



Оценка устойчивости перевозочного процесса



Анатолий ШЕВЧЕНКО

Anatoly I. SHEVCHENKO

В статье показаны методологические подходы к актуальной для железнодорожного транспорта оценке устойчивости перевозочного процесса. Даются анализ внешних и внутренних дестабилизирующих факторов, возможные алгоритмы оценки устойчивости перевозочного процесса и управления ею с учетом степени рисков и ущерба от чрезвычайных ситуаций. Обоснованы критерии устойчивости (основной и вспомогательные) и методика их использования в целях поддержания перевозочного процесса в безопасных (заданных, приемлемых) границах. Автор касается и вопросов психофизиологического состояния персонала железнодорожного транспорта, его влияния на экологию человека и профилактику ЧС, качество инженерных решений.

Ключевые слова: железная дорога, чрезвычайная ситуация, устойчивость перевозочного процесса, инженерная экология, человеческий фактор, критерии управления, факторы риска и потерь.

Шевченко Анатолий Иванович — кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Безопасность движения, экология и охрана труда» Российской академии путей сообщения — структурного подразделения Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Согласно Федеральному закону «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» (ст. 1, п. 2) устойчивость работы железнодорожного транспорта признается важнейшим условием его функционирования.

Устойчивость перевозочного процесса — способность противостоять внешним и внутренним дестабилизирующим факторам, сохраняя при этом основные параметры (объем перевозок, пропускную способность железной дороги) на заданном уровне.

Для упрощения восприятия предлагаются три уровня критериев устойчивости и антонима понятия — уязвимости перевозочного процесса. Многолетняя практика МЧС России подтверждает эффективность такого трехуровневого подхода.

1.

В нормативных документах МЧС приведены простые и ясные критерии, а также методика оценки структурных элементов системы работы в чрезвычайной ситуации. Каждый из девяти элементов оценивается по трем уровням: «соответствует предъявляемым требованиям»; «ограниченно соответствует предъявляемым требованиям» и «не соответствует

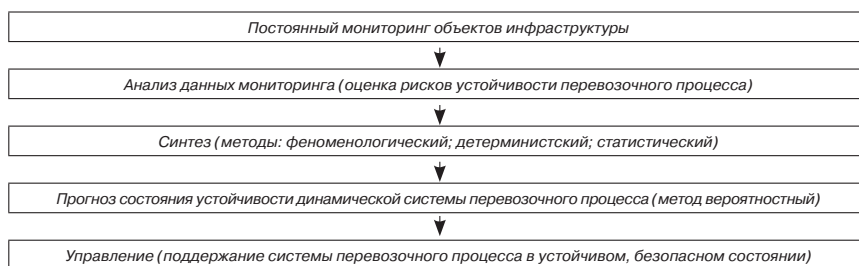


Рис. 1. Алгоритм исследования.

предъявляемым требованиям». Готовность управления, связи, средств оповещения тоже определяется трехуровневой шкалой.

Соотношение критериев устойчивости и уязвимости перевозочного процесса в условиях ЧС: устойчивость высокая/уязвимость слабая; устойчивость достаточная/уязвимость средняя; устойчивость низкая/уязвимость высокая.

Основные дестабилизирующие факторы перевозочного процесса: внешние — ЧС природного, техногенного, биолого-социального и военного характера; внутренние — техническая надежность, ошибки и несанкционированные действия персонала. Для каждого фактора — свои риски, рассчитываемые по формуле (1): $R = P \cdot U$, где P — вероятность наступления неблагоприятного события, U — математическое ожидание ущерба от этого события.

Математическое ожидание размеров ущерба U следует рассматривать по трем направлениям: ущерб людям (персонал и пассажиры железнодорожного транспорта, население прилегающей к инфраструктуре дорог территории); ущерб окружающей среде; ущерб инфраструктуре железнодорожного транспорта. Для любой дороги или отдельного ее участка могут быть рассчитаны карты (или таблицы) рисков. Карта рисков — пространственное распределение их количественных показателей (частота, последствия, потери, ущерб), касающихся объектов инфраструктуры, людей (персонала, пассажиров, населения прилегающей территории), природной среды и шире — окружающей среды. Идентификация риска позволяет выявить наличие источников опасности и их размещение на территории.

