

DOI: 10.26794/1999-849X-2024-17-3-58-68
УДК 656.01(045)
JEL R40

Повышение надежности и эффективности функционирования транспортных систем в результате понижения их аварийности

Т.Л. Мелехина, А.А. Кочетков

Финансовый университет, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования — состояние аварийности в транспортном секторе экономики Российской Федерации.

Цели работы — выдвижение предложений по совершенствованию методики оценки аварийности на предприятиях транспортного сектора и выявление новых типов аварий, возникающих на транспорте в результате изменений в технологиях, процессах и общественных условиях, для установления оптимальных путей снижения наносимого ущерба. Выявлена разница в трактовке понятий «аварийность» и «ущерб» на транспорте.

Практическая значимость исследования заключается в составлении типологии аварий, что позволяет наметить ряд плано-предупредительных мероприятий и тем самым предотвращать наступление экономического ущерба.

Охарактеризована методология оценки аварийности на транспортных предприятиях. Установлены причины аварийности транспортных систем. Определены меры, направленные на снижение аварийности, способствующие повышению надежности транспортных систем и увеличению эффективности их функционирования. При оценке характера аварий учтены локальный и региональный аспекты использования транспортных систем, определяющие их текущее состояние и готовность к применению. Дана авторская классификация аварий.

Сделаны выводы о необходимости введения единой комплексной программы антиаварийных мер для каждого отдельно взятого транспортного сектора.

Ключевые слова: аварийность на транспорте; транспортные компании; транспортные системы; классификация аварий

Для цитирования: Мелехина Т.Л., Кочетков А.А. Повышение надежности и эффективности функционирования транспортных систем в результате понижения их аварийности. *Экономика. Налоги. Право.* 2024;17(3):58-68. DOI: 10.26794/1999-849X-2024-17-3-58-68

ORIGINAL PAPER

Improving the Reliability and Efficiency of Transport Systems as a Result of Reducing their Accident Rate

T.L. Melekhina, A.A. Kochetkov

Financial University, Moscow, Russia

ABSTRACT

The subject of the study is the state of accidents in the transport sector of the economy of the Russian Federation.

The objectives of the work are to put forward proposals to improve the methodology for assessing accidents and damage at enterprises in the transport sector and to identify new types of accidents that occur in transport as a result of changes in technologies, processes and social conditions, in order to establish optimal ways to reduce the damage caused. The difference in the interpretation of the concepts of “accident rate” and “damage” in transport has been revealed.

The practical significance of the study lies in the compilation of a typology of accidents, which makes it possible to plan a number of planned preventive measures and thereby prevent the onset of economic damage.

The methodology of accident assessment at transport enterprises is characterized. The causes of the accident of transport systems have been established. Measures aimed at reducing accidents have been identified, contributing to improving the reliability of transport systems and increasing the efficiency of their operation. When assessing the nature

of accidents, local and regional aspects of the use of transport systems are taken into account, determining their current state and readiness for use. The author's classification of accidents is given.

Conclusions are drawn about the need to introduce a single comprehensive program of anti-accident measures for each individual transport sector.

Keywords: accidents in transport; transport companies; transport systems; classification of accidents

For citation: Melekhina T.L., Kochetkov A.A. Improving the reliability and efficiency of transport systems as a result of reducing their accident rate. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, taxes & law*. 2024;17(3):58-68. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849X-2024-17-3-58-68

ВВЕДЕНИЕ

В Послании Президента Российской Федерации В.В. Путина Федеральному Собранию от 29 февраля 2029 г.¹ представлена масштабная программа транспортного обновления страны, которая затронет как общественный транспорт в городах, так и важнейшие узлы и трассы по всей России, и будет включать:

- развитие внутри- и межрегионального воздушного сообщения посредством модернизации существующей инфраструктуры и строительства не менее 75 аэропортов; обновление воздушного парка авиакомпаний;
- строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей между Москвой и Санкт-Петербургом через Тверь и Великий Новгород, в Казань, Ростов-на-Дону, на Урал и Черноморское побережье, а также в Минск; увеличение пропускной способности БАМа и Транссиба со 173 до 210 млн т в год в 2030 г. и т.д.

Общеизвестно, что дорожное и транспортное хозяйство играют роль своеобразных нервов экономики, обеспечивая саморегуляцию ее деятельности благодаря способности реагировать на внешние и внутренние воздействия (стимулы) окружающей среды.

Современные виды транспорта и новые магистрали не только формируют совершенно иной облик городов, но и улучшают качество жизни населения.

