

Гапанович В.А., Шубинский И.Б., Замышляев А.М.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УРРАН

Математическое обеспечение информационной технологии УРРАН состоит из трех взаимосвязанных составных частей, где первая часть – это система поддержки принятия решений по управлению надежностью и функциональной безопасностью, вторая часть – система поддержки принятия решений по управлению ресурсами и третья часть – система поддержки принятия решений по транспортным происшествиям. Информационная технология представляет собой систему сбора, анализа, обработки и расследования событий и поддержки принятия решений. Она базируется на хранилище данных и включает в себя разработанные под руководством и при непосредственном участии авторов автоматизированные прикладные информационные системы учета и контроля устранения отказов технических средств КАСАНТ, ревизоров безопасности движения (АС РБ), ситуационного анализа безопасности движения и поддержки принятия решений (ИКСАР СЦ), АС УРРАН и Корпоративную автоматизированную систему контроля знаний работников ОАО «РЖД» КАСКОР. Показана эффективность практического применения информационной технологии УРРАН.

Ключевые слова: надежность, функциональная безопасность, управление ресурсами, стоимость жизненного цикла, информационные технологии, железнодорожный транспорт, матрица рисков, хранилище данных.

Введение

Система УРРАН – это информационная технология управления надежностью, ресурсами и функциональной безопасностью на железнодорожном транспорте. Она построена на основе комплексного применения модифицированных методологий RAMS (безотказности, готовности, ремонтпригодности и безопасности) и LCC (стоимости жизненного цикла), новых информационных технологий поддержки принятия решений, распределенных информационных систем оперативного сбора и анализа данных и новой нормативной базы [1,2]. Система УРРАН обеспечивает практическое управление ресурсами, рисками, надежностью и функциональной безопасностью на сети железных дорог ОАО «РЖД». Эта система впервые позволяет в условиях дефицита финансовых средств увеличивать назначенный срок службы объектов железнодорожного транспорта до предельного состояния на основе оценки рисков и перераспределять инвестиции на поддержание надежности и безопасности наиболее проблемных объектов железнодорожного транспорта [3].

Структура математического обеспечения системы УРРАН

Математическое обеспечение информационной технологии системы УРРАН состоит из трех взаимосвязанных составных частей. На рис. 1 показана укрупненная структурная схема математического обеспечения системы. Она включает две общих составляющих, а именно: информационную технологию, реализованную в системе КАСАНТ, и регулярно обновляемую базу данных, в которой содержатся матрицы рисков по объектам всех дистанций инфраструктуры железнодорожного транспорта, в том числе хозяйств пути, автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения. Система КАСАНТ аккумулирует информацию об отказах всех технических средств инфраструктуры, обеспечивает расследование отказов и по критерию длительности задержки поездов группирует их в три категории. Отказы третьей категории не оказывают влияния на экономические риски в перевозочном процессе. Матрицы рисков обновляются в технических отделах хозяйств инфраструктуры два раза в месяц.

Информация об отказах и рисках объектов инфраструктуры поступает во все три системы поддержки принятия решений, которые являются ядром информационной технологии УРРАН и обозначены на рис. 1 соответственно как часть 1, часть 2 и часть 3.

● Часть 1 – это система поддержки принятия решения по управлению надежностью и функциональной безопасностью. Она включает в себя (рис. 2):

- модуль первичного расчета и оценки надежности объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта. Он является составной частью АС УРРАН и осуществляет расчет показателей безотказности, ремонтпригодности, готовности, долговечности, безопасности, а также стоимости жизненного цикла эталонных объектов всех хозяйств (пути, автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения, связи и информатизации). Все эталонные объекты – это простые устройства, для которых определены необходимые коэффициенты пересчета для расчетов их надежности.

