

Предпосылки для создания цифровой системы управления безопасностью движения

Алексей М. Замышляев, АО «НИИАС», Российская Федерация, Москва



Алексей М.
Замышляев

Резюме. Цель. Цифровая трансформация системы управления безопасностью движения в холдинге ОАО «РЖД» предусматривает переход на глобальный уровень взаимодействия с процессами всех подразделений по интегральной оценке риска возможных событий и достижению установленных показателей. Итогом станет интеграция системы управления безопасностью движения с производственными процессами на всех уровнях управления холдинга «РЖД» на основе интегрированной интеллектуальной системы управления процессами и услугами со встроенными функциями оперативного управления безопасностью движения. **Методы.** В работе применяется системный анализ существующих подходов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных значительных объемов. **Результаты.** Проведено рассмотрение стадий развития управления безопасностью движения поездов, а также информационных автоматизированных систем управления, применяемых в целях управления безопасностью движения. Выполнен анализ общих тенденций создания систем сбора и обработки информации. Показана целесообразность внедрения в современные системы управления таких технологий, как Big Data, Data Mining, Data Science. Рассмотрена эффективность применения указанных технологий на примере анализа влияния различных факторов на среднесуточную производительность локомотива, где на первом уровне учитываются такие факторы, как среднесуточный пробег локомотива, средний вес поезда; на втором уровне – участковая скорость, оборот локомотива на станции и др.; на шестом уровне – тип локомотива, его техническое состояние и т.д. Всего учитывается более 50 факторов, влияющих на среднесуточную производительность локомотива. Показано, что с помощью статистических методов факторного анализа и анализа связей в сочетании с другими методами Data Mining, такими, как методы моделирования и прогнозирования, можно выполнить проактивное планирование среднесуточной производительности локомотива. Предложена схема перехода к цифровой системе управления безопасностью движения на основе построения моделей взаимодействия факторов безопасности и надежности всех объектов железнодорожного транспорта на всех уровнях иерархии, а также во взаимосвязи с другими факторами, которые непосредственно не относятся к надежности, однако оказывают влияние на безопасность перевозочного процесса. **Выводы.** Основной результат перехода на технологию Big Data состоит в создании динамической модели управления безопасностью движения, в исключении зависимости системы управления от недостатков человеческого фактора и, что особенно важно, в возможности создания в холдинге «РЖД» интегрированной интеллектуальной системы управления процессами и услугами со встроенными функциями оперативного управления безопасностью движения. В результате масштабного развития и внедрения в компании Единой корпоративной платформы (ЕКП) УРРАН реализуется поддержка принятия управленческих решений по обеспечению надежности и безопасности функционирования объектов транспорта на основе оценки рисков. Таким образом, с помощью ЕКП УРРАН заложены основы цифровой трансформации системы управления безопасностью движения в холдинге «РЖД».

Ключевые слова: безопасность движения поездов, факторный анализ, автоматизированная система управления, Big Data, Data Mining, человеческий фактор, прогнозирование рисков.

Для цитирования: Замышляев А.М. Предпосылки для создания цифровой системы управления безопасностью движения // Надежность. 2019. № 4. С. 45-52. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2019-19-4-45-52>

Поступила 25.09.2019 г. / После доработки 30.10.2019 г. / К печати 14.12.2019 г.

Введение

Безопасность движения поездов – одна из главных задач работы холдинга «РЖД» при эксплуатации железной дороги, перевозках пассажиров и грузов. Все организационные и технические мероприятия на железнодорожном транспорте должны отвечать требованиям безопасного и бесперебойного движения поездов. Развитие железных дорог России направлено на повышение интенсивности движения поездов, на увеличение их скорости и массы. При этом увеличивается количество подвижного состава, одновременно курсирующего по железнодорожным путям, значительно усложняется инфраструктура. Это вызывает необходимость повышать требования к качеству и надежности средств обеспечения безопасности движения, а также к профессиональной подготовленности и опыту персонала железных дорог, непосредственно участвующего в реализации движения поездов.