Планомерный переход отечественной экономики на новый качественный этап развития: цифровизацию всех отраслей — подразумевает изменение многих социально-экономических процессов, прежде всего связанных с активным освоением цифровых технологий, платформ сервиса и нейронных сетей. Цифровизация экономики выступает в роли мощного катализатора обеспечения стабильного экономического роста вследствие увеличения реального объема производства, повышения его эффективности и качества выпускаемой продукции, в которых

ключевую роль, несомненно, играет достижение бесперебойности указанных процессов, которые должны протекать без пертурбаций и аварийности, защищая, таким образом, от рисков экономических потерь и убытков путем построения достоверных долгосрочных прогнозных моделей производства и адекватного планирования антиаварийных мероприятий.

Установление причин аварийности в экономике является одной из самых сложных и комплексных задач, охватывающих самый широкий спектр смежных процессов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ «АВАРИЙНОСТЬ»

Общепризнано, что под аварийностью подразумевается вероятность возникновения аварии [1, с. 228], устанавливаемой на основе статистических данных, которые должны отвечать ряду критериев (достоверности, репрезентативности, оперативности представления), когда в результате износа или отсутствия ремонта признаки аварийности здания, сооружения, оборудования или транспортного средства из-за несоблюдения технических правил и требований безопасности, наличия угрозы жизни и здоровью людей превышают установленную норму.

Согласно Федеральному закону от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» аварией считается комплексная деструкция (разрушение) технических устройств или сооружений, которые расположены на территориях промышленных объектов, отличающихся повышенной опасностью; любое вынужденное прекращение работы механизмов или оборудования вследствие износа или поломки; полное или частичное разрушение зданий или инфраструктуры, в результате которого становится невозможным дальнейшее функционирование объекта вплоть до ликвидации последствий аварии [2, с. 240].

¹ URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49010>.

Аварийность может также рассматриваться как комплексный интегрированный показатель вероятности наступления аварии в транспортной системе, который целиком зависит от состояния функционирующих подсистем, каждая из которой подвержена собственной аварийности.

И чем сложнее и более разветвленной является транспортная система, чем больше структурных единиц она включает, тем большей степенью аварийности она обладает.

Выходит, что аварийность выступает как обобщенный финальный показатель вероятности сбоя всех совокупных частей (подсистем) транспортной системы, объединенных в единую целостность лишь тогда, когда вся система считается исправной; в противном случае любая вышедшая из строя подсистема тут же провоцирует общую аварию всей системы.

На транспорте, представляющем собой транспортную систему, включающую транспортные предприятия, использующие транспортную инфраструктуру для перевозки пассажиров и грузов при помощи транспортных средств, аварией признаются происшествия, влекущие травмы пассажиров, например в случае обрушения транспортных конструкций или магистралей, а также причинение вреда окружающей природе [3].

Для большинства экономических агентов наиболее удобным и доступным в использовании является автомобильный транспорт, несмотря на необходимость соблюдения при его использовании ряда административных формальностей, увеличивающих транзакционные издержки в случае перевозки грузов и пассажиров [4, с. 254].

ПРИЧИНЫ АВАРИЙНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

В 2023 г. на дорогах России произошло более 50 тысяч транспортных аварий², вызванных в большинстве случаев следующими причинами:

- неудобные автомобильные развязки и опасные съезды на транспортных магистралях, а также расположение автомобильных мостов на одном уровне с железной дорогой;
- неисправное техническое состояние автомобильных магистралей;
- плохая подготовка водителей к вождению автотранспортных средств;

- неконтролируемое количество машин, сданных в аренду каршеринговыми компаниями, и игнорирование стажа водителей при их приеме на работу в погоне за прибылью;

- нарушение правил дорожного движения;
- низкая социальная ответственность водителей, выражаемая в алкогольном/наркотическом опьянении, неадекватном, агрессивном поведении.

Приведенная на рисунке классификация аварий является упрощенной и не полностью отражает все транспортно-логистические цепочки, которыми пронизан транспортный сектор.

На воздушном транспорте России происходят авиационные катастрофы и происшествия, влекущие человеческие жертвы, вследствие:

- плохих погодных условий;
- ошибок пилотов, диспетчеров, технических работников;
- неудовлетворительного состояния воздушных судов;
- общего снижения контроля, надзора и дисциплины по соблюдению регламентов и правил перевозки пассажиров и грузов;
- разрушения ранее существовавшей единой налаженной системы работы Аэрофлота.

