

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ РИСКОВ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ХОЗЯЙСТВЕ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХНИКИ



О.И. Веревкина



В.Э. Иванов

Под факторным анализом рисков в области безопасности движения поездов понимается рассмотрение и оценка уровня влияния факторов на риск возникновения случаев нарушения безопасности движения поездов. В целях автоматического формирования факторного анализа рисков по хозяйству автоматики и телемеханики применяется ЕК АСУИ ФА ОАО «РЖД» в части формирования факторного анализа рисков в области безопасности движения на инфраструктуре ОАО «РЖД».

Ключевые слова: факторный анализ, фактор риска, ЕК АСУИ ФА, уровень риска, нарушение безопасности движения, риск-менеджмент

EDN: LVFLEV

В области управления рисками [1–7] в хозяйстве автоматики и телемеханики, широкое применение получила система ЕК АСУИ ФА – Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой ОАО «РЖД». Она применяется в том числе для формирования факторного анализа рисков в области безопасности движения на инфраструктуре ОАО «РЖД» [8]. Последовательность действий при формировании факторного анализа в системе ЕК АСУИ ФА представлена на рис. 1.

На первом этапе происходит процесс переноса из систем-источников значений 67 показателей необходимых для расчета факторов риска. Среди них 34 показателя синхронизируются автоматически из систем-источников, а оставшиеся 33 показателя вносятся в форму для ввода исходных данных вручную. Другими словами, отсутствует автоматическая передача более половины исходных данных из систем-источников.

В качестве примера в табл. 1 приведены значения 21 показателя, требуемые для расчета 11 факторов риска по процессу «Состояние обслуживаемых технических средств» согласно формулам из табл. 2.

По результатам выполненного расчета в соответствии с методикой [8], представленных в табл. 2, и загруженных в систему ЕК АСУИ ФА исходных данных по Мурманской дистанции сигнализации, централизации и блокировки было обнаружено несоответствие в расчете нескольких показателей и, как следствие, их дальнейший неправильный перевод в степень проявления некоторых факторов риска. Приведем один из примеров.

Значение показателя «Рельсовые цепи» в системе ЕК АСУИ ФА составило 0,001. Согласно методике [8] значение данного показателя определяется как отношение количества отказов по причине неисправности элементов рельсовых цепей к количеству рельсовых

Веревкина Ольга Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). Область научных интересов: исследования по обеспечению безопасности движения на железнодорожном транспорте. Автор 76 научных работ.

Иванов Владимир Эдуардович, аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). Область научных интересов: автоматизация и управление технологическими процессами и производствами. Автор пяти научных работ.



Рис. 1. Алгоритм формирования факторного анализа

цепей на станции, умноженное на 100 (удельный показатель на 100 рельсовых цепей). Используя формулу (1) и подставляя исходные данные получаем:

$$f_1 = \frac{x_{10}}{x_8} \cdot 100 = \frac{1}{778} \cdot 100 \approx 0,13$$

Полученные значения факторов риска переводятся в степень проявления согласно установленной градации перевода по пятибалльной шкале. В качестве примера значения степеней проявления 11 факторов риска по процессу «Состояние обслуживаемых технических средств» приведены в табл. 2.

На следующем этапе происходит расчет 38 уровней влияния факторов риска путем перемножения степени их проявления на долю влияния. Доля влияния факторов риска представляет собой коэффициент, устанавливаемый по окончании периода наблюдения (календарного года) экспертом для всей сети железных дорог ОАО «РЖД». Такой коэффициент будет иметь единое значение для любого структурного подразделения и для

любого периода анализа (см. табл. 3). Данная технологическая процедура описывается следующей формулой:

$$F_{a,j} = s_n \cdot d_m, \quad (1)$$

где $F_{a,j}$ – уровень влияния j -го фактора риска для случая нарушения безопасности движения a ;

s_n – степень проявления j -го фактора риска;

d_m – доля влияния j -го фактора риска.

Стоит отметить, что на текущий момент сформулированный выше подход не учитывает индивидуальные условия, в которых находится конкретная дистанция сигнализации, централизации и блокировки, а также особенности ее работы в каждом квартале. Кварталы относятся, как минимум, к разным временам года, и, следовательно, характеризуются разными факторами влияния. Например, риск роста отказов аппаратуры в сезоны гроз выше, чем в зимний период. Аналогичная ситуация возникает при оценке риска отказов рельсовых цепей при работе в зимних условиях, по сравнению с другими видами отказов.