В Политике холдинга «РЖД» в области безопасности движения определены следующие основные цели: минимизация последствий от транспортных происшествий; обеспечение сохранности жизни и здоровья людей; обеспечение сохранности грузов, подвижного состава, объектов инфраструктуры; обеспечение заданного уровня безопасности движения. Широкий спектр задач по обеспечению безопасности движения, с одной стороны, и активное развитие железных дорог России, подвижного состава и инфраструктуры, с другой стороны, вызвали необходимость коренной перестройки существующей системы управления безопасностью движения поездов путем трансформации ее в цифровую платформу управления.

Этапы автоматизации системы управления безопасностью движения

Сегодня в ОАО «РЖД» используется большое количество автоматизированных систем управления (АСУ), созданных в разное время для решения конкретных задач. Часть из них – современные, часть – требует модернизации и актуализации в соответствии с новыми требованиями.

На ранних стадиях развития управление безопасностью движения основывалось на отчетах о результатах ревизорских проверок и технических ревизий железнодорожных станций и депо. Развитие железнодорожного транспорта вызвало необходимость в автоматизации процессов управления безопасностью движения. В 2005 г. была создана Автоматизированная система контроля и анализа выполнения персоналом станций правил безопасности движения и охраны труда (АИС ДНЧ) [1]. Основное назначение системы – организация в службе движения сбора и систематизации информации о результатах ревизорских проверок и технических ревизий железнодорожных станций по безопасности движения и

охране труда, их анализ и определение профилактических мероприятий по предотвращению случаев брака в поездной и маневровой работе и случаев производственного травматизма на станциях. Пользователями системы являются работники ДНЧ всех отделений, руководящий состав службы перевозок, аппарат ревизоров безопасности. В системе активно работают 800 пользователей, сформировано более **700 000 актов проверок**, что заложило основу создания неструктурированного хранилища данных по безопасности движения в Компании на примере отдельно взятого хозяйства.

В 2006 г. была создана Автоматизированная система управления безопасностью движения (АС РБ) [2]. Сегодня она выполняет все необходимые функции, обеспечивающие ввод данных, оповещение, классификацию и учет нарушений безопасности движения, контроль выполнения сроков учета, своевременности и качества расследования нарушений безопасности движения, анализ причин и последствий нарушений, формирование сетевой и дорожной отчетности о нарушениях. Эта система имеет более **5000 пользователей**. С ее помощью сформировано более **40 000 актов технических ревизий и проверок** аппарата ревизоров безопасности.

Комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов технических средств холдинга «РЖД» и анализа их надежности (КАСАНТ) внедрена в 2007 году [2, 3, 4]. Эта система явилась принципиально новым инструментом мониторинга состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава Компании. Система гарантирует единство порядка учета и расследования случаев отказов технических средств во всех функциональных хозяйствах, на всех железных дорогах ОАО «РЖД», существенно повышает достоверность и оперативность сбора информации за счет «бесбумажной» технологии процесса. За последние три года система КАСАНТ позволила поэтапно перейти на единую систему учета и анализа отказов в работе технических средств. Появилась возможность внедрить комплексные методы оценки эффективности эксплуатационной деятельности, как по отраслевым хозяйствам, так и в целом по компании, с использованием единой общесетевой базы данных учета отказов технических средств.

В различные периоды была выполнена интеграция КАСАНТ с автоматизированными системами Компании: ГИД «Урал-ВНИИЖТ» (Система автоматизированного ведения графика движения поездов), АСУ Э (Автоматизированная система управления Трансэнерго), АС КМО (Автоматизированная система ведения актов комиссионных месячных осмотров станций), АСК ПС (Автоматизированная система контроля технического состояния подвижного состава), АСУВОП (Типовая автоматизированная система выдачи и отмены предупреждений), АСУ-П (Автоматизированная система управления путевым хозяйством), АСУ-Ш-2 (Комплексная автоматизированная система управления инфраструктурой хозяйства сигнализации, централизации и блокировки). В последствии осуществлена интеграция с Единой кор-

поративной автоматизированной системой управления инфраструктурой (ЕК АСУИ), которая объединила в себе АСУ инфраструктурного комплекса и осуществляет информационную поддержку бизнес-процессов по текущему содержанию и ремонту.

С помощью системы КАСАНТ обеспечивается работа более **50 000 пользователей**. Ежедневно фиксируется **1400 оповещений**. Зафиксировано и проанализировано **2 367 747 отказов технических средств**.