На водном и речном транспорте происходят происшествия³, обусловленные:

- плохим техническим состоянием судов (физический износ);
- неопытностью и недостаточной квалификацией экипажей;
- судоходством в плохих погодных условиях;
- пожарами, взрывами и посадками судов на мель.

Железнодорожный транспорт занимает по праву основополагающее место в системе транспортного хозяйства ввиду того, что он перевозит более 50% всех грузов и более 48% пассажиров [5].

В большинстве случаев факторами, провоцирующими наступление катастроф и аварий на железной дороге, являются:

- неисправные железнодорожные пути вследствие размывания грунта, обвалов, наводнений;
- поломки средств сигнализации и автоблокировки на железной дороге;
- ошибки, связанные с человеческим фактором (невнимательность диспетчеров, машини-

² TAdviser. Государство. Бизнес. Технологии: URL: <https://www.tadviser.ru/Статья: авиакатастрофы>.

³ Vawilon. URL: <https://vawilon.ru/statistika-avarij-vodnogo-transporta>.

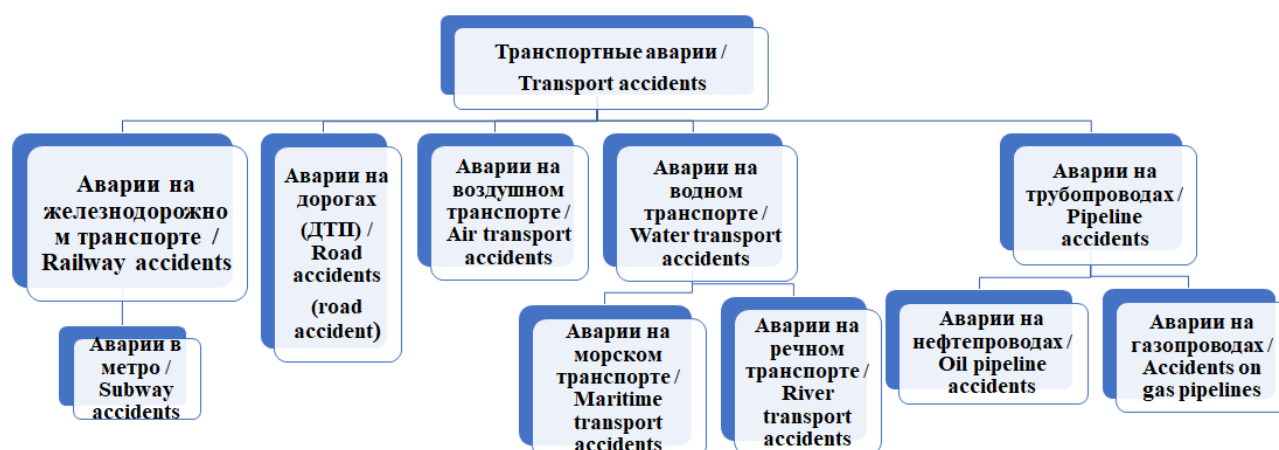


Рис. / Fig. Классификация аварий по секторам экономики /
Classification of accidents by economic sector

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Таблица 1 / Table 1

Уровень аварийности на транспортных системах / Accident rate on transport systems

№	Аварийные ситуации / Emergency situations	Уровень аварийности / Accident level	Тип риска / Risk type
1	Штатные / Standard	Средний	Регулируемый
2	Внештатные / Non-standard	Высокий	Нерегулируемый
3	«Типовые аварийные» / “Typical emergency situations”	Средний	Регулируемый
4	Форс-мажорные / Force majeure	Очень высокий	Нерегулируемый

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

стов, операторов и прочих технических работников);

- износ рельсов и других связанных с ними технических устройств (например, стрелочных переводов), обеспечивающих бесперебойную работу железнодорожного полотна;
- непредвиденные пожары внутри вагонов по вине пассажиров;
- террористические акты на железных дорогах.

В табл. 1 приведены уровни аварийности в различных штатных и внештатных ситуациях в транспортных системах.

Из табл. 1 следует, что самый негативный сценарий ждет транспортную систему в случае обстоятельств непреодолимой силы, когда авария может затронуть смежные системы, которые также задействованы в перевозке пассажиров и грузов, что при-

водит к общему транспортному коллапсу, а также к значительному ущербу.

Таким образом, снижение аварийности на железнодорожном транспорте, а также обеспечение бесперебойной работы всех его технических устройств, технологических комплексов, включая функционирование депо и трансформаторных подстанций, позволяют качественно и количественно улучшать характеристики подвижного состава и повышать общую рентабельность транспортного процесса.