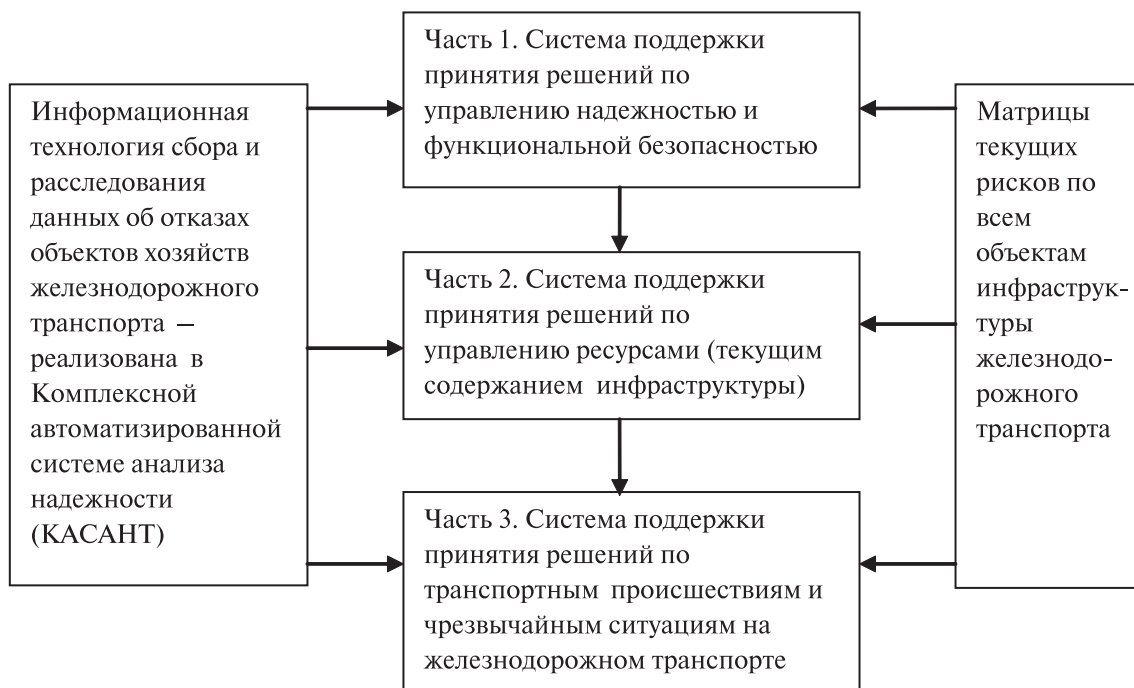


Рис. 1. Укрупненная структурная схема математического обеспечения системы УРРАН

- модуль расчета и прогнозирования показателей надежности и функциональной безопасности сложных систем. Этот модуль предназначен для расчетов резервированных систем автоматики и телемеханики, электроснабжения и информационно-управляющих систем АС УРРАН. Он основывается на разработанном топологическом полумарковском методе и позволяет рассчитывать как стационарные, так и нестационарные показатели надежности и функциональной безопасности системы. Теоретические основы метода приведены в работах [4,5].

- модуль поддержки принятия решений по управлению надежностью и функциональной безопасностью на железнодорожном транспорте с учетом интенсивности и скорости движения поездов, длительности задержек поездов по причине отказов технических средств, рисков железнодорожной администрации и, конечно, интенсивности отказов и длительности их восстановления [6]. Модуль реализуется в АС УРРАН. Следует отметить, что рекомендации по принятию соответствующего решения учитывают результаты оценки рисков по каждому из хозяйств инфраструктуры, которые выполняются согласно разработанным в диссертации организационным схемам и сосредоточены в модуле расчета и оценки рисков. Теоретические основы построения модуля расчета и оценки рисков, включая организационные схемы управления рисками, изложены в работе [7].

• Часть 2 – это система поддержки принятия решений по управлению ресурсами. Она содержит:

- модуль оптимизации технического обслуживания и ремонтов объектов по их состоянию. Теоретические положения модуля приведены в патенте «Способ определения времени проведения очередного профилактического обслуживания объекта и система для его реализации» [8].

Практическая схема поддержки принятия решения на техническое обслуживание объекта реализована в АС УРРАН.



