

Результаты внедрения проекта УРРАН



Алексей ЗАМЫШЛЯЕВ

Alexey M. ZAMYSHLIAEV

Оценка результатов опыта управления надежностью, ресурсами, рисками в процессе эксплуатации и содержания железнодорожных технических средств в рамках совместного со структурами ОАО «РЖД» проекта УРРАН («Комплексное управление ресурсами, рисками, анализ надежности на всех этапах жизненного цикла»). Тестирование промежуточных и конечных результатов выполнения заданных целей проводилось в хозяйствах пути, сигнализации и централизации, электрификации и электроснабжения Северной железной дороги в течение 22 месяцев.

Ключевые слова: железная дорога, управление ресурсами, рисками, надежностью, проект, исследования, результаты.

Замышляев Алексей Михайлович — кандидат технических наук, руководитель НТК по системам обеспечения безопасности движения и автоматизации станционных процессов Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»).

Проjekt «Комплексное управление ресурсами, рисками, надежностью на этапах жизненного цикла» (УРРАН) — это создание прогрессивной технологии поддержки принятия управленческих решений по повышению надежности и функциональной безопасности железнодорожного транспорта.

Внедрение проекта началось в 2010 году на полигоне Северной железной дороги под руководством координатора проекта В. А. Гапановича.

Научные исследования по проекту УРРАН проводились специалистами ОАО «НИИАС» в координации с ответственными представителями хозяйств пути, сигнализации и централизации, электрификации и электроснабжения железных дорог.

Тестирование промежуточных и конечных результатов исследований осуществлялось на 261 станции и 288 перегонах, 29 дистанциях пути, а также на дистанциях автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения (в совокупности более 3200 км железной дороги) в течение 22 месяцев.

УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ

Цели тестирования дистанций пути заключались в оценке качества работы

Дистанция пути ПЧ-35 Сиво-Маскинская

Элемент	N	Кпр	Г, млн. т*км брутто/ км	Кол-во отказо в, г	Nз	λз	Tср
Бесстыковой, звеньевой путь, км	160	1,2	13,1	41	189	24,2	294,2
Стрелочный перевод (ЖБ, Д)	36	2,0	11,3	21	69	23,0	43,8
Всего по ПЧ	196	1,3	13	62	258		

$\lambda_{д1}^3 = 25,1$ отказа на 1 млрд т*км брутто
 $T_{ср}^{эд1} = 240,1$ млн т*км брутто

Дистанция пути ПЧ-02 Ярославская

Элемент	N	Кпр	Г, млн. т*км брутто/ км	Кол-во отказо в, г	Nз	λз	Tср
Бесстыковой, звеньевой путь, км	248	0,8	17	42	199	9,8	345,2
Стрелочный перевод (ЖБ, Д)	154	0,9	21	65	203	13,4	43,8
Всего по ПЧ	402	0,8	19	107	324		

$\lambda_{д2}^3 = 9,8$ отказа на 1 млрд т*км брутто
 $T_{ср}^{эд2} = 288,1$ млн т*км брутто

Рис. 1. Результаты оценки эффективности работы двух дистанций пути.

по показателям УРРАН. Результаты оценки по двум дистанциям пути (ПЧ-35 и ПЧ-02) показаны на рис.1. Они свидетельствуют о том, что оценка качества работы по количеству зафиксированных отказов имеет негативные последствия, поскольку, во-первых, не учитывает реальную наработку дистанции пути и, во-вторых, подталкивает работников к занижению количества отказов. В то же время сопоставление результатов производственной деятельности дистанций по эксплуатационным показателям безотказности показывает, что несмотря на большее количество отказов технических средств на дистанции ПЧ-02 (107), чем на дистанции ПЧ-35 (62), качество работы на первой выше, ибо она выполнила больший объем работы и средняя наработка на отказ у нее существенно выше, чем на дистанции ПЧ-35.

Цель тестирования дистанций автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения состоит в масштабной апробации метода управления надежностью объектов этих хозяйств по данным о допустимых, проектных и фактических интенсивностях отказов техники. Суть метода иллюстрирует рис. 2 с шестью сценариями возможных отказных соотношений.

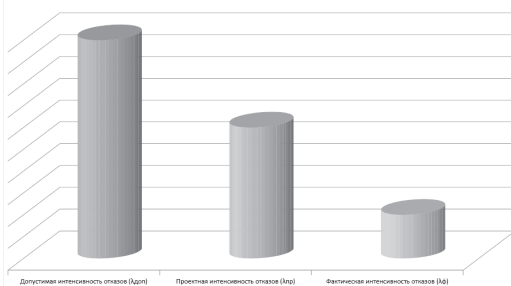
Специалистами хозяйства железнодорожной автоматики и телемеханики ЖАТ, ПКБ ЦШ и Северной железной дороги представлены результаты тести-

рования надежности объектов ЖАТ на станциях и перегонах в течение 2011–2012 годов. Они позволяют выделить объекты, показатели надежности которых не поддерживаются на проектном и даже допустимом уровне.

