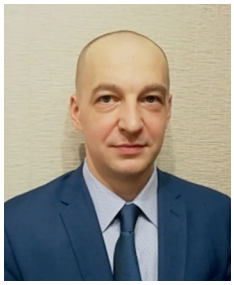
Оригинальная статья
https://doi.org/10.21683/1729-2646-2021-21-1-55-64

Информационное обеспечение системы управления техническими активами на железнодорожном транспорте

Мария А. Бубликова[1]*, **Иван П. Хохлов**[1]
[1]АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», Москва, Российская Федерация
*m.bublikova@vniias.ru

Мария А. Бубликова


Иван П. Хохлов

Резюме. Цель. *ОАО «РЖД», являясь одной из крупнейших и передовых компаний России, активно внедряет и использует в своей деятельности лучшие практики по управлению активами и рисками. В 2010 г. на железнодорожном транспорте началась разработка проекта по управлению ресурсами, рисками и надежностью на стадиях жизненного цикла (УРРАН), который в настоящее время продолжает развиваться. Целями статьи являются: сделать обзор задач по управлению активами, охватываемых проектом УРРАН; осветить рынок IT-инструментов для решения аналогичных задач; представить результаты работы по автоматизации в проекте УРРАН, реализованном в ОАО «РЖД» с учетом международного опыта и особенностей компании.* **Методы.** *При написании статьи проведены как эмпирические, так и теоретические исследования. Проанализирована совокупность нормативно-методических документов проекта УРРАН, общедоступная информация о существующих в мире программных продуктах, позволяющих решать задачи управления активами, а также программная документация на автоматизированную систему ЕКП УРРАН. Проанализированы функциональные возможности и технические решения, использованные при разработке данной автоматизированной системы. Проведена оценка результатов внедрения и практического применения ЕКП УРРАН в филиалах ОАО «РЖД» и их структурных подразделениях.* **Результаты.** *Для целей управления активами используют автоматизированные системы типа EAMS (Enterprise Asset Management System – корпоративная система управления активами), специально разработанные для нужд конкретной организации или тиражируемые «коробочные» системы, например, рассмотренные в статье SAP ERP, IBM MAXIMO, ABB Ability™ и Simeo™. ЕКП УРРАН реализует единое информационное пространство, которое является средством поддержки принятия решений для системы управления активами, так как обладает необходимыми нормативно-методическим обеспечением и программно-аппаратными средствами, предназначенными для комплексного управления ресурсами и процессами с целью эффективного предоставления услуг железнодорожного транспорта. В перспективе ЕКП УРРАН планируется как часть Цифровой платформы управления рисками и безопасностью движения, внедряемой в холдинге «РЖД», и будет содержать модули, реализующие динамические модели предиктивной аналитики для прогнозирования нежелательных событий на инфраструктуре и подвижном составе, которые могут привести к нарушениям безопасности движения.* **Выводы.** *Дальнейшее развитие ЕКП УРРАН в ближайшей перспективе позволит получить на всех уровнях управления компанией эффективный инструмент, позволяющий в условиях ресурсных ограничений обеспечить принятие обоснованных управленческих решений и реализовать рациональное распределение инвестиций. ЕКП УРРАН – это актив ОАО «РЖД», предназначенный для работы с ним руководителей и специалистов различных подразделений ОАО «РЖД», который может быть реализован как отдельный IT-продукт для создания и внедрения системы управления активами на различных предприятиях железнодорожной отрасли.*

Ключевые слова: *управление активами, автоматизированная система, надежность, риск, железнодорожный транспорт.*

Формат цитирования: *Бубликова М.А., Хохлов И.П. Информационное обеспечение системы управления техническими активами на железнодорожном транспорте // Надежность. 2021. №1. С. 55-64. https://doi.org/10.21683/1729-2646-2021-21-1-55-64*

Поступила *19.01.2021 г.* / **После доработки** *01.02.2021 г.* / **К печати** *22.03.2021 г.*

Введение

ОАО «РЖД», являясь одной из крупнейших и передовых компаний России, активно внедряет и использует в своей деятельности лучшие практики по управлению активами и рисками [1, 2]. При этом необходимо понимать, что система железнодорожного транспорта является не только многоотраслевой, но и многоуровневой. Для каждого комплекса или хозяйства характерны самостоятельные управленческие цели и задачи, а также наличие внутренних и внешних связей, что порождает большое количество информации и информационно-управляющих потоков, которые циркулируют как между уровнями системы по вертикали, так и по горизонтали, охватывая соответствующие территориально распределенные предприятия смежных служб, дирекций.

Основываясь на международном опыте, а также учитывая особенности ОАО «РЖД», и была начата разработка проекта по управлению ресурсами, рисками и надежностью на стадиях жизненного цикла (УРРАН), который в настоящее время продолжает развиваться.

Методическая реализация проекта УРРАН началась в 2011 году и непрерывно совершенствуется, впитывая в себя приобретаемый опыт и учитывая бурное развитие технологий.

В рамках этого проекта внедрена технология комплексного управления эксплуатационной надежностью и безопасностью функционирования объектов железнодорожного транспорта, которая сформирована из трех взаимосвязанных составляющих:

- методология управления техническим содержанием объектов железнодорожного транспорта, деятельностью структурных подразделений, надежностью и безопасностью перевозочного процесса на основе оценки рисков;
- нормативно-методическая база системы;
- информатизация процессов съема и обработки данных, управления техническими активами, автоматизация всех нормативно-методических документов, разработанных в рамках проекта УРРАН.

На рис. 1 представлены основные вехи развития проекта УРРАН – от создания концепции до получения работоспособной информационной системы.

Разработанная в рамках проекта УРРАН нормативно-методическая база включает в себя более 150 нормативно-методических документов, регулирующих различные аспекты управления активами и деятельности филиалов ОАО «РЖД» – это и ГОСТ, и ГОСТ Р, и отраслевые стандарты (СТО), и методики. Документы охватывают:

- инфраструктурный комплекс (комплексы пути и сооружений, автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения, связи);
- подвижной состав (локомотивный, моторвагонный комплексы; вагонный комплекс);
- дополнительные задачи в области пожарной, экологической безопасности и охраны труда, обеспечении безопасности движения поездов.

Методология и наработки проекта УРРАН неоднократно освещались на страницах журнала «Надежность», например [3, 4, 5, 6, 7].