Рис. 2. Структура математического обеспечения системы управления надежностью, ресурсами, прогнозирования транспортных происшествий и управления чрезвычайными ситуациями на железнодорожном транспорте

- модуль поддержки принятия решений по управлению стоимостью жизненного цикла. Назначение работ в АС УРРАН согласно данному модулю основывается на сравнении фактических и контрольных значений ряда назначенных показателей, таких как пропущенный тоннаж, млн. т., частота отказов на 1 км пути, прямые расходы на текущее содержание 1 км пути. Теоретическое положение метода приведено в [3].

● Часть 3 – это система поддержки принятия решений по транспортным происшествиям. Она состоит из системы прогнозирования транспортных происшествий и системы поддержки принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте (пожаров, стихийных бедствий, крупных транспортных происшествий, вандализма, терроризма).

Первая система реализована в качестве модуля поддержки принятия решений в информационно-управляющей системе АС РБ. Вторая система – в ситуационном центре ОАО «РЖД». В системе УРРАН реализован статистический метод прогнозирования транспортных происшествий и событий, основанный на апостериорной обработке данных методами параметрической статистики. В качестве последних рассматриваются материалы (далее – протоколы) расследований, сформированные Департаментом безопасности движения за годы работы ОАО «РЖД». Разработана процедура оценки этих вероятностей и алгоритм поддержки принятия решений. Теоретические положения этого метода приведены в [9].

В состав рассматриваемой части математического обеспечения входит также модуль дистанционной оценки знаний и навыков оперативного персонала, позволяющий интегрально оценить уровень знаний специалистов хозяйства в целом с возможностью дифференциации до структурного подразделения или отдельно взятого специалиста и знания им отдельных пунктов нормативных документов.

Архитектура информационной технологии УРРАН

Информационная технология комплексного управления надежностью, ресурсами и функциональной безопасностью на железнодорожном транспорте представляет собой систему сбора, анализа, обработки и расследования событий и поддержки принятия решений, целью которой является помощь руководителям, принимающим решения в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности.

Ядром информационной технологии УРРАН, без которого ее функционирование невозможно, является хранилище данных (рис. 3). Информация в Компании зачастую распределена по различным, не связанным между собой информационным системам. Задача хранилища – собрать эти данные, структурировать их и преобразовать, т.е. по сути – сделать пригодными для проведения анализа и полезными для принятия управленческих решений. Основное преимущество хранилища заключается в том, что в нем собирается информация по всем процессам, которые происходят в Компании, а не только по отдельным сферам ее деятельности.

На основе информации, которая находится в хранилище данных, выстраивается работа трех систем в рамках информационной технологии УРРАН, а именно:

- системы анализа и оценки рисков в эксплуатационной работе ОАО «РЖД» на основе показателей эксплуатационной надежности и безопасности;
- системы управления экономическими процессами поддержания и развития инфраструктуры и подвижного состава в целях обеспечения приемлемых уровней безопасности и надежности с учетом допустимых остаточных рисков;
- системы ситуационного анализа безопасности движения и поддержки принятия решений.

Все три указанные системы позволяют сформировать корпоративные модели и метрики ключевых показателей надежности, стоимости жизненного цикла, безопасности и управлять ими. С их помощью стратегические цели Компании конкретизируются, переводятся в набор количественных показателей и привязываются к задачам и действиям подразделений. Системы помогают вести мониторинг деятельности Компании, моделировать возможные сценарии развития ситуации в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

Определяя и отслеживая показатели надежности и безопасности, можно получить ответ на вопрос, насколько успешно Компания идет к намеченным целям. Как правило, выделяют три уровня показателей надежности и безопасности:

- целевые показатели – носят стратегический характер, это цели, которые нужно достичь Компании в течение 3-5 лет;
- плановые показатели – определяются на 1 год вперед в результате формирования годового бюджета;
- фактические показатели – рассчитываются по результатам фактической работы Компании.