Последовательность разработки методологических основ управления устойчивостью перевозочного процесса выглядит

следующим образом: создается алгоритм (т. е. наиболее целесообразный порядок действий); определяются главный и вспомогательные критерии; обосновывается математический аппарат для расчетов; их результаты показываются в виде таблиц, графиков; обосновывается шкала уровней параметра перевозочного процесса, которую ради упрощения целесообразно унифицировать по трем уровням.

В общем плане алгоритм исследования показан на рис. 1.

В соответствии с феноменологическим методом автором проведен анализ условий возникновения ЧС на определенном участке железной дороги. Как известно, признаками ЧС являются: наличие человеческих жертв (погибших); ущерб здоровью людей (пострадавшие); ущерб окружающей природной среде; значительные материальные потери; нарушение норм и правил жизнедеятельности людей.

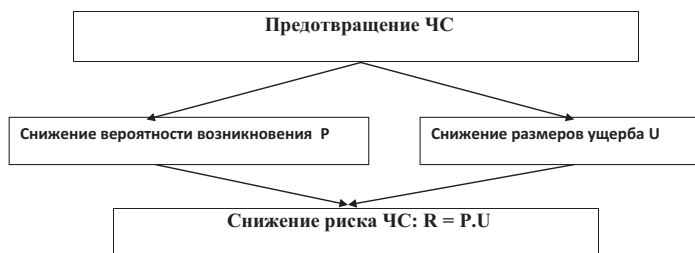
С учетом показателей (признаков ЧС) к условиям возникновения ЧС на железнодорожном транспорте следует отнести как сам факт перевозочного процесса по перемещению людей и грузов, наличие уязвимой окружающей природной среды, так и обстановку на определенной территории (участке железной дороги), в которой показатели риска возникновения ЧС хотя бы по одному из названных признаков превышают допустимый (или заданный нормами) уровень.

Поэтому предупреждение ЧС — это комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения опасных ситуаций, а также на смягчение их последствий, то есть на спасение пострадавших, снижение размеров ущерба.

Нормирование уровней таких параметров безопасности перевозочного процесса, как частота возникновения ЧС (частое,



Рис. 2. Алгоритм предотвращения возникновения ЧС.



вероятное, случайное, редкое, крайне редкое, маловероятное), тяжесть последствий (уровни – катастрофический, критический, незначительный, незначительный), риски (недопустимый, нежелательный, допустимый, не принимаемый в расчет), может быть произведено на основе национального стандарта РФ ГОСТ Р 54505–2011.

2.

С применением детерминистского метода возможен анализ последовательности этапов развития ЧС, начиная от исходного события – нарушения безопасности движения (крушения, аварии, аварийной ситуации с опасными грузами). Установлено, что при определенном состоянии сложной и неустойчивой, высокодинамичной системы перевозок на железнодорожном транспорте любое из названных нарушений несет постоянный риск и может привести к перерастанию угроз в ЧС. Причем вероятность возникновения чрезвычайной ситуации зависит от множества случайных и трудно поддающихся точному математическому прогнозу факторов.

Вероятностный метод предполагает как оценку вероятности возникновения ЧС, так и расчет относительных вероятностей вариантов развития событий. Вероятность ЧС зависит от множества факторов, основными из которых являются следующие:

- тип ЧС (природного, техногенного, биолого-социального или военного характера), для каждого из них рассчитывается своя вероятность;
- износ основных производственных фондов (ОПФ) ОАО «РЖД», а также уровни износа и остаточного ресурса по каждому хозяйству, каждому объекту инфраструктуры и каждому элементу (техническому средству, устройству);
- опасность оцениваемого объекта, характеризующая его возможности (включая и количественные показатели) в процессе эксплуатации при определенных обстоя-

тельствах (условиях) причинять ущерб человеку (персоналу и пассажирам железнодорожного транспорта, населению прилегающей территории) и окружающей среде;

– опасность природная, которая определяется свойствами или состоянием прилегающих к зоне событий участков литосферы, гидросферы, атмосферы или космоса, представляющих угрозу для людей и материальных объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Главным критерием для оценки состояния устойчивости перевозочного процесса на железных дорогах выступает скорость его восстановления после прекращения действия внешних и внутренних дестабилизирующих факторов, важнейшим параметром чего является общее время перерыва в перевозочном процессе.