В 2011 г. для анализа нарушений технологических процессов персонала железных дорог, приводящих к нарушениям безопасности движения, была разработана и внедрена на сети дорог система КАСАТ – комплексная автоматизированная система учета и анализа случаев технологических нарушений. Представляет собой программно-аппаратный комплекс учета, анализа случаев технологических нарушений в хозяйствах инфраструктуры холдинга «РЖД». С помощью системы КАСАТ обеспечивается работа более 50 000 пользователей. Ежедневно фиксируется 960 оповещений. Зафиксировано и проанализировано 6 497 274 технологических нарушений.

Рассмотренные системы в определенной мере обеспечивают автоматизацию процессов управления безопасностью движения. Они позволяют проводить анализ состояния отдельных объектов железнодорожного транспорта. Однако с точки зрения оценки процессов, данные не структурированы. Кроме того, в этих системах разрозненные собственные классификаторы, они работают с различной периодичностью съема информации и, что особенно важно, данные, с которыми они оперируют, имеют различный уровень детализации и различные форматы. К этому следует добавить немаловажное обстоятельство необходимости взаимодействия систем управления безопасностью с большим количеством других транспортных автоматизированных систем (АС), в числе которых 33 системы

учета и 8 систем планирования. Все это свидетельствует о необходимости при управлении безопасностью движения обрабатывать громадные массивы разрозненных неструктурированных данных. Классический путь решения задачи – агрегирование данных (например, по опасным событиям, по показателям интенсивности отказов, по ущербам и др.), а также анализ свойств управляемой системы. Этот путь позволяет в некоторой мере выполнять проактивное планирование: выявлять непосредственные причины нежелательных событий и планировать точечные мероприятия, контролировать достижение целевых значений. Однако при управлении безопасностью на железнодорожном транспорте имеет место одних только наименований **данных более 250**, а сами массивы данных оцениваются числами на уровне **миллионов терабайтов**. В этих условиях даже агрегирование данных не дает желаемого эффекта – необходимо переходить к созданию цифровой системы управления безопасностью движения.

Развитие систем сбора и обработки информации о фактических состояниях инфраструктуры и подвижного состава

В различных областях человеческой деятельности имеют место общие тенденции создания систем сбора и обработки информации. В XIX веке наши предшественники извлекали полезную для управления информацию посредством личных наблюдений, ручных измерений, хранили ее в рукописных книгах. Во времена паровозов управленческие решения принимались на основе нескольких мегабайт информации (рисунок 1).

В XX веке появились не только новые вычислительные машины, но и информационные системы, автоматизированные рабочие места. К натурным осмотрам и личному контролю присоединились автоматические



Рисунок 1 – Этапы развития систем сбора и обработки информации.

системы сбора данных, основанные на датчиках, реле. Речь шла уже о гигабайтах информации, которая собиралась, хранилась, анализировалась и использовалась для построения прогнозов. XXI век охарактеризовался взрывным развитием технологий. И сейчас мы говорим об экзакбайтах (10^9 гигабайтов) информации. Именно возможность сбора и контроля такого огромного количества данных позволяет использовать современные технологии. Скорости движения, доступные в настоящее время, значительно превосходят способности человеческой реакции. Естественным образом роль человека в системах сбора такого количества данных постепенно уменьшается. Все больше информации о реальном мире собирают сенсоры, диагностические комплексы, появляются технологии взаимодействия искусственных объектов между собой без участия человека.

Большое количество накопленной, а главное, ежедневно получаемой информации не может не изменить наше отношение к ней. Для обеспечения безопасности и надежности перевозочных процессов требуется решать задачи прогнозирования рисков, автоматизации принятия решений. То есть, такие задачи, которые ранее считались прерогативой человека. Теперь уже большая часть этих задач перераспределяется на компьютерную обработку.

Структурированные и неструктурированные данные огромных объемов и значительного многообразия, эффективно обрабатываемые программными средствами, принято называть **Big Data**. Эта технология хранения и обработки «больших данных» альтернативна традиционным технологиям управления базами данных. В качестве определяющих характеристик для больших данных традиционно выделяют «три V»: объем (англ. *volume*, в смысле величины физического объема), скорость (*velocity* в смыслах как скорости прироста, так и необходимости высокоскоростной обработки и получения результатов), многообразие (*variety*, в смысле возможности одновременной обработки различных типов структурированных и полуструктурированных данных) в дальнейшем возникли различные вариации и интерпретации этих признаков.

