

УДК 519.7
ББК 65.40

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Кульба В. В.¹, Косяченко С. А.², Шелков А. Б.³
(ФГБУН Институт проблем управления
им. В.А.Трапезникова РАН, Москва)

Рассматриваются методологические основы исследования проблем безопасности на железнодорожном транспорте, включающие: создание методологии исследования нештатных ситуаций и генерации сценариев функционирования объектов железнодорожного транспорта (ОЖТ) в этих условиях, выбор оптимальных сценариев развития ОЖТ, создание единого информационного пространства для решения задач управления транспортной безопасностью.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, безопасность, нештатная ситуация, сценарный анализ, информационное пространство.

1. Введение

Эффективное функционирование железнодорожного транспорта Российской Федерации играет исключительную роль в создании условий для модернизации, перехода на инновационный путь развития и устойчивого роста национальной экономики.

¹ Владимир Васильевич Кульба, доктор технических наук, профессор (Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, тел. (495) 334-90-09, kulba@ipu.ru).

² Станислав Анатольевич Косяченко, доктор технических наук, профессор (urglad@ipu.ru).

³ Алексей Борисович Шелков, кандидат технических наук (abshelkov@gmail.com).

ки, обеспечивает необходимые условия для обеспечения лидерства России в мировой экономической системе.

От состояния, безопасности и качества работы железнодорожного транспорта зависят не только перспективы дальнейшего социально-экономического развития, но также возможности государства эффективно выполнять такие важнейшие функции, как защита национального суверенитета и безопасности страны, обеспечение потребности граждан в перевозках, создание условий для выравнивания уровня развития регионов.

В целях решения проблем и задач в области обеспечения транспортной безопасности и в соответствии с требованиями Федерального Закона №16 – ФЗ от 09.02.2007 «О транспортной безопасности» необходимо создание методологии и на ее основе интегрированной информационно-управляющей системы транспортной безопасности ОАО «РЖД».

Настоящая работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 11-07-13131 офи-м-2011-РЖД.

2. Методология решения задач обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте

Как и любая транспортная система, железнодорожный транспорт представляет потенциальную опасность для человека. Основными особенностями железнодорожного транспорта являются:

- концентрация большого количества пассажиров в пригородных и поездах дальнего следования;
- высокие скорости перевозок пассажиров и грузов на магистральных линиях;
- уязвимость для проведения террористических актов на путях, подвижном составе, пассажирских и грузовых станциях;
- большие объемы перевозок и высокая концентрация опасных грузов на узловых станциях (воспламеняющиеся газы, горючие жидкости, токсичные и высокотоксичные вещества, окисляющие вещества, взрывчатые вещества, радиоактивные вещества, боеприпасы и вооружение и т.п.);

- наличие большого количества пересечений с автомобильными дорогами в одном уровне;
- огромная протяженность магистральных линий, удаленность значительной их части от населенных пунктов и автодорог.

Перечисленные особенности вызывают особую тяжесть последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий на железнодорожном транспорте, которая обусловлена слабой предсказуемостью мест их возникновения, комплексным характером последствий и наличием вторичных факторов риска, затрудненностью и большим временем доступа сил и средств ликвидации последствий к очагу чрезвычайной ситуации [1, 2].

В настоящее время в условиях увеличивающейся интенсивности различного рода угроз и резкого изменения экономического механизма функционирования объектов РЖД и всей системы в целом особую актуальность приобретает разработка концептуальных и методологических основ анализа и повышения эффективности систем обеспечения безопасного функционирования железнодорожного транспорта.

Проведенный анализ нормативно-правового обеспечения процессов управления эксплуатационной безопасностью объектов железнодорожного транспорта показал, что в настоящее время одним из основных его недостатков является отсутствие рекомендаций по разработке моделей и методов анализа процессов возникновения чрезвычайных, нештатных и аварийных ситуаций на ОЖТ, а также выбору способов снижения отрицательных последствий их возникновения и обеспечения необходимых уровней отказоустойчивости, живучести и общей безопасности функционирования ОЖТ.

Методология решения рассматриваемых проблем должна базироваться на опережающем сценарном анализе альтернативных путей развития ситуации и ключевых факторов риска, несущих в себе различного рода угрозы безопасности ОЖТ. Для целей дальнейшего анализа данные факторы могут быть сгруппированы в ряд уровней, причем факторы верхнего уровня

являются порождающими для факторов последующего уровня (рис. 1) [6].