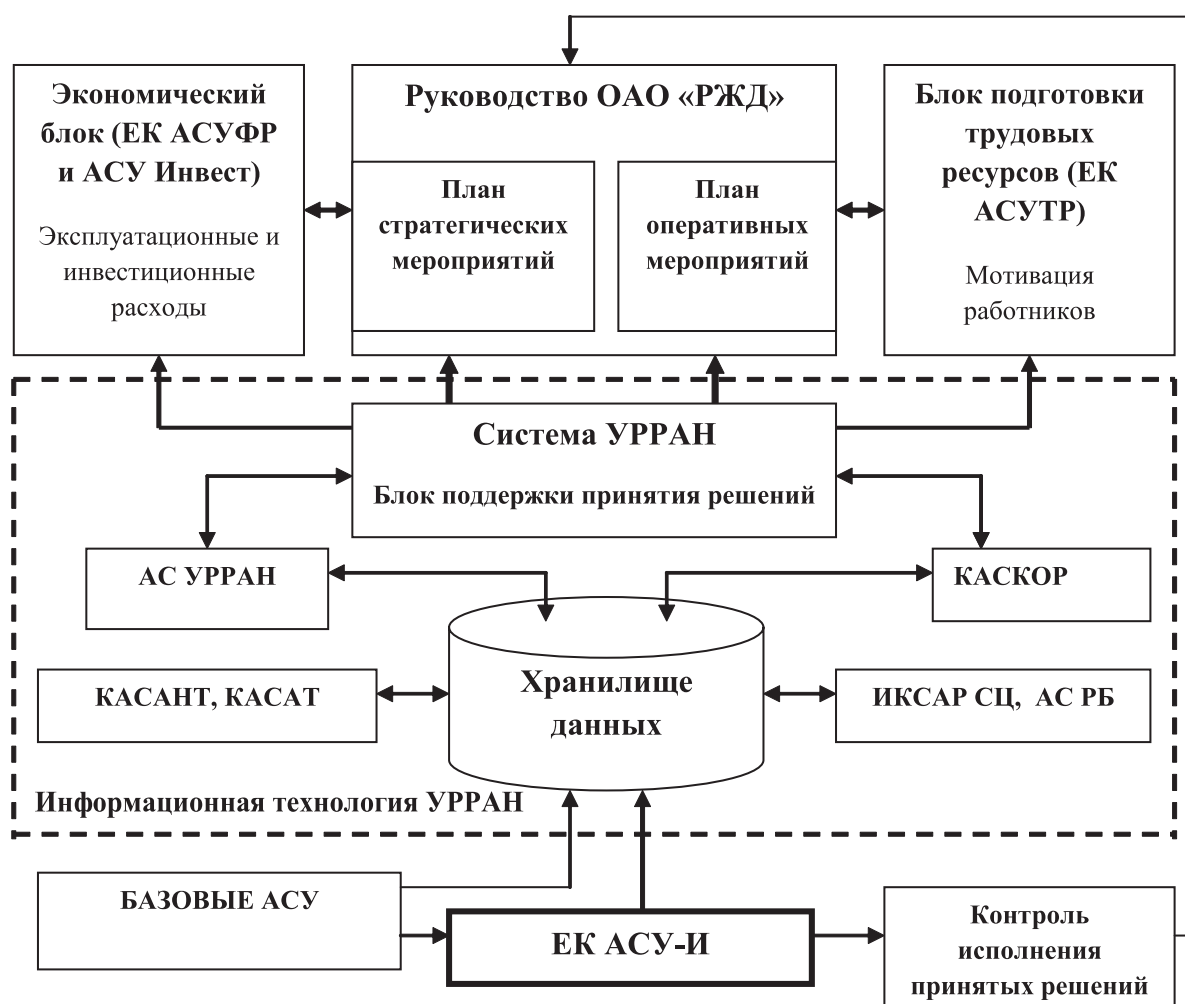


Рис. 3. Архитектура информационной технологии УРРАН

В результате создается своеобразная система координат, по которой можно оценивать все решения и действия в контексте достижения целей Компании.