Не все собранные данные могут быть полезными, поэтому сегодня мы говорим об интеллектуальном подходе к анализу данных, который принято называть **Data Mining** – собирательное название, используемое для обозначения совокупности методов обнаружения в данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности. Основу методов Data Mining составляют всевозможные методы классификации, моделирования и прогнозирования, основанные на применении деревьев решений, искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов, эволюционного программирования, ассоциативной памяти, нечеткой логики. К методам Data Mining нередко относят *статистические методы* (дескриптивный анализ,

корреляционный и регрессионный анализ, факторный анализ, дисперсионный анализ, компонентный анализ, дискриминантный анализ, анализ временных рядов, анализ выживаемости, анализ связей).

Данные – накапливаемые, вновь получаемые, исторические являются основой для перехода на цифровую модель управления процессами на железнодорожном транспорте. В настоящее время в холдинге «РЖД» эта основа создана. Задачей создания цифровой платформы на центральном уровне корпоративного управления ОАО «РЖД» является развитие и внедрение модели комплексной информатизации на основе систем управления, объединенных в единую корпоративную платформу УРРАН (ЕКП УРРАН). Это совокупность нормативно-методологического обеспечения и программно-аппаратных средств, предназначенных для управления объектами инфраструктуры, подвижным составом и технологическими процессами с целью обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге РЖД [5]. Эта система уже применяется в хозяйствах пути, связи, в Трансэнерго и позволяет проводить автоматическую оценку рисков связанных как с отказами технических средств, так и с нарушениями безопасности движения [6]. Накапливаемая в ней информация позволяет говорить о реальности построения ее и связанных с ней систем КАСАНТ, АС РБ, КАСАТ, КАСКОР, ЕК АСУ И и т. д. на основе технологии Big Data. При этом один из наиболее проблемных вопросов – это структурирование данных. Большое количество неструктурированной информации – это характерная особенность современных многофункциональных АС. По данным международных аудиторов информационных систем [7] до 90% получаемой информации является неструктурированной. Поэтому переход на технологию Big Data необходимо осуществлять на научной основе **Data Science**. При построении моделей интеллектуального анализа данных до 80% времени всего проекта тратится на обработку первоначальных данных, разработку моделей исследований, анализ базовой статистики, разработки моделей регулярных расчетов. Для этого необходимы менеджеры, ставящие стратегические цели анализа, инженеры, понимающие бизнес, ученые, разрабатывающие математические модели. И только после того, как интеллектуальная модель анализа данных будет построена (включая взаимосвязи между всеми системами, участниками, факторами) наступает время технологий Big Data и программных решений.

В связи с очевидностью затрат на построение цифровой системы управления безопасностью и надежностью движения возникает вопрос целесообразности приложения таких усилий. Анализ опыта построения таких систем для промышленных предприятий показывает эффективность подобных работ. Так, проект «когнитивный геолог Газпром» [8] позволил сократить время на разработки проекта с 2 лет до 2 месяцев. Также этот проект показал, что 30% исходных данных, использован-

ных ранее, не были полезными. На железнодорожном транспорте Швеции технология Big Data применяется для управления линейными активами, в частности для принятия решения о техническом обслуживании инфраструктуры и подвижного состава [9].

Многофакторный анализ рисков безопасности движения

В основе управления большими данными лежит понимание бизнеса. Применительно к железнодорожному транспорту это означает понимание процессов обеспечения безопасности и надежности перевозочного процесса. В настоящее время в холдинге «РЖД» действует 85 нормативно-методических документов в области безопасности движения и надежности. С помощью АС оценивается безопасность и надежность элементов, железнодорожных систем и технологических процессов. Это настоящее. В будущем ожидается, что современные технологии имитационного моделирования, прогноза рисков позволят осуществлять мониторинг недопустимых состояний, управлять активами на основе принципа ALARP [10, 11], встроить функции безопасности в технологические процессы. Первым шагом движения в такое будущее является разработка структурной схемы управления рисками в области безопасности движения. Эта схема должна включать в себя *методику оценки рисков* безопасности движения (с учетом выбора мер снижения воздействия факторов рисков и сценариев упреждающих воздействий), *методику факторного анализа* (взаимозависимости между факторами и рисками), *реестры источников информации* о состоянии факторов, *реестры факторов*, обуславливающих риски, *реестры рисков* хозяйств, *реестр общекорпоративных рисков* холдинга «РЖД» и их классификационных признаков.