Алгоритм предотвращения возникновения ЧС показан на рис. 2.

Критерии устойчивости перевозочного процесса (способности противостоять внешним и внутренним дестабилизирующим факторам) – количественные характеристики: высокая – сохранение основных параметров (пропускных и провозных возможностей) на уровне 80% и более; достаточная – сохранение основных параметров на уровне 50–80%; недостаточная – сохранение основных параметров на уровне менее 50%.

Безопасный уровень перевозочного процесса – состояние, при котором отсутствует недопустимый риск возникновения ЧС.

Примерная блок-схема разработки методологических основ управления устойчивостью перевозочного процесса показана на рис. 3.

Оценку рисков ЧС целесообразно производить в соответствии с алгоритмом рис. 4.

Устойчивость перевозочного процесса как сложной системы зависит от устойчи-

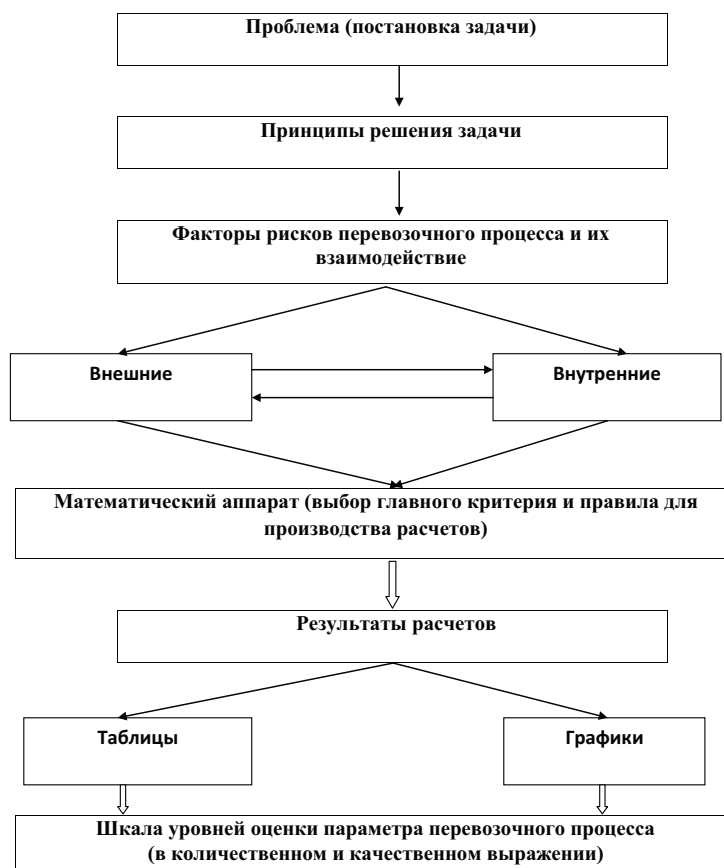


Рис. 3. Примерная блок-схема разработки методологических основ управления устойчивостью перевозочного процесса.

ности его элементов. Она носит вероятностный, нелинейный характер и может быть выражена формулой (2): $U_s = U_1 \cdot U_2 \cdot U_3 \dots U_i$, где U_s — устойчивость системы, U_1, U_2, U_3, U_i — устойчивость ее элементов (хозяйств П, Э, Ш, Т, В, Л, Д, М и др.).

Оценка состояния устойчивости перевозочного процесса на отдельных участках железных дорог (с наибольшей интенсивностью перевозок) должна начинаться с анализа риска, т. е. процесса количественного и качественного определения показателей (критериев) угроз.