Как отмечено в [1], внедрение системы управления активами невозможно без внедрения IT-инструментов. Как правило, для целей управления активами используют автоматизированные системы типа EAMS[1]. Такие системы могут быть как специально разработанными для нужд конкретной организации, так и тиражируемыми «коробочными» системами. В мире разработано

[1] EAMS (Enterprise Asset Management System) – корпоративная система управления активами.

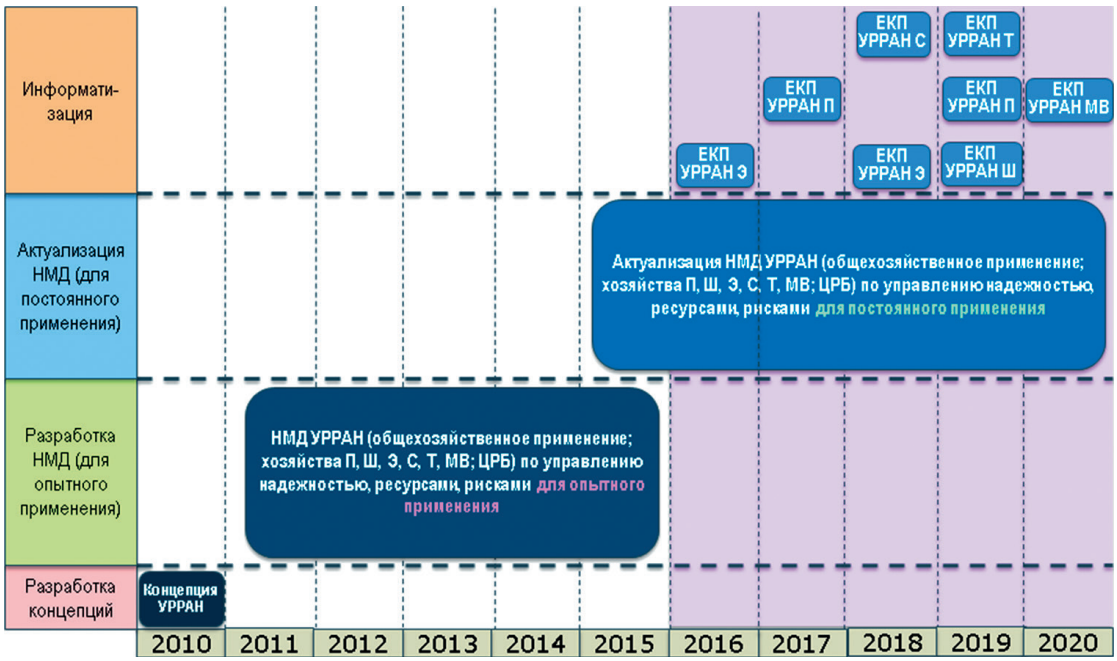


Рис. 1. История развития проекта УРРАН

множество таких систем. Отметим основные из них, применяемые в железнодорожной отрасли.

1. SAP ERP – самый известный программный продукт для планирования ресурсов предприятия, разработанный компанией SAP SE (Германия). Внедрение модуля SAP ERP включает в себя разработку и внедрение следующих процессов:

– ведение нормативно-справочной информации (НСИ);
– проведение капитальных и текущих ремонтов;
– годовое планирование ремонтов;
– оперативное планирование;
– выполнение работ и учет фактических затрат;
– управление техническим обслуживанием.

Функциональный объем программного решения включает:

– автоматизацию ведения данных по оборудованию (технические места, единицы оборудования, его классификация, спецификация технических объектов и т.п.);
– паспортизацию оборудования;
– ведение баз данных по нормативам и каталогам технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО);
– расчет потребностей в материалах, агрегатах, запасных частях и обеспечение формирования заявок на их закупку в необходимых количествах и ассортименте;
– учет и контроль выполнения ремонтных работ, в т.ч. контроль выполнения проведенных ремонтов, подтверждения фактического количества часов, затраченных на проведение ремонтных работ, отпуск материалов и пр.;
– управление закупками (составление графиков закупок для обеспечения своевременной поставки материалов и запчастей для ремонта и технического обслуживания оборудования);
– планирование численности персонала и иных видов материальных ресурсов, необходимых для ТОРО;
– эффективное распределение и корректировка затрат на ремонт по выбранным показателям (структурное подразделение, определенный период времени).

Данный программный продукт используют такие железнодорожные предприятия, как IrishRail (Ирландия), Infrabel (Бельгия).

2. Maximo Asset Management – программное решение компании IBM (США), созданное специально для управления всеми типами активов независимо от их местонахождения. В системе IBM MAXIMO можно выделить 6 взаимосвязанных функциональных блоков, которые позволяют реализовать полный цикл обслуживания и управления активами предприятия:

– управление активами (Asset management);
– управление снабжением (Procurement management);
– управление договорами (Contract management);
– управление материальными запасами (Material management);
– управление работами (Work management);
– управление сервисами (Service management).

Данную систему используют Network Rail (Англия), Trafikförvaltningen (Stockholm Public Transport Administration, Швеция).

3. ABB Ability™ (ELLIPSE) – программное решение по автоматизации производств компании ABB (Швейцария, Швеция) позволяет оптимизировать управление производственными процессами, увеличить энергосбережение и производительность (снижение эксплуатационных расходов, увеличение срока службы оборудования, повышение надежности и оперативности реагирования)[1].

Данное программное обеспечение применяет также Network Rail (Англия).

4. Программный комплекс Simeo™ от консалтинговой компании Oxand содержит в своей базе данных нормативно-справочную информацию о более чем 600 видов активов, анализ 70 000 км инфраструктуры железных дорог и более чем 40 млн м^2 недвижимости. В системе реализован модуль поддержки принятия решений с использованием накопленных статистических данных по различным видам технических активов за 15 лет. Основными ключевыми показателями при принятии решений являются показатели RAMS.

И все же большинство организаций железнодорожного транспорта предпочитает программное обеспечение для управления активами, разработанное индивидуально. Таким путем пошли ADIF (Испания), VAYLA (Финляндия), ÖBB (Австрия), а также ОАО «РЖД».

С учетом того, что обширная нормативно-методическая база проекта УРРАН предусматривает сбор большого объема статистических данных, а также проведение множества расчетов с большими объемами данных для различных объектов (активов) и структурных предприятий хозяйств, в ОАО «РЖД» проводится интенсивная автоматизация этих нормативно-методических документов на базе Единой Корпоративной Платформы УРРАН (ЕКП УРРАН). В настоящее время автоматизировано около 35% всех документов (в основном по анализу надежности, оценке рисков и деятельности структурных подразделений, а также планированию ремонтов и оценке стоимости жизненного цикла).