Система анализа и оценки рисков в эксплуатационной работе ОАО «РЖД» на основе показателей эксплуатационной надежности и безопасности является одним из основных компонентов информационной технологии УРРАН. Система позволяет проанализировать накопленные данные

(поддерживаются такие виды анализа, как анализ «что, если», анализ рисков, целевой функции, чувствительности, корреляционно-регрессионный и оптимизационный анализ) и применить к ним математические алгоритмы. Это помогает не только получить ответ на вопрос «как сейчас дела в Компании?», но и понять, почему ситуация сложилась именно так, и затем разработать программу корректирующих действий.

С помощью подсистемы поддержки принятия решений по комплексному управлению надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте формируется ресурсное обеспечение действий Компании: при составлении бюджета стратегические цели и задачи Компании увязываются с теми объемами средств, которые у нее есть или скоро появятся. При планировании подсистема позволяет посмотреть данные по предыдущим годам, выявить тенденции и закономерности и использовать их для формирования бюджета – это поможет сделать его более обоснованным и точным. Другая возможность – применение метода моделирования «что, если», с помощью которого можно составить несколько вариантов плана (например, «оптимистичный», «реалистичный», «пессимистичный»), анализировать и сопоставлять их, а затем в каждый конкретный период выбирать наиболее актуальную версию. Кроме того, подсистема используется для постоянного мониторинга выполнения планов и бюджетов, достижения зафиксированных значений показателей. Подсистема дает возможность настроить автоматическую подготовку нужных отчетов к заданному времени, их рассылку определенному кругу лиц. Это особенно важно в плане контроля соблюдения лимитов бюджетов и предотвращения «выхода» отдельных целевых показателей эффективности за установленные границы. Если подсистема видит, что складывается подобная ситуация, то она автоматически рассылает соответствующие оповещения ответственным руководителям и формирует пакет документов и отчетов, которые позволят понять причины отклонений и принять упреждающие меры. При этом можно сформировать различные группы адресатов для получения подобных оповещений в зависимости от степени критичности проблемы. К примеру, если отклонение от плана незначительно, то информация поступит только в финансовое подразделение, если допустимый лимит превышен в несколько раз – данные отправляются уже всему топ-менеджменту Компании.

Система ситуационного анализа безопасности движения и поддержки принятия решений используется для поиска скрытых закономерностей, трендов и построения прогнозов (на основе найденных связей). Данный компонент позволяет увидеть неблагоприятные тенденции по безопасности движения, которые не очевидны на первый взгляд. После их обнаружения и анализа появляется возможность разработать программу действий (мероприятий), которые помогут оперативно исправить ситуацию.

Главное достоинство системы – в развитых возможностях для визуализации данных. Вся информация выводится на экран компьютера в очень наглядном и удобном для восприятия виде (для этого применяются графические средства и диаграммы, технологии цветовой индикации, «спидометры», «светофоры» и т.д.). Система позволяет построить «ситуационные комнаты» и панели управления – с их помощью руководитель не только видит агрегированную информацию по всем сферам деятельности Компании, но и может детализировать ее до необходимого уровня (вплоть до первичных документов), чтобы полностью разобраться в ситуации и принять решения для ее исправления. Использование в качестве основы для работы системы хранилища данных позволяет проводить анализ «сверху – вниз»: мгновенно переходить от неудовлетворительного значения в управленческой отчетности к анализу проблемы (с помощью аналитической отчетности), от проблемных вопросов в аналитическом отчете – к конкретным документам, которые могут объяснить их появление.

Автоматизированные прикладные информационные системы КАСАНТ и КАСАТ реализуют соответственно процессы учета, контроля устранения отказов технических средств и возникновения и устранения технологических нарушений и транспортных происшествий. Они построены на основе комплекса существующих на железнодорожном транспорте ОАО «РЖД» технологий, которые решают информационно-коммуникационные и технико-технологические задачи на базе новейших компьютерных средств.