Таблица 1

**Исходные данные для факторного анализа по процессу
«Состояние обслуживаемых технических средств»**

Наименование показателя	Условное обозначение	Значение за период	
		IV квартал 2021 г.	IV квартал 2022 г.
Техническая оснащенность	x_1	154,657	179,737
Количество систем централизации на станции, без учета находящихся на консервации	x_2	30,000	48,000
Количество централизованных стрелок на станциях	x_3	617,000	1 007,000
Количество централизованных стрелок на сортировочных горках	x_4	18,000	18,000
Количество поездных светофоров	x_5	545,000	1 034,000
Общая длина кабеля СЦБ	x_6	2070,557	2 177,520
Количество переездов	x_7	25,000	46,000
Количество рельсовых цепей на станции	x_8	778,000	1 219,000
Развернутая длина кодируемых рельсовых цепей	x_9	339,560	905,064
Отказы элементов рельсовых цепей	x_{10}	1,000	2,000
Отказы аппаратуры СЦБ	x_{11}	5,000	2,000
Отказы стрелочных электроприводов и гарнитур	x_{12}	2,000	3,000
Отказы кабеля СЦБ	x_{13}	0,000	1,000
Отказы светофоров, световых указателей	x_{14}	1,000	3,000
Отказы устройств электропитания	x_{15}	0,000	0,000
Отказы монтажа стативов, релейных шкафов, путевых ящиков, трансформаторных ящиков	x_{16}	5,000	5,000
Отказы автоматической переездной сигнализации, переездных устройств	x_{17}	0,000	0,000
Количество сбоев автоматической локомотивной сигнализации	x_{18}	1,000	0,000
Количество неисправных автоматических установок пожаротушений	x_{19}	0,000	0,000
Количество неисправностей систем пожарной сигнализации	x_{20}	0,000	0,000
Нарушение требований пожарной безопасности	x_{21}	0,000	2,000

Следующим этапом является расчет итоговой величины риска линейного предприятия, который определяется как усредненное значение средних арифметических значений по каждому из подпроцессов в разрезе 6 видов нарушений безопасности движения.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^4 F_{i \max}}{4}, \quad (2)$$

где $F_{i \max}$ – максимальное значение уровней влияния факторов по процессу i ($i=1$ для процесса «Состояние обслуживаемых технических средств», $i=2$ для процес-

Таблица 2

**Формулы расчета факторов риска и их значения по процессу
«Состояние обслуживаемых технических средств»**

Наименование фактора риска	Формула расчета	Значение фактора риска за период		Перевод в степень проявления	
		IV квартал 2021 г.	IV квартал 2022 г.	IV квартал 2021 г.	IV квартал 2022 г.
Рельсовые цепи	$f_1 = \frac{x_{10}}{x_8} \cdot 100$ (1)	0,13	0,16	2,00	3,00
Аппаратура СЦБ	$f_2 = \frac{x_{11}}{x_1} \cdot 100$ (2)	3,23	1,11	5,00	3,00
Стрелочные электроприводы и гарнитуры	$f_3 = \frac{x_{12}}{x_3 + x_4} \cdot 100$ (3)	0,31	0,29	3,00	4,00
Кабельные линии	$f_4 = \frac{x_{13}}{x_6} \cdot 100$ (4)	0,00	0,05	1,00	2,00
Светофоры, световые указатели	$f_5 = \frac{x_{14}}{x_5} \cdot 100$ (5)	(0,18)	0,29	2,00	3,00
Устройства электропитания	$f_6 = x_{15}$ (6)	0,00	0,00	1,00	1,00
Монтаж статов, релейных шкафов, путевых ящиков, трансформаторных ящиков	$f_7 = \frac{x_{16}}{x_1} \cdot 100$ (7)	3,23	2,78	5,00	4,00
Автоматическая переездная сигнализация, переездные устройства	$f_8 = \frac{x_{17}}{x_7}$ (8)	0,00	0,00	1,00	1,00
Сбои в работе автоматической локомотивной сигнализации	$f_9 = \frac{x_{18}}{x_9}$ (9)	0,003	0,00	2,00	1,00
Неисправность охранно-пожарной сигнализации, автоматических установок пожаротушения	$f_{10} = x_{19} + x_{20}$ (10)	0,00	0,00	1,00	1,00
Нарушение требований пожарной безопасности	$f_{11} = \frac{x_{21}}{x_2}$ (11)	0,00	0,04	1,00	2,00

са «Организация производственного процесса», $i=3$ для процесса «Материально-техническое обеспечение и оснащенность», $i=4$ для процесса «Персонал»).

$$F_{1 \max} = \max_{1 \leq j \leq 11} F_{a,j}. \quad (3)$$

Стоит отметить, что формула (2) свидетельствует о том, что все подпроцессы считаются одинаковыми с точки зрения анализа рисков. Такое положение требует дополнительного обоснования или исследования. Кроме того, при расчете итогового значения уровня риска не учитывается влияние каждого из факторов риска, поскольку выбирается только одно (макси-

мальное) значение уровня влияния фактора риска для каждого подпроцесса.