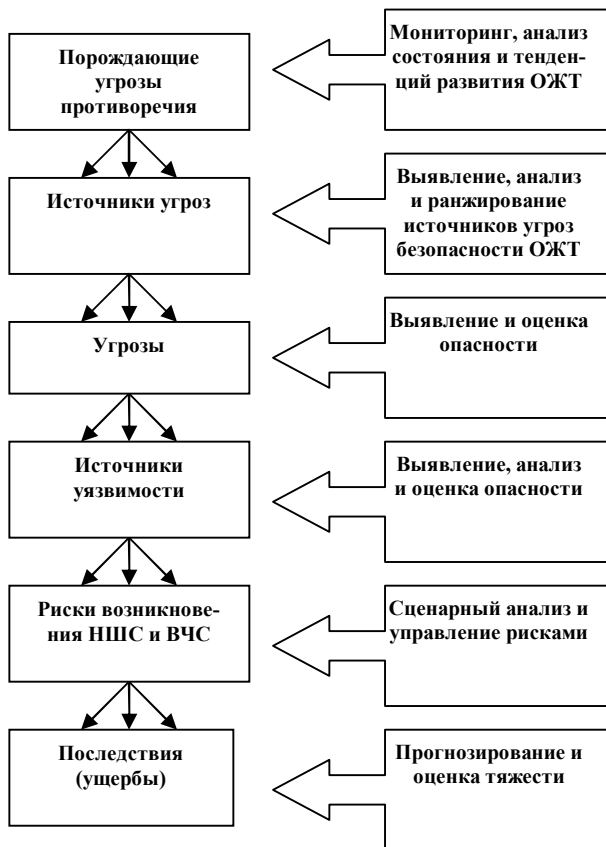


Рис. 1. Группировка факторов безопасности ОЖТ

Для решения комплекса рассматриваемых задач разработана классификация нештатных ситуаций (НШС) на РЖД с точки зрения степени готовности руководства и персонала железных дорог к ликвидации последствий возникновения внезапных чрезвычайных ситуаций (ВЧС) (рис.2) [1, 5].

Чрезвычайная ситуация на ОЖТ определяется как неблагоприятное сочетание факторов и событий, создающих угрозу

жизни людей, нарушающих условия их нормальной жизнедеятельности.

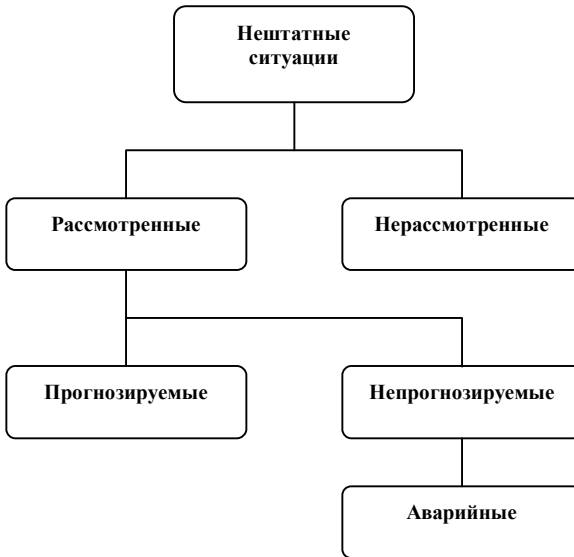


Рис.2. Классификация нештатных ситуаций

Нештатная ситуация определяется как непредусмотренное программой или регламентом штатного функционирования состояние ОЖТ, их составных частей и элементов, включая путевое хозяйство и станции, грузовые и пассажирские поезда, вокзальные и иные помещения, оборудование, обслуживающий персонал и обслуживаемое население и т.д.

Аварийные ситуации определяются как ситуации, следствием которых являются полное или частичное разрушение ОЖТ или его отдельных частей, а также угроза ухудшения здоровья или гибели обслуживающего персонала и обслуживаемого населения.

Рассмотренные НШС – это нештатные ситуации в процессе эксплуатации ОЖТ, возможность возникновения которых была выявлена в процессе их проектирования и создания, и которые внесены в конструкторскую и эксплуатационную документа-

цию, а также в регламенты функционирования зданий и сооружений ОЖТ.

