

8. Tarasenko F.P., "Applied System Analysis", study guide - 2nd ed., Revised. and add. / F.P. Tara-senko - Moscow: Knorus, 2017.332 s.
9. Anfilatov V. S. System analysis in management / V. S. Anfilatov - M.: Finance and Statistics, 2017. - 368 p.
10. Kozlov V.N. System analysis, optimization and decision making / B. N. Kozlov. - M.: Prospect, 2016. - 176s.
11. Blauberg I. V., Yudin B. G. The problem of integrity and a systematic approach / Blauberg I. V. — M., 1997.
12. Blauberg I. Century. System research and the general theory of systems // I. V. Blauberg - M: System studies, 1969.
13. Blauberg I.V., Sadovsky V.N., Yudin E.G. System approach: prerequisites, problems, difficulties /I.V. Blauberg - M., 1968.
14. Popov V. N. System analysis in management / V.N. Popov, V.S. Kasyanov, I.P. Savchenko. - M. : KnoRus, 2018. - 304 p.
15. Solskaya I.Yu., Kuzmina P.I. Increasing the competitiveness of institutions of continuing professional education. Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. 2013. No. 1. S. 61-64 / I.Yu. Solskaya // Irkutsk: IGEA, 1998.
16. The Federal Law "On Education in the Russian Federation" of December 29, 2012 // El. resource: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174.
17. «Polozheniye ob organizatsii professional'nogo obucheniya v OAO «RZHD», utverzhdennoye rasporyazheniyem OAO «RZHD» ot 17 aprelya 2013 goda №907r».
18. «Polozheniye ob organizatsii i osushchestvlenii obrazovatel'nogo protsessa v uchebnykh tsentrah professio-nal'nykh kvalifikatsiy zheleznykh dorog, utverzhdennoye rasporyazheniyem OAO «RZHD» ot 13 sentyabrya 2013 goda №1960 r».
19. «Tipovoye polozheniye ob uchebnom tsentre professional'nykh kvalifikatsiy zheleznoy dorogi, utverzhdennoye rasporyazheniyem OAO «RZHD» ot 23 fevralya 2013 goda №506r».
20. «Metodicheskiye rekomendatsii po planirovaniyu podgotovki i povysheniyu kvalifikatsii rabochikh kadrov», utverzhdennoye rasporyazheniyem OAO «RZHD» ot 18 fevralya 2009 goda №327r.
21. Regulation on simulator training, approved by order of JSC Russian Railways dated May 12, 2017 No. 904 r.

Информация об авторах

Сольская Ирина Юрьевна – д. э. н., профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения, e-mail: irina_Solskaya@mail.ru

Войлошников Алексей Анатольевич – заместитель начальника центра, Восточно-Сибирский учебный центр профессиональных квалификаций - СП ВСЖД-Филиала ОАО «РЖД», e-mail: valex.82@mail.ru

Information about the authors

Irina Yu. Solskaya – Doctor of Economics Sci., Professor, Irkutsk State University of Railways, e-mail: irina_Solskaya@mail.ru

Alexey A. Voiloshnikov – Deputy Head of the Center, East Siberian Training Center for Professional Qualifications - JV VSZD-Branch of Russian Railways, e-mail: valex.82@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.2(66).121-128

УДК 656.2

Оценка ущербов от чрезвычайных ситуаций техногенного характера на железнодорожном транспорте

С. С. Анардович, Е. А. Руш ✉

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

² Восточно-Сибирская железная дорога – филиал ОАО «РЖД», г. Иркутск, Российская Федерация

✉ lrush@mail.ru

Резюме

В работе раскрыто понятие устойчивости перевозочного процесса, представлено соотношение критериев устойчивости и уязвимости перевозочного процесса в условиях чрезвычайной ситуации, перечислены основные признаки чрезвычайной ситуации, рассмотрено понятие риска и приведены подходы к его количественному определению, описана структура объектов железнодорожного транспорта в зависимости от масштабов последствий, возникающих вследствие нарушения их функционирования, обоснована важность прогнозирования при перевозке опасных грузов, отмечена эффективность применения оценки ущербов при прогнозировании и предупреждении чрезвычайных ситуаций, исследованы методики определения ущербов МЧС России, ОАО «Российские железные дороги», а также частная методика определения экологических рисков на основе определения ущербов. В соответствии с Единой межведомственной методикой оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций предлагается рассчитывать полный экономический ущерб путем объединения прямого и косвенного экологических ущербов. При этом предполагается, что определение физических параметров производится отдельно для каждой из отраслей с применением собственных методик. Методические рекомендации по расчету ущерба от транспортных происшествий являются простыми, но в то же время не обладают достаточными возможностями для расчета ущерба от чрезвычайных ситуаций. Наиболее полной представляется методика расчета экологических рисков, позволяющая количественно определять риск и принимать управленческие решения как в части минимизации вероятности проявления факторов опасности, так и в части снижения экологического ущерба в случае их проявления. Сделан вывод о критериях выбора методов оценки ущербов.