Примерный алгоритм оценки устойчивости перевозочного процесса показан на рис. 5.

3.

Анализ риска сводится преимущественно к определению (расчету) вероятностей наступления неблагоприятного события — возникновения ЧС в процессе функционирования технических систем железнодорожного транспорта, непосредственно обеспечивающих безопасность движения, и мате-

матического ожидания ущерба людям (пассажирам, персоналу и населению прилегающей территории), окружающей среде и самим техническим системам.

Методы управления риском ЧС включают административно-правовые, технические и экономические меры, приемы и способы влияния на процесс.

Административно-правовые включают: совокупность законодательных актов, нормативных документов и организационно-управленческих механизмов, позволяющих снижать риск ЧС. Технические: инженерно-технические средства мониторинга источников риска, предупреждения возникновения, развития и ликвидации ЧС. Экономические: совокупность экономических механизмов для реализации методов и средств снижения риска и возмещения ущерба от ЧС.

В алгоритме оценки устойчивости перевозочного процесса (рис. 5) присутствуют шесть элементов, характеризующих искомый уровень. Каждый можно оценить по трехбалльной системе. Обозначив услов-



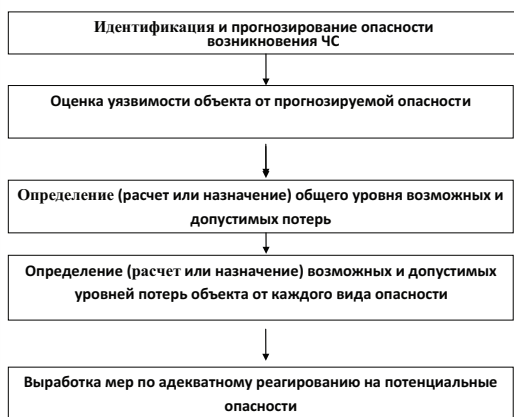


Рис. 4. Алгоритм оценки рисков ЧС.

но уровень элементов соответственно $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6$ и определив балл (высокий – 3, достаточный – 2, низкий – 1), можно рассчитать общий уровень устойчивости системы ОУс как средне-арифметическое уровней входящих в нее элементов: $ОУс = (U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6) / 6$. (3)

Шкала общего уровня устойчивости системы аналогично трем уровням оценки отдельных элементов предусматривает те же три уровня: высокий; достаточный; низкий. Высокий уровень, если результат расчетов по формуле (3) равен 4,5 и выше; достаточный – если результат расчета от 3,6 до 4,4; низкий – когда результат от 3,5 и ниже.

Расчет количественной характеристики (уровня) каждого элемента (параметра) перевозочного процесса осуществляется с применением своего математического аппарата и своей системы критериев.

Качественные параметры перевозочного процесса, приведенные в алгоритме на рис. 5, отличаются следующим.

Повышение способности системы перевозочного процесса предупреждать возникновение ЧС реализуется в ОАО «РЖД» посредством надежной организации технического мониторинга объектов инфраструктуры с целью своевременного выявления внешне скрытых предаварийных (опасных) состояний.

Мера противостояния поражающим факторам ЧС прямо зависят от запаса прочности, резерва пропускных и провозных возможностей.

Способность предотвращать или снижать угрозы жизни людей можно характе-

ризовать по критериям: предупреждение, спасение, помощь.

Возможности по снижению материальных ущербов от ЧС и восстановлению перевозочного процесса соотносятся с оперативностью реагирования на события функциональной подсистемы РСЧС, достаточностью ресурсов материальных и финансовых, предусмотренных на ликвидацию ЧС. Методика и математическая модель расчета достаточности сил и средств подсистемы показаны автором ранее [2].

Алгоритм управления устойчивостью перевозочного процесса в общем виде присутствует на рис. 6. При этом само управление заключается в целенаправленном воздействии со стороны субъекта (органов РСЧС, ее функциональной и территориальной подсистем) на объект управления – подчиненные структуры и силы, а также потенциальные или реальные источники ЧС, элементы инфраструктуры, окружающей среды.