Нерассмотренные – это такие НШС, анализ которых не мог быть проведён или не проводился в проектный период и которые не содержатся в конструкторской и эксплуатационной документации, а также в регламентах функционирования зданий и сооружений ОЖТ.

Прогнозируемые – это такие НШС в процессе эксплуатации ОЖТ, способы и средства выхода из которых предусмотрены и внесены в конструкторскую и эксплуатационную документацию, а также в регламенты функционирования зданий и сооружений ОЖТ.

Непрогнозируемые – это НШС, причиной возникновения которых являются отказы, приводящие к нерасчётным или неопределённым условиям эксплуатации. Выходы из таких НШС не гарантируются с помощью разработанных способов и средств, но для них могут быть предусмотрены мероприятия, снижающие риск и повышающие отказоустойчивость и живучесть ОЖТ.

На основе предложенного подхода разработан комплекс моделей и методов анализа процессов возникновения нештатных ситуаций на сложных ОЖТ с использованием аппарата теории матриц [3, 4]. Содержательно основная задача анализа и предупреждения ВЧС в рамках предлагаемой методологии состоит в определении матриц предшествования и достижимости для конкретного элемента ОЖТ, который может находиться в ненормированном, близком к отказу состоянии. Дальнейший анализ матрицы предшествования позволяет выявить элементы (причины), которые могли повлечь появление ВЧС, а анализ матрицы достижимости – тяжесть ее последствий.

Оценку эффективности мероприятий, направленных на повышение безопасности сложных объектов, предлагается строить на основе учета временных и стоимостных характеристик реализации синтезированных сценариев их проведения. С этой целью разработана математическая модель распространения возмущений по структуре сложной технической системы ОЖТ на языке

взвешенных знаковых графов [7]. Введены понятия ресурса живучести и запаса прочности элемента, сценария стойкости и живучести системы и сценарного исследования ее функционирования. Рассмотрены основные характеристики сценариев и определены условия безопасного функционирования и обеспечения живучести сложных технических систем (СТС) ОЖТ. Разработаны методы генерации синергических и аттрактивных сценариев поведения исследуемой системы, которые соответствуют задачам обеспечения стойкости и живучести изучаемой СТС. Предложены постановки и даны решения обратных задач управления живучестью СТС ОЖТ.

Разработанные методы имитационного моделирования СТС позволяют исследовать особенности их функционирования в различных условиях, наделять их требуемыми характеристиками, снижать риск возникновения НШС и/или минимизировать последствия ВЧС.

3. Анализ проблем создания единого информационного пространства российских железных дорог

Основными целями создания единого информационного пространства и его использования для предупреждения или ликвидации последствий ВЧС на ОЖТ являются:

- обеспечение оперативности и эффективности деятельности органов управления РЖД в штатном и чрезвычайном режимах, развитие их координационных и контролирующих возможностей;
- повышение эффективности информационного взаимодействия органов управления РЖД;
- повышение качества вырабатываемых управленческих решений;
- совершенствование методологии и технологии анализа принимаемых решений, аналитической работы в целом;
- рационализация информационного обеспечения, структуры и состава документооборота;

- обеспечение эффективного обмена информацией, ее оперативного многоаспектного поиска по заданным критериям, сохранности, полноты и достоверности, защиты от несанкционированного доступа;
- обеспечение требуемого уровня информированности сотрудников РЖД и населения о ситуации на объектах ОЖТ.

Интегрированная автоматизированная система транспортной безопасности должна представлять собой распределенную многоуровневую информационно-аналитическую систему поддержки принятия решений с целью повышения эффективности управления риском (рис. 3–4).

В рамках данной системы необходимо, в первую очередь, создание единого информационного пространства российских железных дорог. Основными проблемами, которые необходимо решать в рамках рассматриваемой концепции, являются следующие:

- анализ предметной области, выявление и предварительная оценка рисков возникновения техногенных катастроф и катастроф другого типа;
- выявление источников угроз безопасности и критических элементов предметной области (источников уязвимости), обладающих высоким риском возникновения катастроф и чрезвычайных ситуаций;
- формирование динамических моделей предметной области, включающее описание предметной области в форме, пригодной для ее дальнейшего комплексного анализа с целью принятия решений по ликвидации ВЧС.

Формальное описание предметной области должно строиться на основе ее динамической модели, которая характеризуется определенным набором основных параметров («фазовые» состояния изменения объекта), записанных на определенном языке [7].