Ключевые слова

железнодорожный транспорт, перевозочный процесс, чрезвычайная ситуация, оценка ущерба, анализ риска, методика определения ущерба, экологический риск

Для цитирования

Анардович С. С. Оценка ущербов от чрезвычайных ситуаций техногенного характера на железнодорожном транспорте / С. С. Анардович, Е. А. Руш // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – Т. 66 № 2. – С. 121–128. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.2(66).121-128

Информация о статье

поступила в редакцию: 07.02.2020, поступила после рецензирования: 14.02.2020, принята к публикации: 17.03.2020

Risk assessment methods and forecasting emergency development scenarios for railway transportation

S. S. Anardovich, E. A. Rush✉

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ lrush@mail.ru

Abstract

This paper defines the concept of the stability of the transportation process, presents the correlation of the stability and vulnerability criteria of the transportation process in an emergency and lists the main signs of an emergency. It considers the concept of risk and gives approaches to its quantitative determination. The article describes the structure of objects of railway transport, which depends on the scale of the consequences arising from the violation of their functioning. It substantiates the importance of forecasting when transporting dangerous goods. It is noted that applying damage assessment in forecasting and preventing emergencies is effective. The authors study the methods for determining the damage of the Ministry of Emergencies of Russia, of the Russian Railways, and the private method of determining environmental risks based on the damage determination. In accordance with the Unified Interdepartmental Methodology for Assessing Damage from Emergencies, it is proposed to calculate the total economic damage by combining direct and indirect environmental damage. It is assumed that the determination of physical parameters is carried out separately for each of the industries using their own methods. Guidelines for calculating damage from traffic accidents is the simplest, but at the same time does not have sufficient capabilities to calculate damage from emergencies. The most complete one seems to be the methodology for calculating environmental risks, which make it possible to quantify risk and make managerial decisions both in terms of minimizing the likelihood of hazard factors and in reducing environmental damage if they occur. The conclusion about the selection criteria for damage assessment methods is made.

Keywords

railway transport, transportation process, emergency, risk analysis, damage assessment, risk forecasting, damage determination methodology, environmental risk

For citation

Anardovich S. S., Rush E. A. Otsenka ushcherbov ot chrezvychainykh situatsii tekhnogenno kharaktera na zheleznodorozhnom transporte [Risk assessment methods and forecasting emergency development scenarios for railway transportation]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2020, Vol. 66, No. 2, pp. 121–128. DOI: 10.26731/1813-9108.2020.2(66).121-128

Article Info

Received: 07.02.2020, Revised: 14.02.2020, Accepted: 17.03.2020

Введение

Железнодорожный транспорт является ведущим видом транспорта, осуществляющим пассажирские и грузовые перевозки в России. В 2017 г. грузооборот железнодорожного транспорта составил 2 493 млрд т·км (автомобильного – 255 млрд т·км, морского – 46 млрд т·км, воздушного – 7,9 млрд т·км) [1]. При этом на железных дорогах сохраняется значительный риск возникновения аварий, катастроф, чрезвычайных ситуаций.

Важнейшим условием эффективного функционирования железнодорожного транспорта является устойчивость его работы [2]. Под устойчивостью перевозочного процесса следует понимать способность противостоять внешним и внутренним дестабилизирующим факторам, сохраняя при этом ос-

новные параметры, такие как объем перевозок и пропускная способность, на заданном уровне. При этом главный критерий устойчивости перевозочного процесса – скорость его восстановления после прекращения действия дестабилизирующего фактора, а в качестве меры устойчивости можно принять запасы прочности [3].

Так одним из дестабилизирующих факторов являются чрезвычайные ситуации (ЧС). В соответствии с Федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [4] признаками ЧС являются:

- человеческие жертвы либо ущерб здоровью людей;
- ущерб окружающей природной среде;

- значительные материальные потери;
- нарушение условий жизнедеятельности людей.