В этом плане дальнейшее планомерное снижение аварийности остается долгосрочным приоритетом развития и функционирования железной дороги [6].

Показателями оценки степени аварийности являются [7, с. 25]:

- 1) охват крушений, приходящихся на единицу площади (на 1000 км):

$$O = \frac{\sum_0^n a_n}{L \cdot 1000}, \quad (1)$$

где: O — охват крушений; a_n — число аварий на участке n ; L — длина железнодорожного полотна. Данная формула (1) полезна при составлении общей динамики аварий;

2) средний размер ущерба на одну аварию:

$$Y = \frac{\sum_0^n y_{\text{щ}}}{a_n}, \quad (2)$$

где: Y — размер среднего ущерба; $y_{\text{щ}}$ — размер ущерба от аварий на участках железной дороги; a_n — число аварий на участке n ;

3) отношение среднего ущерба от аварии на грузоподъемность:

$$\partial = \frac{\sum_0^n y_{\text{щ}}}{\Gamma_n}, \quad (3)$$

где: ∂ — грузоподъемность; Γ_n — масса потерянного груза, приходящаяся на одну аварию; $y_{\text{щ}}$ — размер ущерба от аварий на участках железной дороги.

Аварийность на железнодорожном транспорте в большой степени зависит от состояния поездов и качества технического оборудования железной дороги, что напрямую влияет на обеспечение бесперебойности транспортировок пассажиров и грузов.

Негативное влияние на обеспечение безопасности на железной дороге оказывают административно-рыночные барьеры — имущественное и организационное разграничения ответственности между компаниями-перевозчиками и компаниями-поставщиками, которые занимаются производством оборудования и деталей для всей железнодорожной отрасли.

Для повышения качества продукции железнодорожной отрасли утверждается система жизненного цикла: совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия, — между поставщиком и заказчиком, которая соответствует согласованным фиксированным показателям качества и надежности, позволяющим персонифицировать ответственность разработчиков.

В железнодорожной сфере высока роль человеческого фактора, так как основные функции выполняют машинисты поездов, их помощники, диспетчеры, а также другие технические специалисты, что пред-

полагает наличие эффективной системы мотивации кадров. Например, в ОАО «РЖД» внедрена система рационализаторских предложений [8], в соответствии с которой предусмотрены различные вознаграждения и премиальные выплаты работникам за конструктивные предложения и идеи, помогающие снижать аварийность.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ АВАРИЙНОСТИ НА ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Для оценки аварийности различных систем разработаны соответствующие методики оценки аварийности. Среди таких методик следует прежде всего выделить методики МЧС России [9, с. 10], ОАО «РЖД».

Вероятность любой аварии вычисляется по следующей формуле:

$$R = n / N, \quad (4)$$

где: R — вероятность наступления аварийного события; n — число происшедших аварий; N — максимально возможное число аварий, которое могло бы произойти за расчетный период.

Однако можно получить ту же формулу, если установить вероятность наступления аварии посредством умножения вероятности негативного события на математическое ожидание аварии:

$$R = P \cdot U, \quad (5)$$

где: R — вероятность наступления ущерба; P — вероятность негативного события; U — математическое ожидание аварии (среднее время ожидания наступления аварии, полученное эмпирическим путем).

При этом следует учитывать, что каждая транспортная отрасль характеризуется своей степенью аварийности, например в автомобильной отрасли аварийность значительно выше, чем на железных дорогах, поэтому при расчетах аварийности необходимо исходить из конкретной специфики отрасли [10, с. 210].

В соответствии с существующей нормативной базой все объекты железнодорожной отрасли подразделяются на:

- вагоны, локомотивы, тележки, составы;
- сцепки, колеса, оси (объекты технического регулирования);

- специальные поезда для перевозки особых грузов (например, химических отходов которых перевозят в контейнерах);

- тоннели, мосты, магистрали (стратегически важные объекты) [11, с. 12].

Главную опасность объектам железнодорожной отрасли представляют грузы с ядовитыми отходами и химикатами, которые в состоянии наносить вред окружающей природе и подвергать опасности технический персонал.

Конкретная методика оценки ущерба⁴ от аварий зависит от специфики анализируемого объекта, а также от поставленных целей оценки и должна основываться на соблюдении таких принципов, как максимальная открытость, достоверность, объективность, и содержать солидную доказательную базу, т.е. методика должна опираться на результаты обработки значительного объема данных, практически накопленный опыт и цифровые технологии.