На рис. 3 приведены диаграммы сценариев принятия решений по управлению надежностью объектов ЖАТ. Из диаграмм следует, что на перегонах в 43% случаях имеет место сценарий 6. Для него характерен вывод, что показатели эксплуатационной надежности поддерживаются на допустимом уровне. При этом проектное значение интенсивности отказов превышает допустимое. Сообразно делается заключение: данные проекта не соответствуют требованиям объекта, необходима корректировка. Вторым по значимости (30% случаев) является сценарий 1. Он идентичен нормальной штатной ситуации. Показатели эксплуатационной надежности объектов ЖАТ поддерживаются на допустимом уровне. Фактическое значение интенсивности отказов не превышает проектного. Близкие результаты тестирования наблюдаются и на диаграммах сценариев принятия решений, полученных для станций.

Наиболее негативные сценарии 4 и 3 объектов ЖАТ (рис. 3) как для станций, так и для перегонов составляют в сумме около 13% и 8% соответственно, что требует пристального внимания адми-



СЦЕНАРИЙ № 1**ХАРАКТЕРИСТИКА:**

Нормальная штатная эксплуатация объекта.

Показатели эксплуатационной надежности объектов ЖАТ поддерживаются на допустимом уровне. При этом фактическое значение интенсивности отказов не превышает проектного значения.

ВЫВОДЫ:

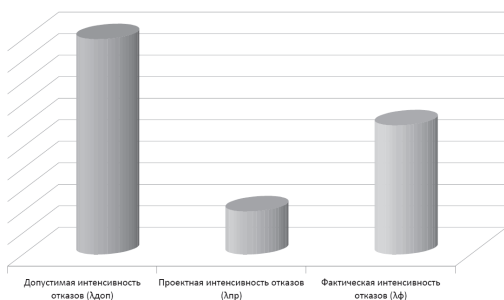
Характеристики проекта соответствуют требованиям объекта.

Техническое содержание соответствует нормам, установленным проектом.

Технические средства обеспечивают установленные проектом нормы по интенсивности отказов.

МЕРОПРИЯТИЯ:

Мониторинг технического состояния объекта ЖАТ в штатном режиме.

СЦЕНАРИЙ № 2**ХАРАКТЕРИСТИКА:**

Показатели эксплуатационной надежности объектов ЖАТ поддерживаются на допустимом уровне. При этом фактическое значение интенсивности отказов превышает проектное значение.

ВЫВОДЫ:

Характеристики проекта соответствуют требованиям объекта.

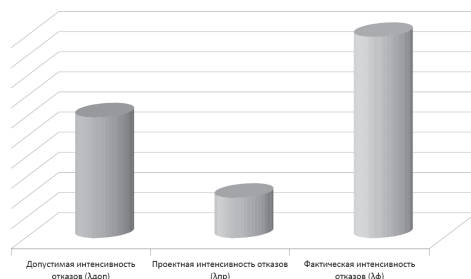
Техническое содержание не соответствует нормам, установленным проектом (и/или).

Технические средства не обеспечивают установленные проектом нормы по интенсивности отказов.

МЕРОПРИЯТИЯ:

Улучшение системы обслуживания технических средств (и/или).

Проверка и корректировка технологического процесса на этапах разработки и производства технических средств.

СЦЕНАРИЙ № 3**ХАРАКТЕРИСТИКА:**

Показатели эксплуатационной надежности объектов ЖАТ не поддерживаются как на допустимом, так и на проектном уровнях. При этом проектное значение интенсивности отказов не превышает допустимого значения.

ВЫВОДЫ:

Характеристики проекта соответствуют требованиям объекта.

Техническое содержание не соответствует нормам, установленным проектом (и/или).

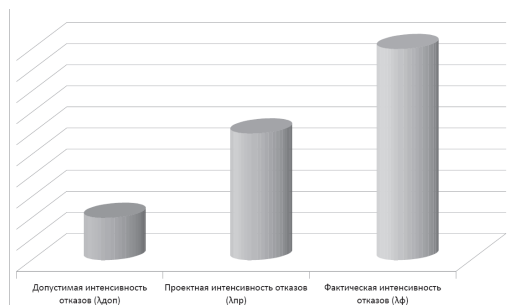
Технические средства не обеспечивают установленные проектом нормы по интенсивности отказов.

МЕРОПРИЯТИЯ:

Существенное улучшение системы обслуживания технических средств (и/или).