В условиях ЧС соотношение критериев устойчивости и уязвимости перевозочного процесса выглядит следующим образом: высокая устойчивость – низкая уязвимость; достаточная устойчивость – средняя уязвимость; низкая устойчивость – высокая уязвимость. Оценку уязвимости объектов транспортной инфраструктуры следует начинать с идентификации риска ЧС.

Анализ риска и оценка ущерба в чрезвычайных ситуациях

Оценка риска нарушений безопасности движения на транспорте должна включать две группы показателей, характеризующих последствия аварий: материальный и социальный ущерб, вероятностные показатели реализации аварии [5].

Риском ЧС принято считать меру опасности такой ситуации, сочетающую вероятность возникновения ЧС и ее последствий [6]. Чаще всего риск выражают в количественных показателях, что позволяет обеспечивать сравнимость степеней опасности объектов и процессов системы на различных этапах проведения анализа риска.

Если рассматривать риск с точки зрения вероятности возникновения негативного события, то его можно рассчитать по формуле:

$$R = \frac{n}{N},$$

где n – число свершившихся событий с негативными последствиями (ЧС); N – максимально возможное число событий, на которое могут распространяться негативные последствия за расчетный период.

С другой стороны, риск можно выразить через ущерб от наступления неблагоприятного события, тогда его можно рассчитать по формуле:

$$R = P \cdot U,$$

где P – вероятность наступления неблагоприятного события; U – математическое ожидание ущерба от этого события.

При этом следует учесть, что для каждого фактора – свой риск, и для каждой железной дороги и каждого ее участка фиксируемые параметры могут существенно отличаться [7].

На основе существующей нормативно-правовой и законодательной базы объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта подразделяются следующим образом:

- объекты технического регулирования (ОТР) – рамы, сцепки, оси, колеса;
- опасные производственные объекты (ОПО) – локомотивы, вагоны, тележки, составы;
- критически важные объекты (КВО) – специальные составы для перевозки грузов специального назначения;

– стратегически важные объекты (СВО) – мосты, тоннели [8].

Под СВО понимают объекты, нарушение функционирования которых выводит страну из состояния устойчивого развития, в то время как нарушение функционирования КВО наносит ущербы отрасли и регионам.

Для исследования наибольший интерес представляют КВО, а именно грузы специального назначения. Ими являются грузы, требующие особых условий транспортировки: негабаритные, живые, скоропортящиеся и опасные грузы. Остановимся подробнее на вопросе перевозки опасных грузов, так как способность принести вред окружающей природной среде при возникновении аварии, а также жизни и здоровью людей делает их перевозку наиболее ответственным процессом.

Ситуации чрезвычайного характера, связанные с аварийными разливами нефтепродуктов в результате крушения железнодорожного подвижного состава, представляют реальную угрозу для населения и объектов окружающей природной среды Восточной Сибири, так как при этом возможны утечка, возгорание опасного вещества с выделением токсичных компонентов в воздух, разрушение железнодорожного полотна и контактной сети [9].

По данным Федеральной службы государственной статистики, перевозка нефтепродуктов занимает второе место от общего объема грузоперевозок и первое место среди всех опасных грузов, перевозимых железнодорожным транспортом. При этом маршрут движения не должен пролегать по территории крупных населенных пунктов, заповедников и национальных парков, однако это не всегда возможно. Так, например, маршрут Восточно-Сибирской железной дороги проходит по особо охраняемой природной территории, по ней осуществляются перевозки не только нефтепродуктов, но и всех видов опасных грузов. Таким образом, предупреждение ЧС в данных условиях является задачей особого приоритета.

Прогнозирование рисков ЧС, в первую очередь, направлено на минимизацию возможных неблагоприятных последствий. Последствия необходимо идентифицировать [10]. Прогнозирование масштабов ЧС зависит от особенностей расположения объекта, причин и условий возникновения аварии [11]. Следует отметить, что количественное определение ущерба, выраженное в человеческих жертвах либо в денежных единицах, может применяться как для прогнозирования масштабов ЧС на основании классификации ЧС [12], так и при разработке мероприятий по предупреждению ЧС (снижение рисков и смягчение последствий – снижение ущерба до оптимальных величин).