Целью создания *Автоматизированной системы ревизоров безопасности движения (АС РБ)* является повышение эффективности работы и роли ревизорского аппарата всех уровней в обеспечении безопасности движения в соответствии с возложенными на них комплексами задач, а также выработка скоординированных решений, направленных на повышение безопасности движения за счет использования информационных технологий.

Система ситуационного анализа безопасности движения и поддержки принятия решений (ИКСАР СЦ) функционально разделена на четыре сегмента: безопасность движения, транспортная безопасность, пожарная безопасность, прогнозирование и контроль метеорологических условий, а также имеет два режима работы: штатный и ликвидации последствий чрезвычайной ситуации.

Автоматизированная информационная система АС УРРАН предназначена для решения следующих задач:

- автоматизация процессов первичной обработки статистических данных об отказах технических средств объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта;
- автоматизированное определение показателей эксплуатационной надежности и безопасности объектов инфраструктуры;
- количественная оценка производственной деятельности хозяйств инфраструктуры и подвижного состава с учетом отказов и организации технического обслуживания и эксплуатации объектов инфраструктуры;
- мотивация деятельности структурных подразделений в рамках хозяйства на основании показателей эксплуатационной надежности и безопасности;
- оценка соответствия достигнутых показателей эксплуатационной надежности и безопасности заданным нормам;
- подготовка расчетных данных для формирования рекомендаций по снижению уровня рисков;
- определение уязвимых объектов с точки зрения оценки рисков;
- подготовка проектов планов работ по техническому содержанию инфраструктуры и подвижного состава;
- подготовка проектов распределения инвестиций по наиболее проблемным объектам железнодорожного транспорта.

В состав АС УРРАН входят следующие подсистемы:

- подсистема получения информации об объектах инфраструктуры из АСУ хозяйств;
- подсистема получения информации об отказах технических средств из системы КАСАНТ;
- подсистема формирования эталонной объектно-элементной структуры объектов инфраструктуры;
- подсистема автоматизированного расчета показателей эксплуатационной надежности и безопасности объектов инфраструктуры;
- подсистема формирования выходных форм и справок.

Корпоративная автоматизированная система контроля знаний работников ОАО «РЖД» КАСКОР предназначена для автоматизации процессов проверки знаний и обучения работников ОАО «РЖД». Объектом проверки является круг знаний работников, а также их умения и навыки по безопасному выполнению производственных операций. Система КАСКОР входит в состав системы дистанционного обучения (СДО) работников ОАО «РЖД». Цель создания системы КАСКОР – повышение уровня безопасности и экономической эффективности работы ОАО «РЖД» на основе улучшения качества профессиональных знаний и умений работников.

Как уже отмечалось, одной из центральных задач системы УРРАН является задача поддержки принятия решений по управлению ресурсами, необходимыми для текущего содержания объектов железнодорожного транспорта, а также поддержки принятия решений по инвестиционным расходам в инфраструктуру и подвижной состав. С этой целью предусмотрено информационное взаимодействие информационной технологии УРРАН с существующими АСУ экономического блока Компании, такими как ЕК АСУФР (Единая корпоративная автоматизированная система финансов и ресурсов) АСУ Инвест (рис.3). Рекомендации, формируемые системой УРРАН, подаются руководству Компании для стратегического и оперативного планирования имеющихся ресурсов. В зависимости от текущих экономических возможностей с одной стороны и остроты потребностей в привлечении ресурсов для снижения рисков нарушения безопасности перевозочного процесса с другой стороны, руководством Компании корректируются оперативные планы в соответствии с рекомендациями системы УРРАН и/или увеличивается (возможно, перераспределяется) объем инвестирования или модернизации объектов при стратегическом планировании. Полученные практические результаты, эффективность управления ресурсами контролируются руководством Компании с помощью ЕК АСУ-И (Единой корпоративной автоматизированной системы инфраструктуры), которая содержит и оперативно обновляет весь спектр исходной информации о текущем состоянии работоспособности всех хозяйств инфраструктуры и обо всех работах и связанных с ними расходах по текущему содержанию инфраструктуры. В зависимости от предыдущих и текущих вложенных средств должен изменяться уровень работоспособности объектов транспорта. Контроль характера изменения уровня работоспособности позволяет руководству Компании оценивать эффективность принимаемых решений.