На сегодняшний день применяется Единая методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций, разработанная МЧС России [12, с. 245] и используемая в случаях, когда необходимо:

- осуществление страхования гражданской ответственности для компаний — перевозчиков опасных грузов;
- определение гражданской ответственности за ущерб, нанесенный вследствие наступления аварии;
- составление мероприятий по спасательно-аварийным работам;
- проведение ряда планово-предупредительных мероприятий;
- формирование предварительного расчета компенсации выплат пострадавшим физическим или юридическим лицам за вред от аварии.

Согласно этой методики размер ущерба рассчитывается по формуле:

$$U = U^p + D * U^k, \quad (6)$$

где: U — общий размер ущерба; U^p — прямой экономический ущерб; U^k — косвенный экономический ущерб; D — коэффициент дисконтирования.

Прямой экономический ущерб нетрудно определить, основываясь на данных бухгалтерии и аналити-

ческих финансовых документах, которые отражают следующую информацию:

- расходы на оказание первой помощи, эвакуацию гражданских лиц и временное размещение;
- расходы на проведение аварийно-спасательных работ;
- расчет остаточной стоимости грузов;
- предварительный размер ущерба, нанесенный локальной экологии.

Компоненты косвенного экономического ущерба включают:

- размер упущенной выгоды из-за приостановки функционирования объекта;
- размер полной или частичной утраты нематериальных активов;
- убытки, нанесенные «третьим лицам»;
- размер морального ущерба пострадавшей стороне.

Косвенный экономический ущерб достаточно трудно полностью измерить, так как он не отражается проводками бухгалтерского учета; его можно только предварительно рассчитать исходя из различных экспертных оценок сопоставимых аварий.

Классификация аварий в зависимости от размера ущерба и локальных аварийных территорий представлена в *табл. 2*.

В *табл. 2* приведено распределение ущерба по нескольким уровням, начиная с самого высокого (федерального) и заканчивая самым нижним (муниципальным) уровнем, в сопоставлении с реальными объемами ущерба и числом пострадавших. Такая классификация позволяет делать заключение об общем охвате территории аварийностью.

В работе [13, с. 180] предложена методика оценки экологических рисков:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \cdot U_i, \quad (8)$$

где: R — вероятность наступления экологического риска; n — количество вероятных вариантов аварий; P_i — вероятность наступления аварии; U_i — величина аварии (руб.), которая в свою очередь считается по формуле:

$$U = \sum_{i=1}^n V_i \cdot C_i, \quad (9)$$

где: V_i — весовой коэффициент i -го вклада на единицу измерения; C_i — доля от общего объема вреда.

⁴ Под ущербом понимается вред, нанесенный определенному физическому или юридическому лицу, объекту или отрасли хозяйства, окружающей среде, выраженный в физических, стоимостных или иных показателях.

Таблица 2 / Table 2

Классификация аварий на железнодорожных дорогах / Classification of accidents on railways

Уровни / Levels	Размер ущерба / Amount of damage	Локальная зона аварии / Local accident zone	Число пострадавших от аварий / Number of victims of accidents
Федеральный уровень / Federal level	Более 1 млрд руб.	Общий охват	Более 400 тыс. чел. (погибших и / или получивших увечья)
Региональный уровень / Regional Level	Более 10 млрд руб.	Не выходит за пределы одного субъекта РФ	Более 50 чел., но не более 500 чел. (погибших и /или получивших увечья)
Межрегиональный уровень / Interregional level	Более 12 млрд руб.	Охватывает территорию двух и более субъектов РФ	Более 50 чел, но не более 500 чел. (погибших и / или получивших увечья)
Межмуниципальный уровень / Intermunicipal level	До 10 млн руб.	Охватывает территорию двух и более муниципальных округов	Не более 50 чел. (погибших и / или получивших увечья)
Муниципальный / Municipal	Не более 10 млн руб.	Охватывает один муниципальный округ	Не более 50 чел. (погибших и / или получивших увечья)
Локальный / Local	Не более 200 тыс. руб.	Не выходит за пределы объекта	Не более 10 чел. (погибших и / или получивших увечья)

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Такое представление имеет место, когда авария происходит из-за не связанных друг с другом негативных явлений [14, с. 158].