Методики оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций

Существуют различные методики оценки ущерба от ЧС, их выбор зависит от целей проведения оценки, а также от особенностей исследуемого объекта. Выбранная методика должна быть разработана в соответствии с действующими законодательными и нормативными правовыми документами России. Она должна позволять организовывать проведение фактического и возможного ущерба от ЧС, а также обеспечивать точность, достоверность, воспроизводимость, доказательность и объективность результатов оценки ущерба. Необходимо, чтобы ее методические положения основывались на результатах научных исследований, обработке достаточного объема статистических данных, анализа информационного обеспечения и практического опыта.

В МЧС России при оценке ущерба применяется «Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера» [13]. Данная методика является укрупненной и предназначена для прогнозирования ущерба на всех уровнях территориальных подсистем Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС). Она может быть использована в следующих случаях:

- определение величины финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварии на опасном объекте;
- страхование гражданской ответственности собственников опасных объектов;

- планирование аварийно-спасательных работ;
- обоснование мероприятий, направленных на снижение негативных последствий аварий;
- прогнозирование размера сумм, необходимых для возмещения вреда от аварии на опасном объекте, а также ликвидации ее последствий.

Суть методики сводится к определению полного экономического ущерба, которым сопровождается ЧС. Он рассчитывается по формуле:

$$U = U^p + AU^k,$$

где A – коэффициент приведения разновременных затрат (коэффициент дисконтирования); U^p – прямой экономический ущерб; U^k – косвенный экономический ущерб.

Составляющие прямого экономического ущерба, как правило, основаны на данных бухгалтерского учета и других документов, имеющих достаточно высокую достоверность:

- затраты на проведение спасательных работ;
- затраты на проведение эвакуации и временное размещение, оказание срочной медицинской помощи;
- единовременные выплаты пострадавшим;
- остаточная стоимость имущества;
- стоимость нарушенных природных ресурсов.

К основным составляющим косвенного экономического ущерба можно отнести:

- экономический ущерб, наносимый «третьим» лицам;
- выгода, упущенная вследствие прекращения или приостановки деятельности, утрата нематери-

Таблица. Классификация чрезвычайных ситуаций

Table. Classification of hazardous situations

	Количество пострадавших	Материальный ущерб	Границы зоны ЧС
Локальные	Погибших и/или получивших ущерб здоровью – не более 10 чел.	Не более 240 тыс. руб.	Не выходит за пределы организации (объекта)
Муниципальные	Погибших и/или получивших ущерб здоровью – не более 50 чел.	Не более 12 млн руб.	Не выходит за пределы одного муниципального образования
Межмуниципальные	Погибших и/или получивших ущерб здоровью – не более 50 чел.	Не более 12 млн руб.	Затрагивает территорию двух и более муниципальных районов, муниципальных округов, городских округов, расположенных на территории одного субъекта Российской Федерации, или внутригородских территорий города федерального значения
Региональные	Погибших и/или получивших ущерб здоровью – свыше 50 чел., но не более 500 чел.	Свыше 12 млн руб., но не более 1,2 млрд руб.	Не выходит за пределы территории одного субъекта Российской Федерации
Межрегиональные	Погибших и/или получивших ущерб здоровью – свыше 50 чел., но не более 500 чел.	Свыше 12 млн руб., но не более 1,2 млрд руб.	Затрагивает территорию двух и более субъектов Российской Федерации
Федеральные	Погибших и/или получивших ущерб здоровью – свыше 500 чел.	Свыше 1,2 млрд руб.	–

альных активов, различной документации, программного обеспечения;

- моральный ущерб;
- затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС.

Составляющие косвенного экономического ущерба, как правило, не поддаются бухгалтерскому учету, и могут быть определены только оценочно, в том числе и с применением экспертных оценок, обладая при этом высокой степенью неопределенности и недостаточной достоверностью, что, в свою очередь, снижает достоверность полного экономического ущерба.

Далее представлена классификация ЧС в зависимости от количества пострадавших, размера материального ущерба и зон распространения поражающих факторов (табл.).

Дальнейший расчет сводится к анализу и прогнозированию уровня изменения валового регионального продукта от социально-экономических последствий ЧС.

Комплексная оценка уровня социально-экономического развития региона проводится на основе сравнения выбранных индикативных показателей со среднероссийским уровнем и позволяет оценить степень воздействия государственной экономической политики в области предупреждения ЧС на развитие субъектов Российской Федерации, а также разработать обоснованные рекомендации по ее корректировке.