Несомненным преимуществом современных интеллектуальных машинных методов перед классическими методами, является возможность работать с многомерными данными, то есть, рассматривать объект с учетом всех возможных признаков и факторов. Методы позволяют устанавливать взаимосвязи показателей в многомерном пространстве, что для человека крайне затруднительно с точки зрения временных ресурсов. Машинные (как правило, интеллектуальные) методы практически исключают вероятность допущения ошибки при расчете.

На рисунке 2 показана иерархическая шестиуровневая структура влияния факторов на такой показатель как среднесуточная производительность локомотива. На первом уровне учитываются такие факторы, как среднесуточный пробег локомотива, средний вес поезда. На втором уровне – участковая скорость, оборот локомотива на станции и др. На шестом уровне – тип локомотива, его техническое состояние и т. д. Всего учитывается более 50 факторов, влияющих на среднесуточную производительность локомотива. Для расчета

должны быть приведены статистические данные по каждому фактору. Затем с помощью статистических методов факторного анализа и анализа связей в сочетании с другими методами Data Mining, такими, как методы моделирования и прогнозирования, можно выполнить проактивное планирование среднесуточной производительности локомотива.

Осуществление многофакторного анализа рисков с использованием методов анализа больших данных и машинного обучения позволит осуществлять динамическую оценку рисков хозяйств, выявлять аномалии в значениях показателей в режиме реального времени и предсказывать вероятность возникновения опасного события.

Переход к цифровой системе управления безопасностью движения

В настоящее время с учетом внедрения ЕКП УПРАН и связанных с ней систем (КАСАНТ, АС РБ, КАСАТ, КАСКОР, ЕК АСУ И, АСУ Т и др.) управление безопасностью движения состоит в текущей оценке и прогнозировании безопасности и надежности элементов и устройств железнодорожной техники (автономно по каждому хозяйству), отдельно систем (например, парк локомотивов, контактная сеть, мосты и т. д.), затем технологических процессов (управление движением, техническое обслуживание и ремонт и др.). Эти операции агрегированы на уровне устройств, систем, процессов и разделены по хозяйствам. Безопасность обеспечения услуги по пассажирским и грузовым перевозкам основывается на решениях ревизорского аппарата по полученной постфактум статистической и в реальном времени информации от автоматизированных систем (рисунок 3). Эти решения во многом зависят от человеческого фактора, поскольку поступающие данные в большинстве своем не взаимосвязаны – ни горизонтально по хозяйствам, ни вертикально по элементам, системам, процессам. Вследствие этого отсутствует объемная цельная картина по текущему состоянию безопасности и надежности инфраструктуры и подвижного состава.

Переход к цифровой системе управления безопасностью движения должен осуществляться путем построения моделей взаимодействия факторов безопасности и надежности всех объектов железнодорожного транспорта на всех уровнях иерархии, а также во взаимосвязи с другими факторами, которые непосредственно не относятся к надежности, однако оказывают влияние на безопасность перевозочного процесса. К таким факторам относятся, например, класс линии, участковая скорость, вес поезда, плановые и внеплановые окна для технического обслуживания и ремонта пути, состояние балласта, состояние мостов и многие другие факторы. Большое количество факторов и исключительно большое многообразие связей между ними могут быть формализованы.