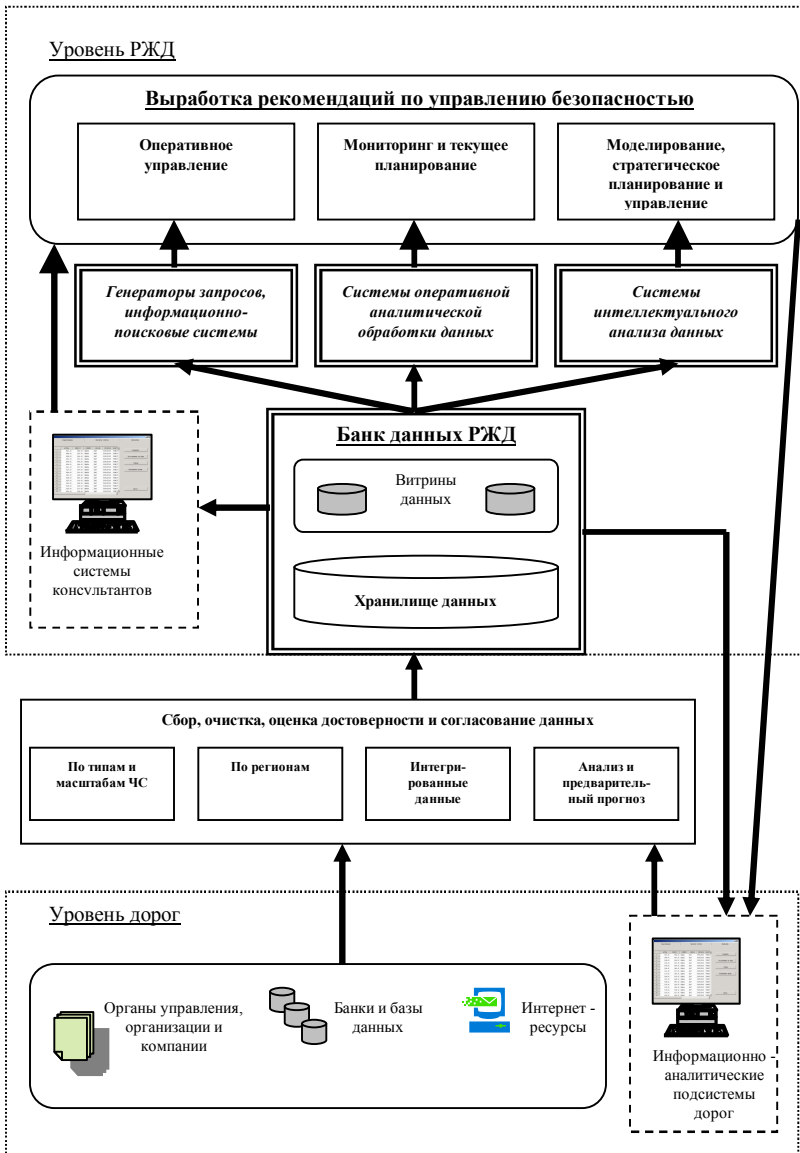


Рис.3. Архитектура системы управления безопасностью

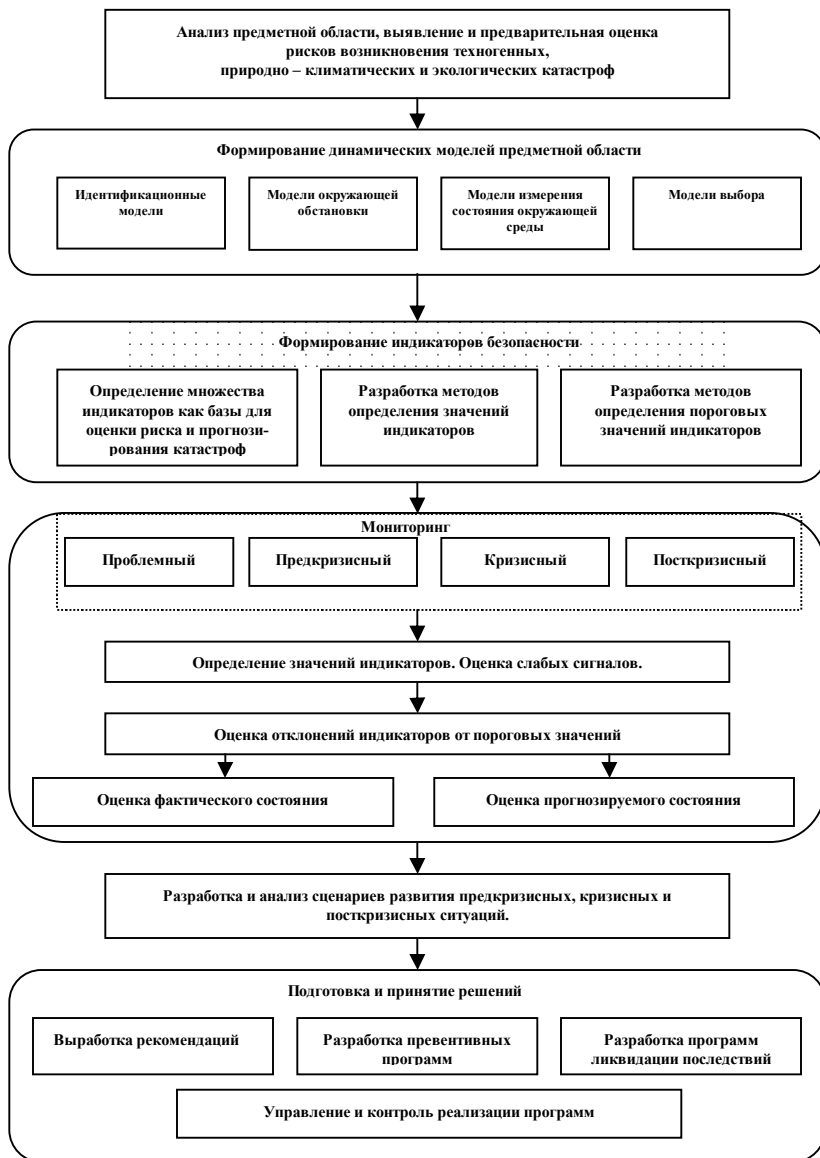


Рис.4. Технология управления безопасностью

Динамическая модель объекта описывает его текущие состояния, обстановку, динамику их изменения и включает следующие составляющие:

- идентифицированная модель системы;
- модель окружающей обстановки;
- модель поведения системы;
- модель измерения состояния системы;
- модель измерения состояния внешней среды;
- правила выбора процесса изменения состояния объекта (модель выбора).

На основе использования динамических моделей объекта могут быть построены формализованные сценарии их поведения и управления.

Следующим классом решаемых задач является проблема организации эффективного мониторинга, т.е. систематического наблюдения, оценки и прогноза развития ситуации в предметной области с целью комплексной оценки уровня безопасности и оценки его в динамике. При этом должны быть разработаны методы оценки уровня критичности ситуации и формирования индикаторов безопасности.

На этой основе должны быть разработаны методы генерации и анализа сценариев развития предкризисных, кризисных и посткризисных ситуаций. Данная проблема решается путем создания формализованного описания поведения объекта предметной области для эффективного представления информации об обстановке и выработке необходимых решений. Ситуационным и в то же время объектно-ориентированным методом представления информации об обстановке, приближающимся к возможностям естественного языка, является описание поведения объекта в виде возможных сценариев его развития, которые могут быть использованы в качестве основных инструментов для принятия эффективных решений и координации адекватных действий, предпринимаемых системой управления безопасностью РЖД. Для этого необходимо:

- создание системного аппарата изучения и управления поведением сложных систем, объединяющего все стороны указанной проблематики – от методологических до практических;
- создание формальной методологии разработки сценариев;
- разработка методов классификации ситуаций с целью создания множества типовых формальных сценариев поведения и противодействия;
- разработка методов преобразования типовых сценариев в формальные описания конкретных ситуаций на языке, близком к естественному.

4. Заключение

Практическое решение задач обеспечения безопасности ОЖТ должно осуществляться на трех уровнях: стратегическом, тактическом, оперативном.

Стратегические задачи обеспечения безопасности должны быть направлены прежде всего на ликвидацию источников уязвимости транспортной системы либо как минимум на их ослабление. Фактически на рассматриваемом уровне должны приниматься и реализовываться стратегические, структурные и системообразующие решения, направленные на обеспечение приемлемого уровня безопасности ОЖТ. Данные стратегические решения могут быть разделены на следующие классы:

- 1) ориентированные на ликвидацию источников уязвимости или в случае невозможности – на ослабление действия внешних и внутренних источников угроз;
- 2) ориентированные на устранение существующих или предотвращение возникновения возможных угроз (в случае невозможности воздействия на источники уязвимости);
- 3) нацеленные на предотвращение или снижение интенсивности воздействия существующих или возможных угроз безопасности ОЖТ;
- 4) направленные на максимально возможное снижение тяжести последствий реализации угроз и компенсацию нанесенного ущерба.