В ОАО «РЖД» для расчета ущерба от транспортных происшествий применяются Методические рекомендации по расчету ущерба от транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта в ОАО «РЖД» [14]. В соответствии с данными рекомендациями расчет ущерба, наносимого транспортными происшествиями, производится путем определения размера затрат по формуле:

$$Y = \sum_{i=1}^{21} Y_i,$$

где Y_1, Y_2 – ущербы от повреждения грузовых и пассажирских вагонов соответственно, руб.; Y_3 – ущерб от повреждения тягового подвижного состава, руб.; Y_4 – ущерб от повреждения моторвагонного подвижного состава, руб.; Y_5 – ущерб от повреждения, руб.; Y_6 – ущерб от повреждения пассажирского скоростного и высокоскоростного сообщения, руб.; Y_7 – ущерб от повреждения пути и сооружений, руб.; Y_8 – ущерб от повреждения устройств автоматики и телемеханики, руб.; Y_9 – ущерб от повреждения устройств электрификации и электроснабжения, руб.; Y_{10} – ущерб от повреждения устройств связи, руб.; Y_{11} – ущерб от повреждения прочих объектов инфраструктуры, руб.; Y_{12} – расходы на работу вос-

становительного поезда, руб.; Y_{13}, Y_{14} – ущербы от повреждения и потери груза и багажа соответственно, руб.; Y_{15} – дополнительные расходы, связанные с задержками поездов руб.; Y_{16} – составляющая ущерба, связанная со штрафами перевозчика за опоздание пассажирских поездов дальнего и местного следования, руб.; Y_{17}, Y_{18} – составляющие ущерба, связанные с пенями перевозчика за нарушение сроков доставки багажа (грузобагажа) и грузов получателю соответственно, руб.; Y_{19} – ущерб от причинения вреда жизни, здоровью и имуществу третьих лиц, вовлеченных в транспортное происшествие, руб.; Y_{20} – экологический ущерб, руб.; Y_{21} – прочие составляющие ущерба, руб.

Далее приводится подробный алгоритм расчета по видам ущерба.

Ущерб окружающей среде, причиненный негативным воздействием на окружающую среду определяется суммой ущерба, причиненного природным ресурсам, и затратами на ликвидацию экологических последствий. К прочим составляющим ущерба относятся расходы, которые не могут быть спланированы заблаговременно.

Одним из ключевых инструментов природоохранной деятельности является оценка ущерба от проявления факторов экологической опасности.

Особенностью оценки экологических рисков является то, что она носит комплексный характер, чаще всего основанный на разнородных данных. Поэтому для расчета рисков все показатели следует привести к единой нормированной шкале оценок [15].

В работе Е.Н. Бельской, О.В. Бразговки, Е.В. Сугак [16] представлена методика экологических рисков, рассматривающая подход к определению риска как с точки зрения вероятности наступления неблагоприятного события, так и с точки зрения его возможных последствий. Автором предложено рассчитывать риски, исходя из предположения о том, что в течение отчетного периода (года) может произойти несколько опасных событий, тогда риск будет рассчитываться по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n p_i U_i, \quad (1)$$

где n – число возможных вариантов ущербов при наступлении неблагоприятного события; P_i – вероятность наступления неблагоприятного события; U_i – величина ущерба (руб.), которая определяется по формуле:

$$U = \sum_{i=1}^n W_i C_i,$$

где W_i – обобщенная составляющая вреда по компонентам окружающей природной среды; C_i – цена i -ой составляющей вреда на единицу измерения.

В соответствии с законом распределения вероятностей при непрерывной зависимости P_i от U пред-

ставим выражение (1) формулой (2):

$$R = \int_{-\infty}^{\infty} uP(u)du. \quad (2)$$

Когда ущерб может наступать вследствие разных независимых друг от друга неблагоприятных событий, средний риск может быть определен по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij}U_i,$$

где P_{ij} – вероятность ущерба U_i при наступлении события j , определяющаяся по формуле:

$$P_{ij} = P_j P_i(j),$$

где P_j – вероятность наступления неблагоприятного события j .

При определении величины среднего риска можно использовать формулу (3) при условии измерения ущербов от различных событий по одной шкале, где P_j выражает закон распределения вероятностей наступления неблагоприятных событий, а $P_i(j)$ – законы распределения ущербов от каждого из таких событий:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_j P_i(j)U_i. \quad (3)$$

При расчете экологических рисков масштабных аварий и катастроф целесообразно оперировать понятиями полного, прямого и косвенного экологического ущерба. При этом прямой ущерб обусловлен негативным воздействием на основные компоненты природной среды, а его оценки связаны с негативным воздействием на людей в настоящем времени. В то время как косвенный экологический ущерб носит глобальный характер и оказывает негативное влияние на будущие поколения людей.