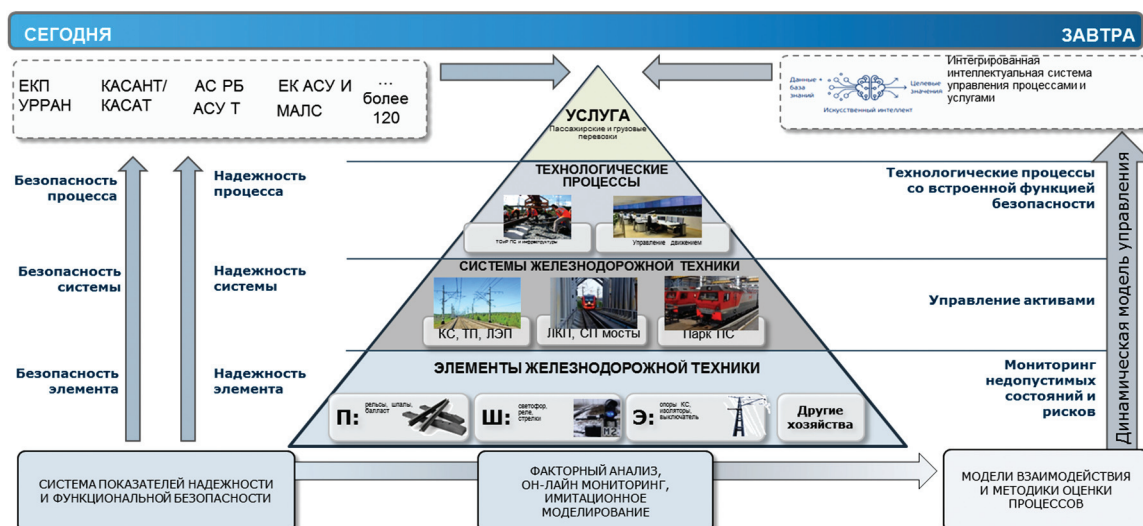


Рисунок 3 – Переход к цифровой интеллектуальной системе управления безопасностью.

зованы и сохранены с помощью указанной современной технологии Big Data. Это позволит в реальном масштабе времени осуществлять комплексный мониторинг недопустимых состояний и рисков. В основе мониторинга следует использовать разработанную в рамках системы УРРАН методологию управления техническими, социальными и техногенными рисками объектов транспорта [12, 13]. Это позволит с учетом результатов комплексной оценки рисков управлять техническими активами холдинга «РЖД» и формировать технологические процессы со встроенной функцией безопасности.

Заключение

Основной результат перехода на технологию Big Data состоит в создании динамической модели управления безопасностью движения, в исключении зависимости системы управления от недостатков человеческого фактора и, что особенно важно, в возможности создания в холдинге «РЖД» интегрированной интеллектуальной системы управления процессами и услугами со встроенными функциями оперативного управления безопасностью движения. Цель цифровой трансформации системы управления безопасностью движения в холдинге ОАО «РЖД» заключается в переходе на глобальный уровень взаимодействия с процессами всех подразделений по интегральной оценке риска возможных событий и достижению установленных показателей. Практическое внедрение этого подхода будет реализовано на основе технологий больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта, систем диагностики с использованием Интернета вещей, цифровизации процессов производства и ремонта подвижного состава и инфраструктуры и др. Итогом станет интеграция системы управления безопасностью движения с производственными процессами на всех уровнях управления холдинга «РЖД» в соответствии с тремя принципами цифрового бизнеса: *Полная согласованность*, *Бизнес в режиме онлайн* и *Управление сервисами*. Для функ-

ционального направления «Безопасность движения» это означает анализ актуальных данных о состоянии сети и подвижного состава, онлайн-контроль состояния ценных и опасных грузов, осуществляемый путем сбора информации с датчиков, потоковый анализ данных об актуальном техническом состоянии подвижного состава и локомотивов с оценкой рисков эксплуатации, формированием оперативных предупреждений и выработкой рекомендаций по дальнейшему использованию и ремонту с минимизацией рисков.

В результате масштабного развития и внедрения в компании Единой корпоративной платформы (ЕКП) УРРАН реализуется поддержка принятия управленческих решений по обеспечению надежности и безопасности функционирования объектов транспорта на основе оценки рисков. Так, с помощью разработанной и внедренной в 2018 г. ЕКП УРРАН Э (подсистема «Э» хозяйства электрификации и электроснабжения), реализована комплексная работа более 1 000 пользователей. При этом по объектам Трансэнерго введено более 4,3 млн. контрольно-оценочных карт. В этом же году проведена разработка и внедрение в постоянную эксплуатацию ЕКП УРРАН С, которая позволяет в связевом комплексе оперативно рассчитывать ключевые показатели надежности и безопасности и оценивать риски. Функциональное развитие ЕКП УРРАН П в путевом комплексе позволило начиная с 2019 г. повысить объективность оценки деятельности структурных подразделений комплекса и объективность задания нормируемых показателей надежности. Разработка и внедрение в комплексе автоматизации и телемеханики ЕКП УРРАН Ш и в локомотивном комплексе ЕКП УРРАН Т уже с 2019 г. создаст необходимые условия для повышения эффективности их технического содержания на основе управления ресурсами и рисками.