В целом управление устойчивостью перевозочного процесса – это система сбора и обработки входной информации об угрозах для их упреждения и реализации контрмер, обеспечивающих снижение и парирование возможных рисков или прямых последствий ЧС.

Программируемое управление такого рода и назначения включает:

- систему оценки риска эксплуатации объекта инфраструктуры на определенный момент (отрезок) времени при прогнозируемых угрозах;
- критерий выбора решения (решающее правило) для органа (лица), его принимающего;
- управляющие воздействия, влияющие на устойчивость перевозочного процесса.

4.

Управление риском нарушения устойчивости перевозочного процесса – основанная на оценке ситуации целенаправленная реализация наилучшего из возможных способов снижения угроз до приемлемого (заданного) уровня. Регулирующие действия должны обеспечивать своевременную выработку и доведение до исполнителей управляющих команд с учетом поражающих факторов ЧС и предусматривать следующие элементы:



Рис. 5. Примерный алгоритм оценки устойчивости перевозочного процесса.

— исключение риска, то есть создание условий или применение средств, при которых вероятность его появления или проявления связанных с ним последствий становятся бесконечно (пренебрежительно) малыми;

— ограничение риска — добровольное или вынужденное участие в принятии части риска;

— снижение риска — снижение вероятности (частоты) ЧС, видов и масштабов их последствий за счет применения различных методов и средств;

— перераспределение риска — совокупность механизмов, позволяющих распределить риск, связанный с ликвидацией ЧС, между несколькими участниками.

Базовыми принципами управления рисками являются:

а) адекватное определение опасностей и угроз в вероятностной постановке и применение механизмов их понижения путем проведения инженерно-технических, организа-

ционных и экономических мероприятий;

б) адекватное определение возможных негативных последствий природно-техногенных ЧС (преимущественно в эквивалентных статистических величинах человеческих и экономических потерь) и разработка комплексных мер их снижения за счет системной защиты, предупреждения, диагностики и мониторинга.

Уровни риска ЧС — количественные и качественные значения рисков для обозначения степени опасностей и угроз безопасности человека (персонала и пассажиров железнодорожного транспорта, населения прилегающей территории), объектов инфраструктуры и окружающей среды.

Для индивидуальных рисков (объектов инфраструктуры, участков железных дорог) логарифмическая шкала их уровней устанавливается в виде вероятности летального исхода (поражения) человека в единицу времени (год или час, пассажирские перевозки) или в виде математического ожида-



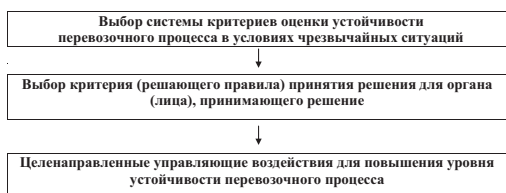


Рис. 6. Алгоритм управления устойчивостью перевозочного процесса.

ния ущерба (денежный эквивалент) в единицу времени (год или час, грузовые перевозки).

С учетом важности роли и степени влияния человеческого фактора на устойчивость перевозочного процесса обязательными должны быть повышение уровня профессиональной подготовки и работоспособности персонала в повседневных условиях и при возникновении ЧС.

Под работоспособностью персонала понимается потенциальная возможность человека выполнять целесообразную (актуальную и по оптимальному варианту, в рациональной последовательности) деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени. Работоспособность зависит от внешних условий (благоприятные, неблагоприятные, нормальные или при воздействии опасных и вредных факторов и т. д.) и психофизиологических ресурсов индивида.

Выделяются три уровня работоспособности — максимальная, оптимальная, сниженная и четыре стадии — вработывание, оптимальная, утомление (компенсируемое или некомпенсируемое), конечный «порыв».

При этом для перевозочного процесса, который характеризует длительностью повышенных физических и психических нагрузок, наилучшим сочетанием остается оптимальный уровень работоспособности (сохранение высокой производительности на длительный период) и оптимальной стадии (с компенсируемым уровнем утомления).