Заключение

Политика смягчения последствий ЧС является частью политики их предупреждения. Ее целью является снижение последствий потенциальной ЧС [17]. Процесс управления риском состоит из следующих этапов: сравнительная оценка и ранжирование рисков, определение уровней приемлемости риска, выбор методов снижения и контроля риска, принятие управленческих решений. В основе управления риском лежит определение оптимального соотношения выгоды и ущербов. Выбор методов оценки ущербов зависит от целей и задач оценки, условий, в которых происходит опасное событие, а также от особенностей исследуемого объекта.

Существующие методики определения ущербов

имеют как свои достоинства, так и недостатки.

Так, в соответствии с Единой межведомственной методикой оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций [13] оценка ущербов производится в экономических показателях, хотя в ней отмечено, что деятельность по определению экономического ущерба вторична по отношению к определению физического ущерба ЧС. В ней достаточно полно раскрыто понятие полного, прямого и косвенного экономических ущербов. Исходя из алгоритма расчета показателей, можно сделать вывод, что ее главной целью является определение воздействия всей совокупности потерь по отраслям народного хозяйства на устойчивое развитие страны в целом. Таким образом, существует необходимость в разработке методик определения показателей ущерба для отдельных отраслей, опираясь на представленную методологию.

Методика, применяемая на ОАО «РЖД» [14], является наиболее простой и доступной, все экономические показатели, применяемые в ней, поддаются документальному подтверждению и в основном являются показателями бухгалтерского учета. Однако при этом она не в полной степени раскрывает суть расчета ущербов в условиях ЧС, а именно в ней, в отличие от предыдущей методики [13] нет разделения ущербов на прямые и косвенные. При ее доработке косвенные ущербы от ЧС возможно отнести к показателю прочих ущербов.

Особая сложность оценки рисков в ЧС на железнодорожном транспорте заключается в том, что железная дорога со всеми элементами и объектами ее инфраструктуры – это не просто сложная техническая система, а система динамическая. Оценка рисков здесь сопровождается высокой степенью неопределенности, также требующей численного выражения.

В методике, представленной в работе [16], упоминается о недостаточной разработанности методов оценки влияния масштабных аварий, тем не менее она позволяет проводить количественную оценку экологических рисков, способствующую разработке вариантов и выбору оптимальных решений по управлению риском, минимизирующих как вероятность проявления негативных факторов, так и ущерб в случае их реализации.

Таким образом, выбор метода оценки ущербов зависит от целей и задач оценки, условий, в которых происходит опасное событие, доступности самого метода, а также от особенностей исследуемого объекта.

Список литературы

1. Федеральная служба государственной статистики : офиц. портал. URL: <http://www.gks.ru>. (Дата обращения: 17.12.2019).
2. Шевченко А.И. Оценка устойчивости перевозочного процесса // Мир транспорта. 2013. Т. 11. № 5 (49). С. 136–143.
3. Махутов А.Н., Гаденин М.М., Соколов А.М. Развитие методов анализа техногенных опасностей и рисков для

объектов железнодорожного транспорта // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2014. № 6. С. 3–12.

4. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=349200&fld=134&dst=100000010,0&rnd=0.10915614707981502#031100498032213375> (Дата обращения: 02.02.2020).

5. Фаустова О.Г. Повышение безопасности перевозок на основе оценки рисков // Эксплуатация морского транспорта. 2011. № 1 (63). С. 27–32.

6. ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения : утв. и вв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12.09.2016 № 1111-ст. М. : Стандартинформ, 2016.

7. Мартынюк И.В., Шевченко А.И. Критерии риска при перевозках в чрезвычайных ситуациях // Мир транспорта. 2018. Т. 16. № 2 (75). С. 212–219.

8. Махутов А.Н., Гаденин Н.Н. Экспертная оценка задач по реализации на железнодорожном транспорте требований стратегий национальной безопасности и научно-технологического развития России // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2018. № 2. С. 1–13

9. Анардович С.С., Руш Е.А., Смолкин И.С. Прогнозирование возможных чрезвычайных ситуаций при железнодорожных перевозках нефтепродуктов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы IX междунар. науч.-практ. конф. Иркутск: в 2 т.: Изд-во ИрГУПС, 2018. Т. 1. С. 247–251.