1. Архитектура ЕКП УРРАН

Цель создания системы УРРАН – реализация адаптивного управления техническим содержанием объектов железнодорожного транспорта на стадиях жизненного цикла или технологическими процессами на основе соблюдения критериев надежности, безопасности и экономической эффективности функционирования с применением риск-ориентированного подхода.

Основные процессы, реализованные в ЕКП УРРАН:

– сбор и обработка информации по отказам, предотказным состояниям и критическим параметрам объектов железнодорожного транспорта;
– оценка износа, остаточного ресурса и предельного состояния объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта;

[1] URL: https://new.abb.com/cpm/production-optimization/eam-enterprise-asset-managment-systems (дата обращения 17.01.2021)

– нормирование показателей надежности и безопасности объектов железнодорожного транспорта;

– анализ и прогнозирование фактических показателей надежности и безопасности объектов железнодорожного транспорта;

– оценка рисков, связанных с надежностью технических средств, нарушениями безопасности движения, профессиональными рисками и пожарными рисками;

– оценка стоимости жизненного цикла объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта;

– оценка деятельности подразделений ОАО «РЖД» с учетом результатов их работы по обеспечению надежности и безопасности эксплуатируемых объектов;

– обеспечение поддержки управленческих решений, в том числе по планированию ремонтов, управлению ресурсами, направленными на техническое содержание.

ЕКП УРРАН содержит шесть функционально законченных технических систем (в дальнейшем Систем) и двух обеспечивающих, а именно:

Технические системы:

– Единая корпоративная платформа управления ресурсами, рисками и надежностью на стадиях жизненного цикла на железнодорожном транспорте в хозяйстве пути и сооружений (ЕКП УРРАН П);

– Единая корпоративная платформа управления ресурсами, рисками и надежностью на стадиях жизненного цикла объектов железнодорожной автоматики и телемеханики (ЕКП УРРАН Ш);

– Единая корпоративная платформа управления ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла на железнодорожном транспорте в хозяйстве электрификации и электроснабжения (ЕКП УРРАН Э);

– Единая корпоративная платформа управления ресурсами, рисками и надежностью на стадиях жизненного цикла в хозяйстве связи (ЕКП УРРАН С);

– Единая корпоративная платформа управления ресурсами, рисками и надежностью на стадиях жизненного цикла в локомотивном комплексе (ЕКП УРРАН Т);

– Единая корпоративная платформа управления ресурсами, рисками и надежностью на стадиях жизненного цикла в моторвагонном комплексе (ЕКП УРРАН МВ).

Обеспечивающие системы:

– Единая база данных результатов расчетов показателей надежности и функциональной безопасности, оценки рисков для комплексной оценки состояния инфраструктуры и подвижного состава; представляет собой систему управления базой данных (СУБД) и обеспечивает:

а) хранение основных характеристик объектов железнодорожного электроснабжения, верхнего строения железнодорожного пути, железнодорожной электросвязи, железнодорожной автоматики и телемеханики, данных по локомотивам и моторвагонному подвижному составу;

б) хранение данных о произошедших с объектом железнодорожного электроснабжения, верхнего строения железнодорожного пути, железнодорожной электросвязи, системы железнодорожной автоматики и телемеханики, локомотивом и моторвагонным подвижным составом авариях, отказах и инцидентах;

в) хранение данных о выполненных ремонтах, полученных из смежных систем;

г) хранение введенных пользователем данных о стоимости жизненного цикла;

д) хранение данных по рассчитанным показателям надежности (фактическим и нормативным);

е) хранение нормативно-справочной информации.

– Модули взаимодействия с внешними автоматизированными системами; предназначены для обеспечения сбора и обработки первичной информации из смежных систем, на основе которых осуществляется расчет фактических и нормативных показателей надежности,

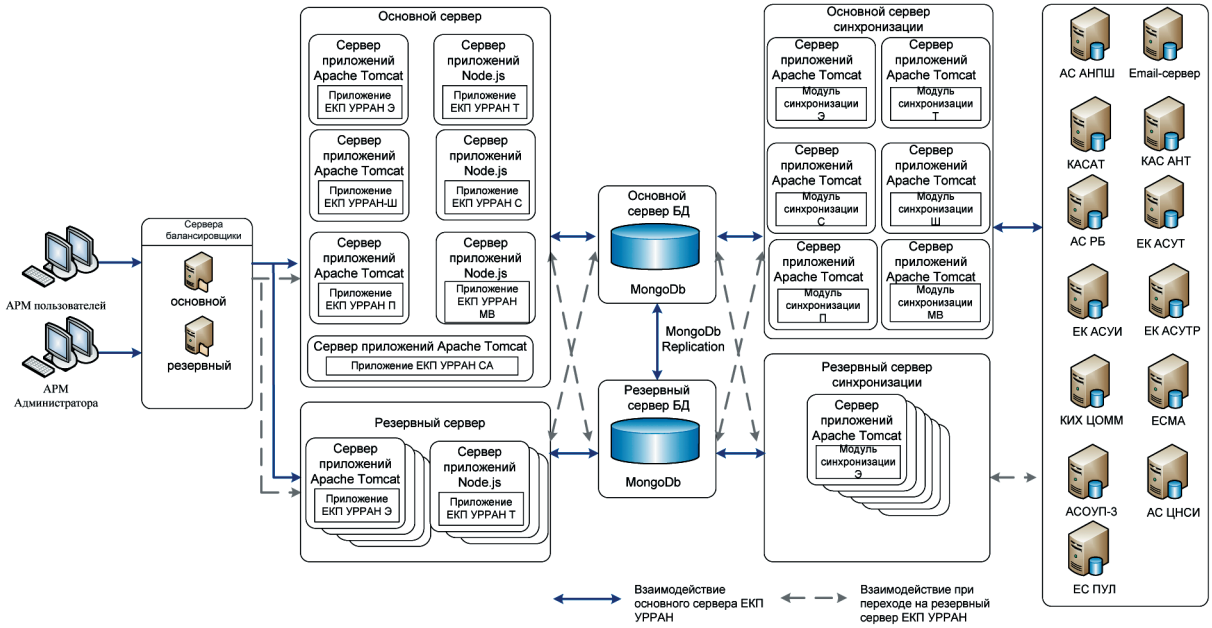


Рис. 2. Функциональная структура ЕКП УРРАН

оценка и мониторинг уровней рисков, оценка остаточного ресурса, оценка профессиональных рисков, оценка и мониторинг уровней пожарных рисков, балльная оценка деятельности структурных подразделений хозяйств, формирование планов капитального ремонта.