ВЫВОДЫ

1. В масштабах отрасли и железной дороги уровни (доля, степень) влияния внешних и внутренних дестабилизирующих факторов на возникновение ЧС и нарушения устойчивости перевозочного процесса примерно одного порядка. Для уровня

участка железной дороги главными такими факторами являются внутренние — высокая степень износа основных производственных фондов, ошибки и несанкционированные действия персонала.

2. Главный критерий устойчивости перевозочного процесса для уровня участка железной дороги — скорость его восстановления после прекращения действия дестабилизирующих факторов, главный параметр — время перерыва движения (перевозочного процесса). Скорость восстановления процесса зависит от количества, готовности, дислокации специализированных аварийных формирований. Кроме того, на уровень устойчивости влияют резервы пропускных и провозных способностей участка, потенциал развития железнодорожной сети, а соответственно и возможности организации кружного движения.

3. Вспомогательными критериями могут быть: интенсивность движения поездов, связанные с ней объемы перевозок; степень повреждений инфраструктуры (стационарных объектов и подвижного состава); уровни ущерба от экологических штрафов и страховых выплат пассажирам и владельцам грузов, багажа и грузобагажа.

4. Уровень устойчивости перевозочного процесса как сложной динамической системы тем выше, чем быстрее система возвращается в исходное состояние после дестабилизирующих воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодные анализы состояния безопасности движения за период с 1996 по 2012 гг. // Департамент безопасности движения и экологии (МПС России до 01.10.2003 г.) ОАО «РЖД». — М., 1996–2012 гг.
2. Шевченко А. И. Особенности аварий техногенного свойства // Мир транспорта. — 2013. — № 2 — С. 158–163.
3. Лисенков В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов. — ВНИТИ РАН — М., 1999. — С. 332.
4. Лисенков В. М. Методологические основы совершенствования системы управления безопасностью железнодорожных перевозок. // Материалы 2-й научно-практической конференции «Безопасность движения поездов» — МИИТ — М., 2000. — С. 10.
5. Лисенков В. М. Принципы нахождения прогнозируемых показателей безопасности движения поездов с интервальными оценками. // Материалы 3-ей научно-практической конференции «Безопасность движения поездов» — МИИТ — М., 2001. — С. 45.
6. Мартынюк И. В. О разработке принципов и методов прогнозной оценки рисков возникновения

чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Наука и техника транспорта. — 2006. — № 3. — С. 23.

7. Материалы ежегодных научно-практических конференций МПС России и ОАО «РЖД» по безопасности движения за период с 1997 по 2012 гг. // Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), ФГУП ВНИИЖТ, — М., 1997–2012 гг.

8. Методика определения ущерба окружающей природной среде и дополнительных расходов железных дорог, возникающих при аварийных ситуациях с опасными грузами // МПС России и МПР России. — М., 2001.

9. Флегонтов Н. С., Мартынюк И. В., Попов О. Н. Обоснование методики оценки рисков. — Ростов н/Д: РГУПС: 2001 — С.31.

10. Флегонтов Н. С., Мартынюк И. В., Попов О. Н. Методы анализа риска возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте. — Ростов н/Д: РГУПС: 2002 — С. 45.

11. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 5404–2011 Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности объектов железнодорожного транспорта.

12. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 5405–2011 Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте.

13. Методические рекомендации по оценке рисков на железнодорожной инфраструктуре ОАО «РЖД».

ASSESSMENT OF STABILITY OF TRAFFIC PROCESS

Shevchenko, Anatoly I. – Ph.D. (Tech), head of the department of traffic safety, ecology and labor protection of Russian railway academy – a unit of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

The article describes methodological approach of assessment of stability of rail traffic process. The author suggests analysis of internal and external destabilizing factors, possible algorithms of assessment of carriage process stability, and of stability control, providing for potential risks and damages caused by emergencies. The author

substantiated criteria of stability (principal and auxiliary) and methods of its application in order to maintain the carriage process in safe limits (targeted or acceptable). The article also refers to issues of psychological and physiological conditions of the staff, their impact on human ecology and prevention of emergencies, quality of engineering solutions.