10. Анардович С.С., Руш Е.А. Анализ методов прогнозирования риска при эксплуатации железнодорожного подвижного состава // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: Образование – Наука – Производство : материалы всеросс. науч.-практ. конф. Чита: в 2 т. : Изд-во ЗаБИЖТ ИрГУПС, 2017. Т. 2. С. 97–103.

11. Султанов Р.М., Ибатуллина Л.А. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов железнодорожным транспортом // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 1 (107). С. 176–185.

12. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Пост. Прав. РФ от 21.05.2007 № 304 с изм. от 17.05.2011, 20.12.2019. URL: <https://base.garant.ru/12153609/>. (Дата обращения 24.01.2019).

13. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций : утв. МЧС России 01.12.2004. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_325708/. (Дата обращения: 07.12.2019)

14. Об утверждении Методических рекомендаций по расчету ущерба от транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта в ОАО «РЖД» : утв. Расп. ОАО «РЖД» от 05.12.2018 №2597/р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/552177344>. (Дата обращения: 18.02.2020).

15. Куракина И.Н., Ивлиев И.А. Методы оценки экологических рисков на основе разнородных данных // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2015. № 2. С. 46–51.

16. Бельская Е.Н., Бразговка О.В., Сугак Е.В. Методика расчета экологических рисков // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22877087_37617928.pdf. (Дата обращения: 01.03.2020)

17. Мусаев В.К., Юдаева О.С., Шварцбург Л.Э., Аксенов В.А., Хачатрян С.А. Анализ риска для оценки безопасности сложных технических систем // Наука и техника транспорта. 2016. № 3. С. 56–59.

References

1. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki : ofits. portal [Federal state statistic service: the official portal] [Electronic media]. URL: <http://www.gks.ru>. Accessed December 17, 2019.

2. Shevchenko A.I. Otsenka ustoychivosti perevozochnogo processa [Assessment of stability of traffic process]. Mir transporta [World of transport and transportation], 2013, 11, Vol. 11, No. 2 (49), pp. 136–143.

3. Makhutov A.N., Gadenin M.M., Sokolov A.M. Razvitie metodov analiza tekhnogennykh opasnostei i riskov dlya ob'ektov zheleznodorozhnogo transporta [The development of methods of the analysis of technological hazards and risks for railway transport objects]. Vestnik nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta [Railway research institute bulletin], 2014, No. 6, pp. 3–12.

4. zashite naseleniya i territorii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogenno kharaktera. Federal'nyi zakon 21.12.1994 No. 68-FZ [On the protection of the population and territories from natural and man-made emergencies], 1994 [Electronic media]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=349200&fld=134&dst=100000010,0&rnd=0.10915614707981502#031100498032213375>. Accessed February 02, 2020.

5. Faustova O.G. Povyshenie bezopasnosti perevozok na osnove otsenki riskov [Increasing transportation safety based on the risk assessment]. Eksploatatsiya morskogo transporta [Operation of maritime transport], 2011, No. 1 (63), pp. 27–32.

6. GOST R 22.0.02-2016. Bezopasnost' v chrezvychainykh situatsiyakh. Terminy i opredeleniya [GOST R 22.0.02-2016. Safety in emergency situations. Terms and Definitions]. Moscow: Standartinform Publ., 2016.

7. Martynyuk I.V., Shevchenko A.I. Kriterii riska pri perevozkakh v chrezvychainykh situatsiyakh [Risk criteria during transportation process in emergency situations]. Mir transporta [World of transport and transportation], 2018, Vol. 15, No. 2 (75), pp. 212–219.

8. Makhutov A.N., Gadenin M.M. Expertnaya otsenka zadach po realizatsii na zheleznodorozhnom transporte trebovaniy strategii natsional'noi bezopasnosti i nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossii [Expert estimation of tasks of implementation on

the railway transport of requirements of the strategies of national safety and scientifically-technological evolution of Russia]. Bulletin' ob'edinennogo uchenogo soveta [Bulletin of the Joint Scientific Council of the Russian Railways], 2018, No. 2, pp. 1–13.

9. Anardovich S.S., Rush E.A., Smolkin I.S. Prognozirovanie vozmozhnykh chrezvychaynykh situatsii pri zheleznodorozhnykh perevozkakh nefteproduktov [Prediction of possible emergencies during the railway transportation of petroleum products]. Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona: materialy Devyatoi mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. [The Transport Infrastructure of the Siberian Region: materials of the Ninth Int. scientific and practical conf.]. Irkutsk : in two parts : IrGUPS Publ., 2018, Vol. 1, pp. 247–251.