При оценке размера экологических катастроф (как локальных, так и глобальных) целесообразно пользоваться понятиями косвенного и прямого экологического ущерба [15, с. 66]. Косвенный ущерб может в будущем становиться причиной достаточно больших затрат, превосходящих иногда прямой ущерб, который относится непосредственно к текущей оценке состояния природной среды и человека [16, с. 260].

Таким образом, алгоритм предотвращения аварий включает:

- выявление потенциальных типов рисков применительно к локальной (региональной) территории;
- ранжирование вероятных аварий по степени причинения ими вреда юридическим и физическим лицам, а также природной среде;
- определение методов повышения безопасности движения;

- контроль за эффективностью принятия управленческих решений с учетом уровня аварийности.

Рассмотренные выше методики оценки аварий имеют свои преимущества и недостатки. Применяемые на практике методы мониторинга и анализа ущерба отличаются спецификой применения в каждой конкретной ситуации, которая зависит от тяжести аварий, территории, состояния железнодорожного полотна и т.д.

Методика МЧС России в основном включает ряд экономических показателей, которые подлежат анализу; однако она не всегда применима при определении размера физического ущерба от аварий.

Наиболее перспективной представляется методика ОАО «РЖД», так как ее показатели легко рассчитать на основе баланса и отчета о финансовых результатах. Но она не в полной мере отражает специфику определения ущерба в случае крупной техногенной аварии; к тому же в ней отсутствует разделение на прямые и косвенные убытки к возмещению.

С учетом проанализированных методик приведем авторскую классификацию аварийных событий (потоков) на транспорте в табл. 3.

Таблица 3 / Table 3

Классификация потоков аварийных событий в транспортных системах / Taxonomy of emergency event flows in transport systems

№	Наименование потоков / Stream names	Характеристика / Characteristic	Степень воздействия / Impact level
1	Гомогенные аварийные потоки / Homogeneous emergency flows	Однородные потоки событий с постоянной интенсивностью	Незначительный ущерб
2	Групповые гомогенные потоки аварийных событий с кумулятивным эффектом / Group homogeneous emergency flows with a cumulative effect	Групповые однородные потоки, различающиеся по времени реализации и интенсивности	Средний ущерб
3	Групповые гетерогенные потоки аварийных событий / Group heterogeneous streams of emergency events	Групповые неоднородные потоки событий	Значительный ущерб
4	Комбинированные потоки событий / Combined Event Streams	Смешенные потоки событий с разной интенсивностью	Значительный ущерб
5	Аварийные события, разрушающие инфраструктуру и влекущие человеческие жертвы / Emergency events that destroy infrastructure and cause casualties	Провоцируют разрушение инфраструктуры системы и жертвы	Значительный ущерб инфраструктуре
6	Аварийные события, наносящие ущерб более чем двум динамическим или техническим системам / Emergency events causing damage to more than two dynamic or technical systems	Провоцируют ущерб и разрушение более чем двум динамическим системам	Значительный ущерб инфраструктуре
7	Аварийные потоки с линейно меняющейся интенсивностью / Emergency flows with linearly varying intensity	Как правило, такие потоки редко всего встречаются на практике	Незначительный/средний ущерб
8	Аварийные потоки с нелинейной интенсивностью / Emergency flows with nonlinear intensity	Как правило, такие потоки чаще всего встречаются на практике	Незначительный/средний ущерб
9	Аварийные потоки смежных транспортных систем, влияющие на основную транспортную систему / Emergency flows of adjacent transport systems affecting the main transport system	Влияют на основную транспортную систему	Незначительный/средний ущерб
10	Аварийные потоки с унимодальным распределением / Emergency flows with unimodal distribution	Значимое влияние на основную транспортную систему	Незначительный/средний ущерб
11	Аварийные потоки с мультимодальным распределением / Emergency flows with multimodal distribution	Значимое влияние на основную транспортную систему	Значительный/средний ущерб

Источник / Source: составлено авторами / compiled by the authors.

Приведенная выше классификация учитывает как локальный, так и региональный аспекты характера происходящих аварий [17, с. 90].

Своевременный мониторинг возникающих аварий позволяет:

1) оценивать рациональность построения транспортной системы, корректировать принципы и критерии ее функционирования, включая стратегические цели;

2) выявлять возможное дублирование функций на разных уровнях управленческих цепочек транспортной системы для обеспечения адекватной системы контроллинга;

3) планировать возникающий объем убытков, который может быть причинен другим опорным транспортным системам [18, с. 52] в случае принятия необоснованных управленческих решений.

