No. 2(93), pp. 74–77.
2. Selyukov V.K., Goncharov S.G. Upravleniye riskami [Risk Management]. Moscow: MSTU Publ., 2001. 359 p.
3. Levin D.Yu., Pavlov V.L. Raschet i ispol'zovaniye propusknoy sposobnosti zheleznykh dorog [Calculation and use of railway capacity]. Moscow: Federal state educational institution "educational and Methodological center for education in railway transport", 2011. 364 p.
4. List of countries by rail usage. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_rail_usage Accessed: November 02, 2020.
5. Lee J., Park G., SIM B. Analysis of human errors in cases of shutdown of Korean nuclear power plants. *Journal of the Korean nuclear society*, 1996, Vol. 28, No. 6, pp. 563–575.
6. Rubailo A.V., Kosenko M.Yu. Programmnyye sredstva izvlecheniya informatsii iz tekstov na yestestvennom yazyke [Software tools for extracting information from natural language texts]. *Al'manakh sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Almanac of modern science and education], 2016, No. 12(114), pp. 87–92.
7. Rasmussen J. human errors: taxonomy for the description of human malfunctions in industrial installations. *Journal of industrial accidents*, 1982, Vol. 4, No. 2-4, pp. 311–335.
8. Reason J. Human error. NY: Cambridge University Press, 1990. 302 p.
9. Wasserman F. Neyrokomp'yuternaya tekhnika: Teoriya i praktika [Neurocomputer technology: Theory and practice]. Moscow: Mir Publ., 1992. 240 p.
10. Duran B., Odell P. Klasternyy analiz [Cluster analysis]. Moscow: Statistics Publ., 1997, pp. 27–35.
11. Instruksiya po raschetu nalichnoy propusknoy sposobnosti zheleznykh dorog : utv. ОАО "RZHD" 10.11.2010 № 128 [Instructions for calculating the cash capacity of Railways: Approved by JSC "Russian Railways" November 10, 2010 No. 128.]. Moscow: Technoinform, 2011. 180 p.
12. Bessoneno S., Badazhkov M. Issues of regulation of train schedule occupancy. *Matek Web of Conferences. Siberian Transport Forum-TRANS-Siberian 2018 (Novosibirsk, Russia, May 16-19, 2018)*, 2018, Vol. 239, 02004 (2018), pp. 1–11.
13. Badazhkov M.A., Bessoneno S.A. Energoeffektivnoye planirovaniye otpravleniya poyezdov [Energy-Efficient planning of train departure]. *Transport: nauka, tekhnika, upravleniye* [Transport: science, technology, management], 2019, No. 5, pp. 11–15.
14. Nekrashevich V.I., Salchenko V.L., Kovalev V.N. Metodika sostavleniya imennykh grafikov raboty i otdykha lokomotivnykh brigad [Method of drawing up nominal schedules of work and rest of locomotive crews]. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta* [Bulletin of the Belarusian state University of transport], 2003, No. 2(7), pp. 25–27.
15. Mashinistam dadut otdokhnut' [Drivers will be given a rest]. *Gudok* [Beep], 2019, No. 78(26687).
16. Future developments of traffic schedules on German Railways. *Der Eisenbahningenieur*, 2015, No. 12, pp. 6-8, 10–11.

Информация об авторах

Бурдяк Павел Станиславович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов, Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, e-mail: burdyakps@mail.ru

Information about the authors

Pavel S. Burdyak – associate Professor, associate Professor of the Subdepartment Railway stations and junctions, Siberian Transport University, Novosibirsk, e-mail: burdyakps@mail.ru