Функциональная структура ЕКП УРРАН приведена на рис. 2.

ЕКП УРРАН содержит два сервера балансировщика (основной и резервный), основной и резервный серверы (хосты), в которых размещены виртуальные серверы приложений, а также виртуальные серверы баз данных. Кроме того, ЕКП УРРАН включает в себя основной и резервный серверы синхронизации (см. рис. 2).

Серверы балансировщиков автоматически переключают запросы с одного сервера приложений на другой в случае отказа одного из них.

На каждом сервере приложений устанавливаются средства виртуализации.

Под каждое приложение (ЕКП УРРАН Э, ЕКП УРРАН П, ЕКП УРРАН С, ЕКП УРРАН Т, ЕКП УРРАН Ш, ЕКП УРРАН МВ) настраивается свой виртуальный сервер приложений на Apache Tomcat или Node.js.

Базы данных разворачиваются на отдельных серверах.

Модули синхронизации (ЕКП УРРАН Э, ЕКП УРРАН П, ЕКП УРРАН С, ЕКП УРРАН Т, ЕКП УРРАН Ш, ЕКП УРРАН МВ) настраиваются на отдельных виртуальных серверах на Apache Tomcat.

Программное обеспечение серверов приложений реализовано с использованием клиент-серверных технологий. Доступ пользователей осуществляется посредством Web-браузера.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) пользователя и АРМ администратора представляют собой одно web-приложение с разными настройками прав доступа, предназначенное для организации взаимодействия Системы с администраторами и пользователями.

Модули синхронизации реализуют взаимодействие ЕКП УРРАН со многими основными системами ОАО «РЖД» сетевого уровня:

1) Автоматизированной системой Централизованной нормативно-справочной информации (АС ЦНСИ) в части получения данных из общеотраслевых справочников и классификаторов.

2) Комплексной автоматизированной системой учета, контроля устранения отказов в работе технических средств и анализа их надежности (КАСАНТ) в части получения данных по отказам технических средств.

3) Комплексной автоматизированной системой учета, расследования и анализа случаев технологических нарушений (КАСАТ) в части получения данных по технологическим нарушениям.

4) Автоматизированной системой управления безопасностью движения (АС РБ) в части получения информации по нарушениям безопасности движения.

5) Автоматизированной системой статистического анализа показателей надежности и прескриптивного управления процессами хозяйства автоматики и телемеханики (АС АНПШ) в части получения данных по объектам железнодорожной автоматики и телемеханики и их основным характеристикам.

6) Единой корпоративной автоматизированной системой управления инфраструктурой (ЕК АСУИ) в части получения данных по объектам хозяйства электрификации и электроснабжения, хозяйства пути и сооружений, а также инцидентам с этими объектами.

7) Единой системой мониторинга и администрирования сетей связи ОАО «РЖД» (ЕСМА) в части:

а) получения данных об устройствах железнодорожной электросвязи, листах регистрации инцидентов, по техническому обслуживанию;

б) передачи в ЕСМА данных о нормированных и фактических показателях надежности технических средств железнодорожной электросвязи, о рисках (матрицы рисков), об интегральной оценки деятельности структурных подразделений.

8) Корпоративным информационным хранилищем системы централизованной обработки маршрута машиниста (КИХ ЦОММ) в части получения данных об объемах выполненной работы локомотивом и моторвагонным подвижным составом.

9) Единой корпоративной автоматизированной системой управления локомотивным комплексом (ЕК АСУТ) в части получения данных о количестве ремонтов локомотивов, случаях срабатывания барьерных функций.

10) Автоматизированной системой оперативного управления перевозками нового (третьего) поколения (АСОУП-3) в части получения данных о количестве ремонтов локомотивов и МВПС, случаях срабатывания барьерных функций для локомотивного депо.

11) Единой корпоративной системой управления трудовыми ресурсами (ЕК АСУТР) в части получение информации о несчастных случаях в эксплуатационных локомотивных депо и среднесписочном количестве машинистов.

12) Единой системой пономерного учета локомотивов (ЕС ПУЛ) в части получения данных по инвентарному парку МВПС.

Фактически ЕКП УРРАН сформирована в виде четырехслойной архитектуры. *Нижний слой* – источники данных (автоматизированные системы КАСАНТ, КАСАТ, ЕКАСУИ, АСРБ, ЕСМА, АС ЦНСИ, АС АНПШ, ЕК АСУТ и др.). *Второй слой* – слой интеграции, содержит модули интеграции данных. *Третий слой* – это хранилища данных. Включает в себя базы данных, агрегирующие функции и вычислительный конвейер для агрегации данных. *Четвертый – центральный слой*. Это слой аналитики, который реализует методологию системы УРРАН.

2. Технические решения применяемые в ЕКП УРРАН

В ЕКП УРРАН используются технологии обработки больших данных (Big Data).

Уровень хранения данных в Системе построен на основе современной документоориентированной СУБД MongoDB.

Перечень и описание программ, установленных на технических средствах программно-технического комплекса ЕКП УРРАН, приведен в табл. 1.

Табл. 1. Программное обеспечение ЕКП УРРАН

Наименование	Назначение
CentOS	Операционная система
VMWare	Средство виртуализации
MongoDB	СУБД
Apache Tomcat 8.5 / Node.js 12	Сервер приложений
Keepalived	Отслеживание работоспособности серверов и переключение на резервный сервер
Haproxy	Балансировка нагрузки для TCP и HTTP-приложений, посредством распределения входящих запросов на несколько обслуживающих серверов

Ролевая модель системы предусматривает следующие категории пользователей, а также разграничение прав и полномочий конечных пользователей:

1) Администраторы, к которым относятся:

– пользователи с ролью «*Администратор*»; имеют возможность выполнять добавление пользователей в ЕКП УРРАН, а также все операции на всех уровнях организационной иерархии и имеют доступ ко всем подсистемам ЕКП УРРАН;

– *технические администраторы* – обслуживание и сопровождение программно-технического комплекса, установка обновлений.