Таким образом, с помощью ЕКП УРРАН заложены основы цифровой трансформации системы управления безопасностью движения в холдинге «РЖД».

Библиографический список

1. Розенберг И.Н. Автоматизированная информационная система ревизора движения [Текст] / И.Н. Розенберг, М.А. Аветикян, А.М. Замышляев // Железнодорожный транспорт. – 2004. – № 7. – С. 46-48.
2. Замышляев А.М. Прикладные информационные системы управления надежностью, безопасностью, рисками и ресурсами на железнодорожном транспорте [Текст] / А.М. Замышляев. – М.: Надежность, 2013. – 143 с.
3. Розенберг Е.Н. Система КАСАНТ: задачи, возможности, перспективы развития [Текст] / Е.Н. Розенберг, И.Н. Розенберг, А.М. Замышляев и др. // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 9. – С. 6-9.
4. Замышляев А.М. Система КАСАНТ: второй этап внедрения [Текст] / А.М. Замышляев, Г.Б. Прошин, А.А. Горелик // Автоматика, связь, информатика. – 2009. – № 7. – С. 9-13.
5. Гапанович В.А. Математическое и информационное обеспечение системы УРРАН [Текст] / В.А. Гапанович, И.Б. Шубинский, А.М. Замышляев // Надежность. – 2013. – № 1. – С. 3-11.
6. Гапанович В.А. Метод оценки рисков системы из разнотипных элементов [Текст] / В.А. Гапанович, И.Б. Шубинский, А.М. Замышляев // Надежность. – 2016. – № 2. – С. 49-53.
7. Rizzatti R. Digital Data Storage is Undergoing Mind-Boggling Growth [Электронный ресурс] / Dr. Lauro Rizzatti, Verification Consultant // URL: <https://www.eetimes.com/> Подробнее: https://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1330462 (Дата обращения: 31.10.2018 г.).
8. Макевнин Б. Цифровая нефть. Большие данные как один из ключевых инструментов цифровой трансформации [Текст] / Б. Макевнин, А. Столяров // Сибирская нефть. – 2017. – № 9/146.
9. Thaduri A. Railway assets: A potential domain for big data analytics [Text] / Adithya Thaduri, Diego Galar, Uday Kumar; Lulea University of Technology, Lulea, Sweden. // Procedia Computer Science. – 2015. – Volume 53. – P. 457-467.
10. Гапанович В.А. Построение и использование матриц рисков в системе управления рисками на железнодорожном транспорте [Текст] / В.А. Гапанович, И.Б. Шубинский, А.М. Замышляев // Надежность. – 2011. – № 4. – С. 56-68.
11. Zamyshlyayev A. Adaptive Management System of Dependability and Safety of Railway Infrastructure [Text] / A. Zamyshlyayev, I. Shubinsky // Second International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management (SMRLO). Be'er-Sheva, Israel, 15.02.16-18.02.16, IEEE Xplore Digital Library. – P. 244-250.
12. Shubinsky I. Risk management system on the Railway Transport [Text] / I. Shubinsky, A. Zamyshlyayev // Second International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Science and Operations Management (SMRLO). Be'er-Sheva, Israel, 15.02.16-18.02.16, IEEE Xplore Digital Library. – P. 481-486.
13. Шубинский И.Б. Основные научные и практические результаты разработки системы УРРАН [Текст] / И.Б. Шубинский, А.М. Замышляев // Надежность. – 2012. – № 3. – С. 3-12.

Сведения об авторе

Алексей М. Замышляев – доктор технических наук, заместитель Генерального директора АО «НИИАС», Москва, Российская Федерация, тел. +7 (495) 967-77-02, e-mail: A.Zamyshlaev@vniias.ru

Вклад автора в статью

Автор проанализировал этапы автоматизации системы управления безопасностью движения, установил, что в настоящее время при управлении безопасностью движения необходимо обрабатывать громадные массивы разрозненных неструктурированных данных и предложил создание четырехуровневой (элементы, системы, процессы, услуги) цифровой интеллектуальной системы управления безопасностью, включающими управление безопасностью, надежностью, техническими активами и технологическими процессами.