В отдельную группу целесообразно выделять аварии, которые в отличие от обычных сбоев наносят значительный урон транспортно-логистической системе на миллиарды рублей [19, с. 89] и влекут человеческие жертвы. Логично, что потоки аварийных событий имеют разную интенсивность наступления и самый разнообразный характер: линейный, нелинейный, гармонический и т.д. Таким образом, их можно классифицировать в соответствии с характером распределения интенсивности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Категория аварийности на транспортных системах является одной из центральных, поскольку именно от нее напрямую зависит реальный размер экономического ущерба, который может понести транспортное предприятие в случае воздействия на него любых негативных факторов внешней среды. Аварийность не всегда целесообразно представлять как показатель процентного соотношения. В большинстве случаев аварийность складывается из суммы аварийностей подсистем — компонентов единой технической системы. Выходит, что аварийность является комплексным интегрированным показателем вероятности наступления негативного события, влекущего ущерб и убытки в конкретной транспортной системе.

2. Рассмотрение категории аварий как неотъемлемого явления всех транспортных систем обу-

словливает необходимость дополнительного анализа причин и сущности наступлений негативных явлений. Результатом такого анализа является разработанная авторами настоящей статьи классификация потоков аварийных событий (гомогенных, гетерогенных, комбинированных, с линейной и нелинейной интенсивностью), чье возникновение неизбежно в любой транспортной системе.

3. Приведенная авторская классификация аварий позволяет оценивать рациональность построения транспортной инфраструктуры, определять новые стратегические цели регионального развития [20, с. 79], а также планировать размер ущерба в отчетном периоде.

ВЫВОДЫ

Анализ аварийных потоков событий и особенностей их возникновения в транспортной системе Российской Федерации свидетельствует об увеличении отказов технических устройств всех типов и необходимости введения комплексной программы антиаварийных мер для каждого отдельно взятого транспортного сектора. Такая программа снижения общей аварийности на транспорте должна прежде всего закреплять новые критерии надежности различных типов транспортных систем, повышать степень ответственности надзорных органов на местах и всех работников, занятых на транспорте. Особое внимание должно уделяться своевременному внедрению цифровых инновационных технологий и адаптации цифровых сервисов для повышения безопасности транспортировок.

В эпоху цифровизации важное значение приобретает внедрение прикладных программ и имитационного моделирования для прогнозирования различных вариантов наступления негативных событий. В частности, возможно внедрение отдельных прикладных моделей в железнодорожной отрасли и на московском метрополитене, которые могли бы предсказывать наступление аварий на конкретные даты. Такие модели, основанные на анализе статистических данных и динамике аварий за последние 30–40 лет, будут в состоянии давать достоверный прогноз на перспективу, что в целом повысит надежность транспортной отрасли в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Jaynes Edwin J. Prior probabilities. *Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 1968;4(3):227–241.
2. Levenson Nancy. A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*. 2004;42(4):237–270.