Итоги расчета уровней влияния факторов риска по процессу «Состояние обслуживаемых технических средств» за IV квартал 2021 и 2022 годов представлены в виде диаграммы на рис. 2.

На завершающем этапе факторного анализа по полученным результатам на основе соответствия установленному целевому диапазону на календарный год для того или иного уровня итогового риска, делаются выводы об эффективности разработанных мероприятий и принимаются управленческие решения по сни-

Таблица 3

**Значения долей влияния факторов на риски по процессу
«Состояние обслуживаемых технических средств»**

№ п/п	Виды нарушений безопасности движения	Состояние обслуживаемых технических средств											Пожарная безопасность		
		Техническое состояние средств ЖАТ											Неисправность охранно-пожарной сигнализации, автоматических установок пожаротушения	Нарушение требований пожарной безопасности	
		Рельсовые цепи	Аппаратура СЦБ	Стрелочные электроприводы и гарнитуры	Кабельные линии	Светофоры, световые указатели	Устройства электропитания	Монтаж стативов, рельсовых шкафов, путевых щитков, трансформаторных щитков	Автоматическая передед-ная сигнализация, пере-ездные устройства	Сбой в работе автоматической локомо-тивной сигнализации					
1	Столкновение подвижного состава с транспортным средством на железнодорожном переезде	2,00	2,00	0,00	3,00	2,00	3,00	2,00	4,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Столкновения, сход на перегонах и станциях при поездной работе	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Столкновения, сход подвижного состава при маневровой работе	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Ложное появление разрешающего показания сигнала вместо запрещающего или более разрешающего	3,00	3,00	1,00	3,00	3,00	1,00	3,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	Перевод стрелки под составом	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Затопление, пожар, нарушение конструкции с перерывом движения более 1 ч	2,00	2,00	1,00	3,00	2,00	3,00	1,00	0,00	1,00	2,00	0,00	2,00	3,00	3,00

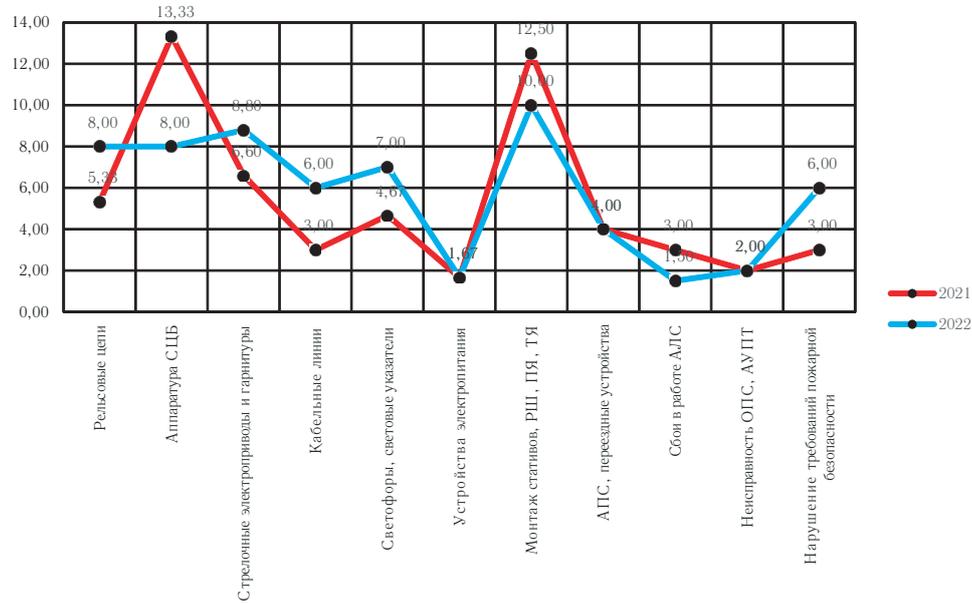


Рис. 2. Среднеарифметические уровни влияния риск-факторов в разрезе случаев нарушения безопасности движения за IV квартал 2021 и 2022 годов

жению риска возникновения случаев нарушения безопасности движения поездов или поддержанию его на достигнутом уровне.

По итогам факторного анализа за IV квартал 2022 года в Мурманской дистанции сигнализации, централизации и блокировки уровень риска составил 7,67 баллов, что соответствует уровню «допустимый». В сравнении с IV кварталом 2021 года уровень обобщенного риска уменьшен на 24,3% (составлял 10,13 баллов).