2) Технологические пользователи, к которым относятся:

– пользователи с ролью «*Редактор НСИ*»; могут выполнять все операции на всех уровнях организационной иерархии и имеют доступ ко всем разделам ЕКП УРРАН, кроме «Администрирование»;

– пользователи с ролью «*Информационный пользователь*»; имеют возможность, в зависимости от уровня доступа, формирования параметров для расчетов во всех подсистемах, формирования и печати отчетов, просмотр НСИ;

– пользователи с ролью «*Технологический пользователь*»; имеют возможность, в зависимости от уровня доступа, формирования параметров для расчетов во всех подсистемах, формирования и печати отчетов, просмотр НСИ, а также ввода необходимых первичных данных;

– пользователи с ролью «*Руководитель подразделения*»; имеют возможность согласовывать и утверждать отчеты, а также формировать параметры для расчетов во всех подсистемах, формирования и печати отчетов.

3. Использование ЕКП УРРАН

Необходимо отметить широкое применение функциональности ЕКП УРРАН в хозяйственной деятельности филиалов и подразделений ОАО «РЖД». Так с применением ЕКП УРРАН организованы работы по повышению надежности технических средств на основе целевых показателей, рассчитанных путем нормирования по методологии УРРАН для оптимизации ресурсного обеспечения при планировании мероприятий по повышению надежности технических средств.

Расчет нормируемых показателей надежности по методологии УРРАН проводится ежегодно, их нормированные значения в установленном порядке утверждаются в 4 квартале отчетного года как целевые показатели на следующий год.

Отчеты и аналитика

Дирекция: Любая; Нормирование по ОТС: 1 и 2 категории; ПРИМЕНИТЬ

от: 01-07-2020 до: 31-08-2020

Отчёт по показателям надежности технических средств по Трансэнерго за период 1 июля 2020 г. - 31 авг. 2020 г. по отказам КАСАНТ 1 и 2 категории

Дирекция	Коэффициенты готовности×10^{-1}			Интенсивность отказов, 1/мес			Время восстановления (на один отказ), час			Потери от отказов технических средств, поездо-час						Количество отказов технических средств, ед.					
										за 01.07.20 - 31.08.20			с начала года			за 01.07.20 - 31.08.20			с начала года		
	допуст.	факт.	±%	допуст.	факт.	±%	допуст.	факт.	±%	2019	2020	±%	2019	2020	±%	2019	2020	±%	2019	2020	±%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ОКТ	9,680	9,625	-0,57	13,280	10,201	-23,18	2,650	2,789	+5,25	65,700	69,367	+5,58	274,467	239,967	-12,57	19	20	+5,26	63	61	-3,17
МОСК	9,670	9,976	+3,16	13,770	1,968	-85,70	2,620	0,896	-65,81	9,800	7,133	-27,21	84,750	57,767	-31,84	4	4	0,00	17	11	-35,29
ГОРЬК	9,790	9,910	+1,22	8,750	3,963	-54,71	2,920	1,679	-42,49	72,383	41,667	-42,44	180,833	115,900	-35,91	9	8	-11,11	32	23	-28,12
СЕВ	9,820	9,942	+1,24	7,530	2,963	-60,65	2,980	1,439	-51,72	36,800	61,417	+66,89	111,650	109,617	-1,82	4	6	+50,00	16	16	0,00
С-КАВ	9,770	9,955	+1,89	9,270	4,932	-46,80	2,890	0,673	-76,70	28,183	8,083	-71,32	139,867	48,300	-65,47	8	10	+25,00	47	36	-23,40
Ю-ВОСТ	9,820	9,993	+1,76	7,210	0,983	-86,37	3,000	0,542	-81,94	0,350	1,933	+452,38	35,033	9,217	-73,69	1	2	+100,00	9	6	-33,33
ПРИВ	9,880	9,947	+0,68	5,080	2,468	-51,42	3,080	1,580	-48,70	0,517	29,950	+5696,77	19,600	31,400	+60,20	1	5	+400,00	6	7	+16,67
КБШ	9,740	9,900	+1,65	10,900	4,463	-59,06	2,800	1,646	-41,20	23,667	68,900	+191,13	172,883	136,617	-20,98	5	9	+80,00	23	27	+17,39
СВЕРД	9,740	9,923	+1,88	10,660	3,463	-67,51	2,810	1,638	-41,70	60,900	45,317	-25,59	287,717	227,233	-21,02	8	7	-12,50	24	19	-20,83
Ю-УР	9,740	9,848	+1,11	10,860	7,477	-31,15	2,800	1,503	-46,31	66,167	70,150	+6,02	185,367	132,383	-28,58	11	15	+36,36	34	40	+17,65
З-СИБ	9,670	9,828	+1,63	13,670	14,486	+5,97	2,630	0,884	-66,39	148,850	101,650	-31,71	613,833	515,783	-15,97	21	29	+38,10	50	76	+52,00

Рис. 3. Отчет о выполнении показателей надежности Дирекциями по энергообеспечению

Показатели надежности путевого хозяйства за период с 01.12.2020 по 31.12.2020. Сетевой уровень
(Объекты оценки: все объекты; категория ОТС: 1 и 2 категории)