3. Svenson Ola. The accident evolution and barrier function (aeb) model applied to incident analysis in the processing industries. *Risk Analysis*. 1991;11(3):499–507.
4. Simon H. Theories of decision making in economics and behavioural science. *American Economic Review*. 1959;49(3):253–283.
5. Махутов Н.А. Обеспечение безопасности: проблемы качества и технического регулирования. *Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций*. 2007;(6):31–36.
Makhutov N.A. Safety assurance: problems of quality and technical regulation. *Problemy bezopasnosti i chrezvychajnykh situacij = Security and emergency issues*. 2007;(6):31–36. (In Russ.).
6. Kjellen U., Albrechtsen E. Prevention of accidents and unwanted occurrences: theory, methods, and tools in safety management, Second Edition, CRC Press, 2017. 517 p.
7. James Reason, James T. Too little and too late. A commentary on accident and incident reporting. In Van Der Schaaf, T.W.; Lucas D.A.; Hale A.R., eds. *Near Miss Reporting as a Safety Tool*. Butterworth-Heinemann; 1991. 127 p.
8. Асауленко Е.В. Создание системы мониторинга инновационной деятельности естественной монополии. *Научно-практический журнал МИР*. 2015;21(2):61–69.
Asaulenko E.V. Creation of a system for monitoring the innovative activities of a natural monopoly. *Nauchno-prakticheskij zhurnal MIR = Scientific and practical journal MIR*. 2015;21(2):61–69. (In Russ.).
9. Якунин В.И. Инновационная деятельность ОАО «РЖД». *Транспорт в Российской Федерации*. 2010;26(1):10–12.
Yakunin V.I. Innovative activities about JSC Russian Railways. *Transport v Rossijskoj Federacii = Transport in Russian Federation*. 2010;26(1):10–12. (In Russ.).
10. Мартынюк И.В. Критерии риска при перевозках в чрезвычайных ситуациях. *Мир транспорта*. 2018;75(2):212–219.
Martynyuk I.V. Risk criteria for transportation in emergency situations. *Mir transporta = World of Transport*. 2018;75(2):212–219. (In Russ.).
11. Махутов А.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):1–13.
Makhutov A.N. Expert assessment of tasks for implementing the requirements of national security strategies and scientific and technological development of Russia in railway transport. *Byulleten' ob»edinennogo uchenogo soveta ОАО «RZhD» = Bulletin of the United Academic Council of JSC Russian Railways*. 2018;(2):1–13. (In Russ.).
12. Архипов Е.П. Особенности подсчетов экономического ущерба от ЧС. *Московский экономический журнал*. 2019;(9):245–251.
Arkhipov E.P. Features of calculations of economic damage from emergencies. *Moskovskij ekonomicheskij zhurnal = Moscow Economic Journal*. 2019;(9):245–251. (In Russ.).
13. Султанов Р.М. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов железнодорожным транспортом. *Журнал Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2017;107(1):176–185.
Sultanov R.M. Forecasting emergency situations during the transportation of petroleum products by rail. *Zhurnal Problemy sbara, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov = Journal of Problems of collection, preparation and transport of oil and petroleum products*. 2017;107(1):176–185. (In Russ.).
14. Fine W. T., Kinney W. D. Mathematical evaluation for controlling hazards. *Journal of Safety Research*. 1971;3(4):157–166.
15. Jocelyn S., Chinniah Y., Ouali M., Contribution of dynamic experience feedback to the quantitative estimation of risks for preventing accidents: a proposed methodology for machinery safety. *Safety Science*. 2016;88:64–75.
16. Zwetsloot G. I.H.M., Kines P., Wybo, J. L. Zero accident vision based strategies in organisations: Innovative perspectives. *Safety Science*. 2017;91:260–268.
17. Смирнов А. Ю. Анализ развития транспортной системы Санкт-Петербурга. *Мир новой экономики*. 2021;15(2):89–96.
Smirnov A. Yu. Analysis of the development of the transport system of St. Petersburg. *Mir novej ekonomiki = The world of the new economy*. 2021;15(2):89–96. (In Russ.).

18. Малов В.Ю. Проблемы формирования опорной транспортной сети России в контексте экономической безопасности транзитных и экспортных перевозок (опыт истории). *Мир новой экономики*. 2014;(4):51–57. Malov V. Yu. Problems of forming the backbone transport network of Russia in the context of economic security of transit and export transportation (historical experience). *Mir novej ekonomiki = World of New Economics*. 2014;(4):51–57. (In Russ.).
19. Горошникова Т.А., Донде О.И. Роль транспортно-логистического комплекса Российской Федерации в расширении интеграционных процессов. *Мир новой экономики*. 2022;16(4):88–98. Goroshnikova T.A., Donde, O.I. The role of the transport and logistics complex of the Russian Federation in the expansion of integration processes. *Mir novej ekonomiki = World of New Economics*. 2022;16(4):88–98. (In Russ.).
20. Малов В.Ю., Мелентьев Б.В. Политэкономика и инструменты прогнозирования. *Мир новой экономики*. 2020;14(2):73–81. Malov V. Yu., Melentyev B. V. Political economy and forecasting tools. *Mir novej ekonomiki = World of New economics*. 2020;14(2):73–81. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Татьяна Леонидовна Мелехина — кандидат физико-математических наук, доцент, заместитель руководителя кафедры математики по учебной работе факультета информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет, Москва, Россия

Tatyana L. Melekhina — Cand. Sci. (Phys. — Math.), Assoc. Prof., Deputy Head of the Mathematics Department for Academic Affairs, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University, Moscow, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-0405-5450>

TMelekhina@fa.ru

Артур Андреевич Кочетков — старший преподаватель кафедры математики факультета информационных технологий и анализа больших данных, Финансовый университет, Москва, Россия

Artur A. Kochetkov — Senior Lecturer, Department of Mathematics, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis, Financial University, Moscow, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-9731-8044>

Автор для корреспонденции / Corresponding author:

AKochetkov@fa.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 20.03.2024; принята к публикации 25.05.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was received 20.03.2024; accepted for publication 25.05.2024.

The authors read and approved the final version of the manuscript.