Следует отметить, что в IV квартале 2021 и 2022 годов нет ни одного из 11 факторов риска в работе Мурманской дистанции сигнализации, централизации и блокировки, который был бы отнесен по значимости воздействия к категории «очень опасно» и «крайне опасно».

Таким образом, система ЕК АСУИ ФА определяет итоговый уровень риска дистанции без учета индивидуальных особенностей расположения и работы дистанции; без учета значимости влияния каждого из 38 факторов риска. Кроме того, не вполне обоснованным является приравнивание целевого уровня риска к фактическому значению.

В целях корректного формирования факторного анализа по структурному подразделению в соответствии с утвержденной методикой [8] необходимо уделить особое внимание решению следующих проблем:

- контроля достоверности и объективности загруженных данных в ЕК АСУИ ФА;
- создания возможности синхронизации данных, передаваемых из систем-источников;
- объективного пересмотра корректности применяемых факторов риска, их расчета, установки долей влияния и перевода в степени проявления.

К сожалению, на данный момент оценка всех 38 факторов риска не отражает ни вероятность возникновения нежелательного события, ни ущерб, к которому данное событие может привести. Следовательно, называть их факторами риска не совсем корректно. Дальнейшее совершенствование системы ЕК АСУИ ФА, осуществляющей формирование факторного анализа рисков по хозяйству автоматики и телемеханики, должно быть направлено на устранение отмеченных недостатков с учетом новых возможностей, связанных с цифровой трансформацией транспортной отрасли.

Литература

1. ГОСТ 33433-2015. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте = Functional safety. Risk management on railway transport : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 декабря 2015 г. № 2108-ст. : дата введения 2016-09-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ) и Закрытым акционерным обществом «ИБТранс» (ЗАО «ИБТранс»). - Москва : Стандартинформ, 2016. - 40 с. - Текст : непосредственный.
2. ГОСТ Р 54504–2011. Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта = Functional safety. Policy and programme of safety provision. Safety proof of the railway objects : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 ноября 2011 г. № 571-ст : дата введения 2012-08-01 / разработан Закрытым акционерным обществом «ИБТранс» (ЗАО «ИБТранс»). - Москва : Стандартинформ, 2013. - 24 с. - Текст : непосредственный.
3. Методические рекомендации по управлению рисками и внутреннему контролю: утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 30.07.2019 г. № 1645р : [сайт]. - URL : <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 02.07.2022). - Текст : электронный.
4. Стратегия гарантированного обеспечения безопасности движения: утверждена распоряжением ОАО «РЖД» №2855р от 08.12.2015 1645р : [сайт]. - URL : <https://www.consultant.ru> (дата обращения : 10.07.2022).- Текст : электронный.
5. Бугреев, Н. В. Оценка рисков функционирования систем автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте / Н. В. Бугреев, А. В. Горелик . - Текст : непосредственный // Наука и образование: проблемы, идеи, инновации. - 2018. - № 7(10). - С. 22-27.
6. Веревкина, О. И. Обзор нормативно-методологического сопровождения процессом управления безопасностью движения / О. И. Веревкина. - Текст : непосредственный // Транспорт: наука, образование, производство (Транспорт-2021) : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 19–21 апреля 2021 года. - Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2021. - С. 57-61.
7. Типовые требования по формированию факторного анализа рисков в области безопасности движения на инфраструктуре ОАО «РЖД»: утверждены распоряжением ОАО «РЖД» №1915/р от 30.08.2018 г. (в ред.25.03.2021 г.) : [сайт]. - URL : <https://www.consultant.ru> (дата обращения : 19.04.2021). - Текст : электронный.
8. Методика расчета показателей ЕК АСУИ ФА №ИСХ-543/ЦЧС от 13 ноября 2020 г. : [сайт]. - URL: <https://10.144.68.34/8835.html> (дата обращения : 02.07.2022). - Текст : электронный.
9. Иванов, В. Э. Построение архитектуры рисков в хозяйстве автоматики, телемеханики и связи / В. Э. Иванов, Н. А. Тришин. - Текст : непосредственный // Научные исследования молодых ученых. Опора России : сборник статей всероссийской научной конференции, Петрозаводск, 01 декабря 2022 года. - Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Международный институт перспективных исследований имени Ломоносова», 2022. - С. 16-21. - DOI 10.58351/221201.2022.37.83.002. - EDN: PTZBZC.
10. Веревкина, О. И. Анализ методики оценки рисков функционирования железнодорожных поездов / О. И. Веревкина, Н. А. Акиншина, В. Э. Иванов, - Текст : непосредственный // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2023. - № 3(64). - С. 16-32. - EDN: ZGEQKK.