Система УРРАН также взаимодействует с базовыми АСУ ОАО «РЖД», которые снабжают ее в реальном масштабе времени информацией о поездопотоках, об эксплуатационной работе, а также существующей и обновляемой нормативно – справочной информацией. Рекомендации системы используются в ЕК АСУТР (Единой корпоративной системе управления трудовыми ресурсами) для мотивации как отдельных работников, так и производственных подразделений.

Заключение

Применение информационной технологии УРРАН позволяет [10]:

- Значительно повысить оперативность и объективность данных об отказах и технологических нарушениях. Так, с помощью этой технологии установлено ежегодное занижение количества регистрируемых отказов технических средств на железных дорогах России в 4 раза. При этом установлено, что доля отказов технических средств в задержках поездов не превышает 10%. Основная причина – технологические нарушения.

- Управлять техническим содержанием объектов железнодорожного транспорта по текущему состоянию их надежности и безопасности.

- При дефиците финансовых средств назначать ремонт наиболее проблемных участков и обеспечивать надежную работу инфраструктуры и безопасность движения. Так, по данным опытной

эксплуатации на Северной железной дороге установлена возможность сокращения на 200 км (примерно на 25%) объема ремонтных работ главных путей 1 и 2 класса на основании технологии УРРАН при снижении почти в 2 раза остаточной средней интенсивности отказов путевой инфраструктуры после ремонта.

- Оперативно оценивать риски возникновения опасных ситуаций на железнодорожном транспорте и прогнозировать возможность возникновения транспортных происшествий.

- Прогнозировать возможность возникновения транспортных происшествий на выявленных проблемных участках железнодорожных линий.

Литература

1. Гапанович В.А. Система УРРАН – универсальный инструмент поддержки принятия решений // Железнодорожный транспорт №10, -2012. –с.16-22.

2. Гапанович В.А., Замышляев А.М., Шубинский И.Б. Некоторые вопросы управления ресурсами и рисками на железнодорожном транспорте на основе состояния эксплуатационной надежности и безопасности объектов и процессов (проект УРРАН) // Надежность, – 2011. – №1. – с.2-8.

3. Замышляев А.М., Рачковский М.Ю., Никифорова М.С. Экономические критерии принятия решений о замене основных средств на основе методологии УРРАН // Экономика железных дорог №12, -2012. –с.11-22.

4. Шубинский И.Б. Топологический метод и алгоритм определения стационарных показателей надежности технических систем. – М.: Надежность и контроль качества, 1984.-№5.-с.3.-14

5. Shubinsky Igor B., Zamyshlyayev Alexey M. TOPOLOGICAL SEMI-MARKOV METHOD FOR CALCULATION OF STATIONARY PARAMETERS OF RELIABILITY AND FUNCTIONAL SAFETY OF TECHNICAL SYSTEMS // «Reliability: Theory & Applications», -2012. с.12-22.

6. Замышляев А.М., Ермаков А.О., Новожилов Е.О. Метод управления надежностью и функциональной безопасностью объектов железнодорожного транспорта на основе оценки рисков // Надежность, – 2012. – №4. – с.149-157.

7. Гапанович В.А., Шубинский И.Б., Замышляев А.М. Построение и использование матриц рисков в системе управления рисками на железнодорожном транспорте // Надежность, – 2011. – №4. – с.56-68.

8. Патент «Способ определения времени проведения очередного профилактического обслуживания объекта и система для его реализации».

9. Замышляев А.М., Кан Ю.С., Кибзун А.И., Шубинский И.Б. Статистическая оценка опасности возникновения происшествий на железнодорожном транспорте // Надежность №2, – 2012. – с.104-117.

10. Шубинский И.Б., Замышляев А.М. Основные научные и практические результаты разработки системы УРРАН // Железнодорожный транспорт №10, -2012. –с.23-28.