Первый тип стратегий обуславливает необходимость разработки стратегических и структурных решений по обеспечению безопасности. Следующие два типа стратегий предполагают реализацию соответствующих функций управления, направленных на снижение интенсивности воздействия угроз безопасности либо «блокирование» их источников. В четвертом случае априори предполагается неизбежность вероятного ущерба, и целью является компенсация или снижение тяжести последствий управленческими воздействиями, предусмотренными соответствующей выбранной стратегией управления.

Тактический уровень предполагает решение задач, связанных с ликвидацией угроз или предотвращением их воздействия на транспортную систему. По сути, процесс обеспечения безопасности на данном уровне представляет собой комплексы превентивных мероприятий, направленных на ликвидацию угроз ОЖТ либо на предотвращение последствий их воздействия.

Целью решения задач обеспечения безопасности на оперативном уровне является ликвидация последствий реализации угроз. При этом результаты решения задач на рассматриваемом уровне представляют собой преимущественно комплексы оперативных мероприятий.

Литература

1. АРХИПОВА Н.И., КУЛЬБА В.В. *Управление в чрезвычайных ситуациях*. – М.: РГГУ, 1998. – 316 с.
2. ГЛАДКОВ Ю.М., КОСЯЧЕНКО С.А., ШЕЛКОВ А.Б. *Методы определения дислокации опорных пунктов сил и средств для ликвидации последствий пожаров, аварий, катастроф и стихийных бедствий на железнодорожном транспорте* // Труды IX Международной конференции по проблемам управления безопасностью сложных систем. – М.: ИПУ РАН. 2001 г. – С. 72–74.
3. *Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы)*. В 3-х частях. Часть 2. *Методы анализа и проектирования информационных сис-*

- тем / [Под ред. Е.А. Микрина, В.В. Кульбы]. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2011. – 496 с.
4. КУЗНЕЦОВ Н.А., КУЛЬБА В.В., КОВАЛЕВСКИЙ С.С., КОСЯЧЕНКО С.А. *Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем.* – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2002. – 798 с.
 5. КУЛЬБА В.В., КОНОНОВ Д.А., КОСЯЧЕНКО С.А., КОЧКАРОВ А.А., СОМОВ Д.С. *Использование сценарного и индикаторного подходов для управления живучестью, стойкостью и безопасностью сложных технических систем.* – М.: ИПУ РАН, 2011. – 116 с.
 6. КУЛЬБА В.В., ШЕЛКОВ А.Б., ЧЕРНОВ И.В. *Методы анализа угроз эффективному функционированию систем организационного управления* // Сборник докладов Международной научной конференции «Проблемы регионального и муниципального управления». – М.: РГГУ, 2012. – С. 233–237.
 7. *Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально – экономических систем:* в 2-х кн. / [Под ред. В.Л. Шульца, В.В. Кульбы]. – М.: Наука, 2012. – Кн.1. – 304 с.; Кн.2. – 358 с.

METHODOLOGY OF RESEARCH OF RAILWAY TRANSPORT SAFETY PROBLEMS

Vladimir Kulba, Institute of Control Sciences named after V.A.Trapeznikov of RAS, Moscow, Doctor of Science, professor (Moscow, Profsoyuznaya st., 65, (495) 334-90-09, kulba@ipu.ru).

Stanislav Kosyachenko, Institute of Control Sciences named after V.A.Trapeznikov of RAS, Moscow, Doctor of Science, professor (urglad@ipu.ru).

Aleksey Shelkov, Institute of Control Sciences named after V.A.Trapeznikov of RAS, Moscow, Cand.Sc. (abshelkov@gmail.com).

Abstract: We consider methodological basis for research of railway transport safety problems, including: establishment of methodology of abnormal situations research and scenario generation for railway facilities (RwF) operation in abnormal situations, optimal scenario choice for RwF development, creation of common information space for Russian Railways to solve efficiently problems of transport safety management.

Keywords: railway transport, safety, abnormal situation, scenario analysis, common information space.