		ОКТ	КЛНГ	МОСК	ГОРЬК	СЕВ	С-КАВ	Ю-ВОСТ	ПРИВ	КБШ	СВЕРД	Ю-УР	З-СИБ	КРАС	В-СИБ	ЗАБ	ДВОСТ	СЕТЬ
Интенсивность отказов, 1/мес	норм.	5,391780	6,945950	5,444340	5,555300	4,345690	4,241300	5,110000	4,807780	4,396060	4,850120	4,252250	4,182170	2,368850	4,072670	4,091650	3,845640	4,561770
	факт.	0,887379	0,000000	0,475090	0,638309	0,453273	0,039252	0,057719	0,245405	0,669371	1,061108	0,654907	0,717565	0,350538	0,492524	1,217215	0,315519	0,568167
	+/-, %	-83,54	-100	-91,27	-88,51	-89,57	-99,07	-98,87	-94,90	-84,77	-78,12	-84,60	-82,84	-85,20	-87,91	-70,25	-91,80	-87,55
Среднее время до восстановления, ч	норм.	2,88	12,32	2,89	3,13	3,2	3,25	3,3	3,38	3,35	3,09	3,37	3,28	3,89	3,5	3,38	2,73	2,28
	факт.	1,07	0,0	1,05	0,97	1,49	2,22	0,6	1,33	0,62	0,93	1,34	0,78	0,69	5,84	1,19	1,02	1,28
	+/-, %	-62,92	-100	-63,70	-69,05	-53,40	-31,74	-81,80	-60,85	-81,38	-69,92	-60,24	-76,30	-82,36	+66,65	-64,66	-62,78	-44,04
Коэффициент готовности	норм.	0,944500	0,934100	0,944200	0,943500	0,951000	0,951600	0,946300	0,948100	0,950700	0,947900	0,951500	0,952000	0,966500	0,952700	0,952600	0,954200	0,949600
	факт.	0,998704	1,000000	0,999318	0,999154	0,999074	0,999881	0,999953	0,999555	0,999428	0,998651	0,998801	0,999237	0,999670	0,996075	0,998014	0,999561	0,999007
	+/-, %	+5,74	+7,05	+5,84	+5,90	+5,06	+5,07	+5,67	+5,43	+5,13	+5,35	+4,97	+4,96	+3,43	+4,55	+4,77	+4,75	+5,20
Интенсивность опасных отказов, 1/мес		0,126622	0,000000	0,031653	0,049061	0,075482	0,039252	0,000000	0,000000	0,044600	0,000000	0,046728	0,113218	0,140187	0,098138	0,233710	0,000000	0,065608
Количество ОТС		28	0	15	13	12	1	1	4	15	27	14	19	5	10	26	9	199
Потери от ОТС, поездо·час		69,87	0,00	30,30	15,82	70,18	0,00	0,22	6,35	12,60	69,32	27,33	19,77	4,52	74,73	230,73	61,03	692,77
Структурные подразделения (СП)	СП в "красной зоне"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	СП в "оранжевой зоне"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
	СП в "жёлтой зоне"	13	0	10	11	9	1	1	4	8	15	9	13	5	8	10	6	123
	СП в "зелёной зоне"	18	1	21	9	17	24	16	12	14	10	12	13	9	10	9	22	217

СП в "красной зоне" - 3 показателя надежности хуже нормативного
СП в "оранжевой зоне" - 2 показателя надежности из 3 хуже нормативного
СП в "жалтой зоне" - 1 показатель надежности из 3 хуже нормативного
СП в "зеленой зоне" - нет показателей надежности хуже нормативного

Рис. 4. Оценка показателей надежности службами пути и сооружений Дирекций инфраструктуры

По итогам отчетного года нормируемые показатели надежности по методологии УРРАН, утвержденные как целевые на год, следующий за отчетным годом, актуализируются в 1 квартале следующего года.

Целевые нормируемые показатели надежности, рассчитанные в ЕКП УРРАН, являются индикатором эффективности проведенной работы по повышению надежности технических средств и ориентиром при планировании профилактических мероприятий в условиях оптимизации их ресурсного обеспечения.

На рис. 3 и 4 представлены примеры выходных форм оценки выполнения установленных нормируемых показателей надежности в хозяйстве электрификации и электроснабжения и пути и сооружений.

Также в ЕКП УРРАН предусмотрена детализация анализа эксплуатационной надежности в целом по линейным подразделениям (дистанциям пути, дистанциям электроснабжения и т.д.) и непосредственно для отдельных производственных активов (участков пути, контактной сети и т.д.) структурных подразделений.

В зависимости от уровня управления, на котором проводится анализ показателей надежности и безопасности функционирования, он как отдельно, так и в совокупности с оценкой рисков применяется для:

1) выявления наиболее часто отказывающих объектов за определенный период (наработку);

2) ранжирования объектов (активов) при отборе для включения в планы реконструкции и ремонтов (рис. 5). Тут, наряду с показателями надежности, для подтверждения необходимости проведения ремонтов используется оценка остаточного ресурса объекта и выполненная оценка рисков. При этом система определит приоритетность участков, на которых следует проводить ремонт в первую очередь;

3) выявления объектов определенного типа с наименьшей наработкой до/между отказа(ми) (действующих, введенных в эксплуатацию, модернизированных);

Рейтинг участков для назначения ремонтов

Дорога: ГОРЬК | Дистанция: Любая дистанция | Номер пути

год расчета *: 2019

Построить отчёт | в Excel | Печать

Направление	Дистанция	Наименование участка	Номер пути		Расчитанное значение	Присвоенный рейтинг
Москва-Юдино	ПЧ-15 ГОРЬК	БУТЫЛИЦЫ-КОНДАКОВО	1		0,49	2
		ИЛЬИЧЕВ-ТОРФОПРОДУКТ	1		0,49	2
			2		0,49	2
		ТОРФОПРОДУКТ-НЕЧАЕВСКАЯ	2		0,49	2
		БУТЫЛИЦЫ-КОНДАКОВО	2		0,49	2
	ПЧ-17 ГОРЬК	СЕРГАЧ-АНДОСОВО	2		0,48	2
	ПЧ-15 ГОРЬК	АЛФЕРОВО-ДОБРЯТИНО	2		0,48	2
			1		0,48	2
		КОНДАКОВО-МУРОМ I	2		0,48	2
Юдино-Екатеринбург	[illegible]	ДЕРБЫШКИ-КЕНДЕРИ	2		0,47	2

Рис. 5. Ранжирование участков для назначения капитального ремонта

Ведомость оценки интегрального показателя устойчивости функционирования железнодорожной электросвязи

Наименование подразделения	Показатель неготовности объектов железнодорожной электросвязи	Показатель интенсивности отказов объектов железнодорожной электросвязи	Показатель интенсивности предотказов объектов железнодорожной электросвязи	Показатель среднего времени до восстановления объектов железнодорожной электросвязи	Балльная оценка интегрального показателя устойчивости функционирования железнодорожной электросвязи
	K11	K121	K122	K13	B1
По дирекции	20.004375	59.478027	100	81.429565	52
РЦС-1	0.89099985	28.567501	100	1.5256927	54
РЦС-2	41.140522	69.56835	100	100	53
РЦС-3	12.53277	40.315468	68.69776	51.3834	38
РЦС-4	3.1610045	82.8538	96.13721	3.1373253	49
РЦС-5	13.087995	17.127426	100	98.32765	46
РЦС-6	15.977224	32.91246	100	69.13891	53

Ведомость оценки интегрального показателя влияния функционирования железнодорожной электросвязи на перевозочный процесс