Key words: railway, emergency, stability of carriage, traffic, engineering ecology, human factor, management criteria, factors of risk and damage.

REFERENCES

1. Annual analysis of traffic safety for the years 1996–2012 [*Ezhegodnye analizy sostoyaniya bezopasnosti dvizheniya za period s 1996 po 2012 gg.*]. Safety department of JSC Russian Railways (Ministry of railways for the period prior to 01.10.2003). Moscow, 1996–2012.

2. Shevchenko A.I. Distinctive Features of the Accidents of Technogeneous Accidents [*Osobennosti avariyn tehnogenogo svoystva*]. *Mir Transporta* [World of Transport and Transportation] *Journal*, 2013, Vol. 46, Iss. 2, pp. 158–163.

3. Lisenkov V.M. Statistical theory of train traffic safety [*Statisticheskaya teoriya bezopasnosti dvizheniya poezdov*]. Moscow, VINITI RAN, 1999, p. 332.

4. Lisenkov V.M. Methodological basis of improvement of safety management for rail traffic [*Metodologicheskie osnovy sovshenshtvovaniya sistemy upravleniya bezopasnost'yu zheleznodorozhnykh perevozok*]. Proceedings of the 2d scientific and practical conference Train traffic safety [*Materialy 2-oy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Bezopasnost' dvizheniya poezdov»*]. Moscow, MIIT, 2000, p. 10.

5. Lisenkov V.M. Principles of defining prognostics values of train traffic safety with interval assessments [*Printsipy nahozhdeniya prognozirovemykh pokazateley bezopasnosti dvizheniya poezdov s interval'nymi otsenkami*]. Proceedings of the 3d scientific and practical conference Train traffic safety [*Materialy 3-ey nauchno-prakticheskoy konferentsii «Bezopasnost' dvizheniya poezdov»*]. Moscow, MIIT, 2001, p. 45.

6. Martynyuk I.V. On designing principles and methods of forecasting of emergency risks at railways [*O razrabotke printsipov i metodov prognoznoy otsenki riskov*

vozniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy na zheleznodorozhnom transporte]. *Nauka i tekhnika transporta*, 2006, № 3, p. 23.

7. Proceedings of annual scientific and practical conferences on Train traffic safety [*Materialy ezhegodnykh nauchno-prakticheskikh konferentsiy MPS Rossii i OAO «RZhD» po bezopasnosti dvizheniya za period s 1997 po 2012 gg.*]. Moscow, MIIT, VNIIZHT, 1997 – 2012.

8. Methods of identifying of damage to environment and of additional expenses of railways, caused by emergencies with dangerous goods [*Metodika opredeleniya uscherba okruzhayushchey prirodnoy srede i dopolnitel'nykh rashodov zheleznynykh dorog, voznikayushchikh pri avariynnykh situatsiyah s opasnymi gruzami*]. Ministry of railways, Ministry of natural resources, Moscow, 2001.

9. Flegontov N.S., Martynyuk I.V., Popov O.N. Substantiation of the methods of risk assessment [*Obosnovaniye metodiki otsenki riskov*]. Rostov-na-Donu, RGUPS, 2001, p.31.

10. Flegontov N.S., Martynyuk I.V., Popov O.N. Methods of analysis of risks of emergencies at railway transport [*Metody analiza riska vozniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy na zheleznodorozhnom transporte*]. Rostov-na-Donu, RGUPS, 2002, p.45.

11. National standard of Russian Federation RF GOST R R 5404 – 2011 Safety of functioning. Politics, program of safety maintenance of rail structures.

12. National standard of Russian Federation RF GOST R 5405 – 2011 Safety of functioning. Risk management at railways.

13. Methodical recommendations on risk assessment for rail infrastructure of JSC Russian Railways.

Координаты автора (contact information): Шевченко А.И. (Shevchenko A.I.) – sai@raps.edu.ru.

Статья поступила в редакцию / article received 04.10.2012

Принята к публикации / article accepted 25.01.2013