10. Anardovich S.S., Rush E.A. Analiz metodov prognozirovaniya riska pri ekspluatatsii zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava [Analysis of methods for predicting risk during the operation of railway rolling stock]. 115 let zheleznodorozhnomu obrazovaniyu v Zabaykal'e: Obrazovanie – Nauka – Prouzvodstvo: materialy vserossiyskoi nauchn.-prakt. konf. [115 years of railway education in Zabaykalye: Education – Science – Production: materials of the all-Russian scientific and practical conf.]. Chita: in two parts. ZaBIZhT IrGUPS Publ., Part 2, pp. 97–103.

11. Sultanov R.M., Ibatullina L.A. Prognozirovanie chrezvychaynykh situatsii pri transportirovke nefteproduktov zheleznodorozhnym transportom [Emergency prediction for railway transportation of petroleum products] Problemy sbora, podgotovki i transporta nefii i nefteproduktov [Problems of gathering, treatment and transportation of oil and oil products], 2017, No. 1 (107), pp. 176–185.

12. klassifikatsii chrezvychaynykh situatsii prirodno i tekhnogennogo kharaktera [On the classification of natural and man-made emergencies]. Postanovlenie pravitel'stva RF [Government Decree of the Russian Federation], 2007 [Electronic media]. URL: <https://base.garant.ru/12153609/>. Accessed Jan 24, 2019.

13. Edinaya mezhdvostvennaya metodika otsenki usherba ot chrezvychaynykh situatsii tekhnogennogo, prirodno i terroristicheskogo kharaktera, a takzhe klassifikatsii i ucheta chrezvychaynykh situatsii [Unified interdepartmental methodology for assessing damage from emergency situations of anthropogenic, natural and terrorist nature, as well as classification and accounting of emergency situations], 2004 [Electronic media]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_325708/. Accessed: December 07, 2019.

14. Ob utverzhenii metodicheskikh rekomendatsii po raschetu usherba ot transportnykh proishestvii i inykh sobytii, svyazannykh s narusheniem pravil bezopasnosti dvizheniya i ekspluatatsii zheleznodorozhnogo transporta v OAO "RZhD". Rasporyazhenie OAO "RZhD" [On the approval of the Methodological recommendations for calculating damage from traffic accidents and other events related to violation of safety rules for the movement and operation of rail transport in the Russian Railways OAO. The Order of The Russian Railways], 2018 [Electronic media]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_325708/. Accessed February 18, 2020

15. Kurakina I.N., Ivlichev I.A. Metody otsenki ekologicheskikh riskov na osnove raznorodnykh dannykh [Environmental risk assessment methods based on heterogeneous data]. Izvestiya SPbGETU "LETI" [Proceedings of Saint Petersburg Electro-technical University], 2015, No. 2, pp. 46–51.

16. Bel'skaya E.N., Brazgovka O.V., Sugak E.V. Metodika rascheta ekologicheskikh riskov [Method of calculation the environmental risks]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education], 2014, No. 6. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22877087_37617928.pdf. Accessed March 01, 2020.

17. Musaev V.K., Udaeva O.S., Shvartsburg L.E., Aksenov V.A., Khachatryan S.A. Analiz riska dlya otsenki bezopasnosti slozhnykh tekhnicheskikh sistem [Risk analysis for the safety assessment of complex technical systems]. Nauka i tekhnika transporta [Science and technology in transport], 2016, No. 3, pp. 56–59.

Информация об авторах

Анардович Светлана Сергеевна – аспирант кафедры техносферной безопасности, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: kachina_sveta@yahoo.com

Рущ Елена Анатольевна – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой техносферной безопасности, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: lrush@mail.ru

Information about the authors

Svetlana S. Anardovich – Ph.D. student of the Subdepartment of Life Safety, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kachina_sveta@yahoo.com

Elena A. Rush – Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Subdepartment of Life Safety, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: lrush@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.2(66).128-136

УДК 625.11

Оценка характеристик собственных колебаний железнодорожного пути под подвижным составом

К. П. Селедцов, Г. Г. Грузин, О. В. Мельниченко, А. Ю. Портной, А. О. Линьков✉

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

✉ linkovalex@mail.ru

Резюме

Статья посвящена исследованию параметров вибрации рельсового пути под элементами подвижного состава. Одной из проблем рельсового пути является его расширение и сжатие, вызываемое изменением температуры рельса, стыковыми