Наименование подразделения	Показатель неготовности услуг железнодорожной электросвязи, отказы которых привели к задержкам поездов	Показатель интенсивности отказов услуг железнодорожной электросвязи, приведших к задержкам поездов	Показатель среднего времени до восстановления услуг железнодорожной электросвязи, отказы которых привели к задержкам поездов	Балльная оценка интегрального показателя влияния функционирования железнодорожной электросвязи на перевозочный процесс
	K21	K22	K23	B2
По дирекции	25.030964	8.716195	100	52
РЦС-1	0	0	0	0
РЦС-2	16.518341	2.9053981	100	53
РЦС-3	1.9730561	2.9053981	10.712373	5
РЦС-4	0	0	0	0
РЦС-5	13.665926	2.9053981	100	46
РЦС-6	0	0	0	0

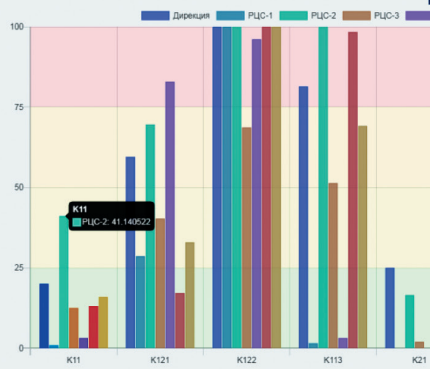


Рис. 6. Оценка влияния структурных подразделений на перевозочный процесс в хозяйстве связи

4) оценки влияния отказов объекта и оперативности их устранения на перевозочный процесс, как в табличном виде, так и в виде графиков (рис. 6);

5) сравнительной оценки эффективности деятельности структурных подразделений (рис. 7).

Оценка рисков в ЕКП УРРАН реализована в соответствии с принципами, изложенными в [4, 8], и представляет собой на выходе матрицу для выбранного вида риска по выбранному объекту оценки (рис. 8) и может быть представлена как для выбранного года, так и в разрезе нескольких лет.

В общем виде ЕКП УРРАН наряду с построением матрицы рисков представляет результат оценки риска в виде рекомендаций по одному из сценариев табл. 2, где $K = 3…15$ – масштабный коэффициент принятой шкалы риска.

4. Перспективы развития ЕКП УРРАН

Как отмечено в [6, 7], перспективным направлением развития проекта УРРАН является разработка системы интеллектуального анализа больших данных на основе технологии Data Science в части построения предиктивных динамических моделей состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава.

Технологии Data Science объединяют в себе работу с большим объемом входных дан-ных для моделирования (т.е. Big Data) и машинное обучение моделей на массиве данных [9, 10, 11]. Результаты такого прогноза будут востребованы в целях гибкого управления ресурсами хозяйствующих филиалов для технического содержания объектов, а также при выработке оперативных мероприятий Ситуационным центром ОАО «РЖД» для

Рейтинг структурных подразделений путевого хозяйства

Дорога: ГОРЬК; Дистанция: Любая дистанция; год расчета *: 2020; период расчета *: год

- Выбрать все
- Балльная оценка безопасности движения поездов (БДД)
- Балльная оценка надёжности в целом (БН)
  - Балльная оценка качества технического содержания ($Б_Х$)
  - Балльная оценка оперативности устранения отказов объектов ВСП ($Б_В$)
  - Балльная оценка влияния на перевозочный процесс ($Б_П$)
- Балльная оценка компетентности персонала (БЧ)

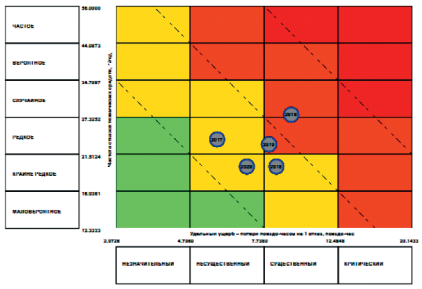
Построить отчёт | в Excel | Печать

№ рейтинга	Период оценки с 01.2020 по 12.2020								
Наименование структурного подразделения	Интегральная балльная оценка, $Б^И$		Балльная оценка безопасности движения поездов, $Б^Д$		Балльная оценка надёжности, $Б^Н$		Балльная оценка компетентности персонала, $Б^Ч$		Место
	кол-во баллов	оценка	кол-во баллов	оценка	кол-во баллов	оценка	кол-во баллов	оценка	
ГОРЬКОВСКАЯ									
ИЧ-4 КАНАШ П ГОРЬК	11,05	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	36,84	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	1
ПЧ-13 ГОРЬК	11,17	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	37,22	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	2
ПЧ-10 ГОРЬК	12,64	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	42,15	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	3
ИЧ-2 НИЖНИЙ НОВГОРОД П ГОРЬК	12,71	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	42,38	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	4
ИЧ-3 МУРАШИ П ГОРЬК	13,14	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	43,79	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	5
ИЧ-5 ИЖЕВСК П ГОРЬК	13,27	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	44,24	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	6
ПЧ-1 ГОРЬК	13,71	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	45,72	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	7
ПЧ-4 ГОРЬК	13,83	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	46,11	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	8
ПЧ-30 ГОРЬК	14,07	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	46,91	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	9
ПЧ-6 ГОРЬК	14,15	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	47,18	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	10
ПЧ-25 ГОРЬК	14,72	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	49,06	ХОРОШО	0	ОТЛИЧНО	11
ПЧ-22 ГОРЬК	15,16	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	50,52	УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	0	ОТЛИЧНО	12
ПЧ-9 ГОРЬК	15,5	ОТЛИЧНО	0	ОТЛИЧНО	51,68	УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	0	ОТЛИЧНО	13

Рис. 7. Сравнительный рейтинг деятельности структурных подразделений хозяйства пути и сооружений по показателям надежности и безопасности функционирования

Наименование риска	Год наблюдения	Количество отказов	Суммарные потери, поездо-часы	Суммарные потери, тыс.руб	Частота возникновения отказов технических средств, 1/год	Величина удельного ущерба (последствий) на один отказ
Задержка поездов	2016	28	259,7833	0,0000	28,0000	9,2780
	2017	24	137,9333	492,8670	24,0000	5,7472
	2018	20	168,7667	600,0767	20,0000	8,4383
	2019	23	184,1500	591,8863	23,0000	8,0065
	2020	20	139,4833	428,7886	20,0000	6,9742

Задержка поездов, Северная дорога, Все дистанции



- 2016 — **Уровень риска для участка в целом на 2016 год:** 259,78 поездо-час/год
  Характеристика риска: риск имеет категорию «нежелательный».
  Рекомендации по принимаемым решениям при управлении техническим содержанием: снижение риска с данным уровнем рекомендуется, но может не выполняться по усмотрению владельца риска, если затраты на снижение риска являются существенными по сравнению с денежным эквивалентом его последствий. Риск может быть снижен путем снижения частоты событий и/или путем снижения удельного уровня последствий. Выполнить анализ отказов. Выполнить анализ работ текущего содержания в рамках ППР.
- 2017 — **Уровень риска для участка в целом на 2017 год:** 137,93 поездо-час/год

Рис. 8. Матрица рисков

Табл. 2. Сценарии принятия решений при оценке рисков

Сравнение коэффициентов	Характеристика	Рекомендации
$R > R_{о.доп}$	Риск имеет уровень выше допустимого.	Снижение риска является необходимым. Риск может быть снижен путем снижения частоты событий и/или путем снижения удельного уровня последствий.
$\frac{R_{о.доп}}{K} < R \le R_{о.доп}$	Риск находится в зоне ALARP, имеет категорию «нежелательный».	Снижение риска с данным уровнем рекомендуется, но может не выполняться по усмотрению владельца риска, если затраты на снижение риска являются существенными по сравнению с денежным эквивалентом его последствий. Риск может быть снижен путем снижения частоты событий и/или путем снижения удельного уровня последствий.
$\frac{R_{о.доп}}{K^2} < R \le \frac{R_{о.доп}}{K}$	Риск находится в зоне ALARP, имеет категорию «допустимый».	Снижение риска с данным уровнем не рекомендуется, но может быть выполнено по усмотрению владельца риска, если затраты на снижение риска не являются существенными по сравнению с денежным эквивалентом его последствий. Риск может быть снижен путем снижения частоты событий и/или путем снижения удельного уровня последствий.
$R \le \frac{R_{о.доп}}{K^2}$	Риск имеет уровень, не принимаемый в расчет.	Снижение риска не требуется. Необходимо проводить мониторинг риска в плановом порядке.

предотвращения нежелательных событий. Таким образом, в перспективе ЕКП УРРАН будет содержать модули, реализующие динамические модели предиктивной аналитики для прогнозирования нежелательных событий на инфраструктуре и подвижном составе, которые могут привести к нарушениям безопасности движения.

Данная технология в ЕКП УРРАН планируется как часть Цифровой платформы управления рисками и безопасностью движения, внедряемой в холдинге «РЖД» (рис. 9).

Выводы

ЕКП УРРАН реализует единое информационное пространство, которое по своей сути является средством поддержки принятия решений для системы управления активами, так как обладает необходимыми нормативно-методическим обеспечением и программно-аппаратными средствами, предназначенными для комплексного управления ресурсами и процессами с целью эффективного предоставления услуг железнодорожного транспорта.

Дальнейшее развитие ЕКП УРРАН в ближайшей перспективе позволит получить на всех уровнях управления компанией эффективный инструмент, позволяющий в условиях ресурсных ограничений обеспечить принятие обоснованных управленческих решений и реализовать рациональное распределение инвестиций.

ЕКП УРРАН – это в свою очередь актив ОАО «РЖД» с фиксированной функциональностью, предназначенный для работы с ним руководителей и специалистов различных подразделений ОАО «РЖД», который может быть реализован как отдельный IT-продукт для создания и внедрения системы управления активами на различных предприятиях железнодорожной отрасли.

Рис. 9. Цифровая платформа управления рисками и безопасностью движения

Библиографический список

1. Замышляев А.М., Шубинский И.Б. Развитие проекта УРРАН – построение системы управления техническими активами // Железнодорожный транспорт. 2019. № 12. С. 19-27.

2. Замышляев А.М. Опыт европейских железнодорожных компаний в управлении надежностью и безопасностью технических активов на основе современных цифровых технологий // Надежность. 2020. № 3. С. 27-3.

3. Гапанович В.А., Шубинский И.Б., Замышляев А.М., Розенберг Е.Н. Система адаптивного управления техническим содержанием инфраструктуры железнодорожного транспорта (проект УРРАН) // Надежность. 2015. № 2. С. 4-13.

4. Гапанович В.А., Шубинский И.Б., Замышляев А.М. Метод оценки рисков системы из разнотипных элементов // Надежность. 2016. № 2. С. 49-53.

5. Шубинский И.Б., Замышляев А.М., Проневич О.Б. Графовый метод оценки производственной безопасности на объектах железнодорожного транспорта // Надежность. 2017. №1. С. 40-55.

6. Замышляев А.М. Предпосылки для создания цифровой системы управления безопасностью движения // Надежность. 2019. № 4. С. 45-52.

7. Замышляев А.М., Шубинский И.Б., Проневич О.Б., Игнатов А.Н., Платонов Е.Н. Применение методов машинного обучения для прогнозирования опасных отказов объектов железнодорожного пути // Надежность. 2020. № 1. С. 44-54.

8. Новожилов Е.О. Принципы построения матрицы рисков // Надежность. 2015. № 3. С. 73-79.

9. A. Núñez, J. Hendriks, Z. Li, B. De Schutter, and R. Dollevoet, “Facilitating maintenance decisions on the Dutch railways using big data: The ABA case study,” presented at the IEEE International Conference on Big Data, Washington, DC, USA, 27-30 October, 2014.

10. F. Cannarile, M. Compare, F. Di Maio, and E. Zio, «A clustering approach for mining reliability big data for asset management,» Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability, vol. 232, no. 2, pp. 140-150, 2018, doi: 10.1177/1748006x17716344

11. A. Thaduri, D. Galar, and U. Kumar, «Railway assets: A potential domain for big data analytics,» Procedia Computer Science, vol. 53, pp. 457-467, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.07.323

Сведения об авторах

Мария Александровна Бубликова – начальник отделения АО «НИИАС», ул. Нижегородская, д. 27, стр.1, Москва, Российская Федерация, 109029; e-mail: m.bublikova@vniias.ru

Иван Павлович Хохлов – начальник отдела АО «НИИАС», ул. Нижегородская, д. 27, стр.1, Москва, Российская Федерация, 109029; e-mail: krupp@bk.ru

Вклад авторов в статью

Автором **Бубликовой М.А.** выполнен анализ проекта УРРАН и перспектив его развития, анализ открытых источников информации о существующих программных продуктах по управлению активами.

Автором **Хохловым И.П.** выполнен анализ функциональности и технических решений автоматизированной системы ЕКР УРРАН, ее применимости в деятельности подразделений ОАО «РЖД».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.