Проверка и корректировка технологического процесса на этапах разработки и производства технических средств.

СЦЕНАРИЙ № 4



ХАРАКТЕРИСТИКА:

Показатели эксплуатационной надежности объектов ЖАТ не поддерживаются как на допустимом, так и на проектном уровнях. При этом проектное значение интенсивности отказов превышает допустимое значение.

ВЫВОДЫ:

Характеристики проекта не соответствуют требованиям объекта.

Техническое содержание не соответствует нормам, установленным проектом (и/или).

Технические средства не обеспечивают установленные проектом нормы по интенсивности отказов (и/или).

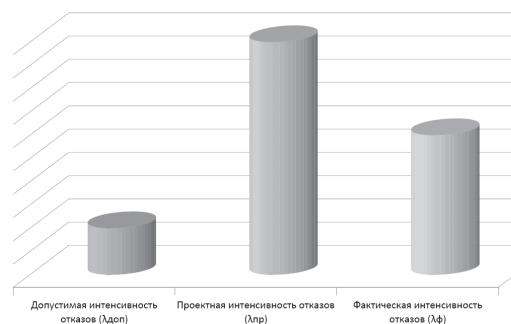
МЕРОПРИЯТИЯ:

Корректировка проекта.

Существенное улучшение системы обслуживания технических средств (и/или).

Проверка и корректировка технологического процесса на этапах разработки и производства технических средств.

СЦЕНАРИЙ № 5



ХАРАКТЕРИСТИКА:

Показатели эксплуатационной надежности объектов ЖАТ не поддерживаются на допустимом уровне. При этом фактическое значение интенсивности отказов не превышает проектного значения.

ВЫВОДЫ:

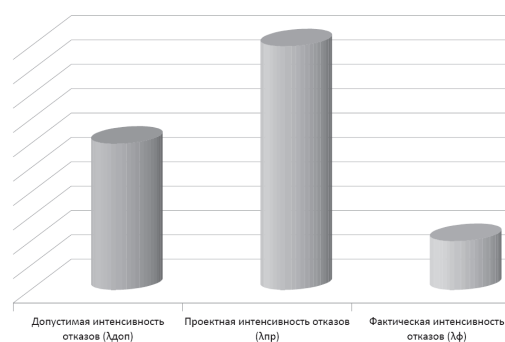
Характеристики проекта не соответствуют требованиям объекта.

Техническое содержание соответствует нормам, установленным проектом.

МЕРОПРИЯТИЯ:

Корректировка проекта

СЦЕНАРИЙ № 6



ХАРАКТЕРИСТИКА:

Показатели эксплуатационной надежности объектов ЖАТ поддерживаются на допустимом уровне. При этом проектное значение интенсивности отказов превышает допустимое значение.

ВЫВОДЫ:

Характеристики проекта не соответствуют требованиям объекта.

Техническое содержание соответствует как нормам, установленным проектом, так и допустимым нормам по интенсивности отказов технических средств.

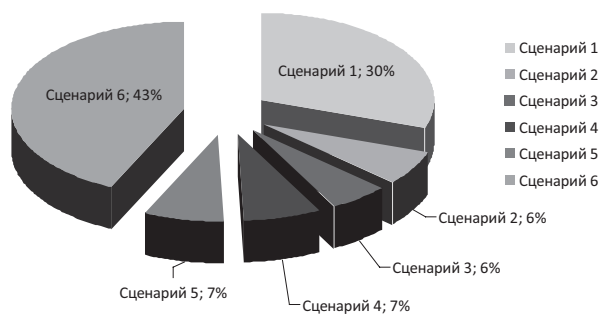
МЕРОПРИЯТИЯ:

Корректировка проекта.

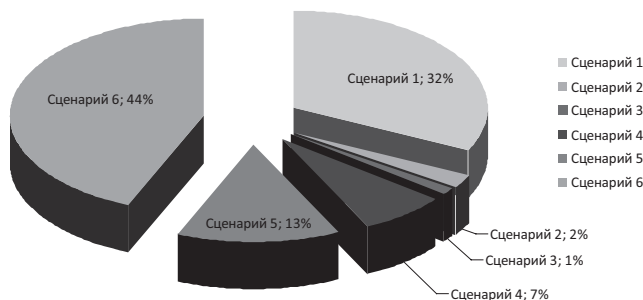
Пощерение эксплуатационного персонала.

Рис. 2. Сценарии соотношения допустимой, проектной и фактической интенсивностей отказов объектов железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) или объектов электрификации и электроснабжения.





а) на перегонах



б) на станциях

Рис. 3. Диаграммы сценариев принятия решений по управлению надежностью объектов ЖАТ на перегонах и станциях Северной железной дороги.

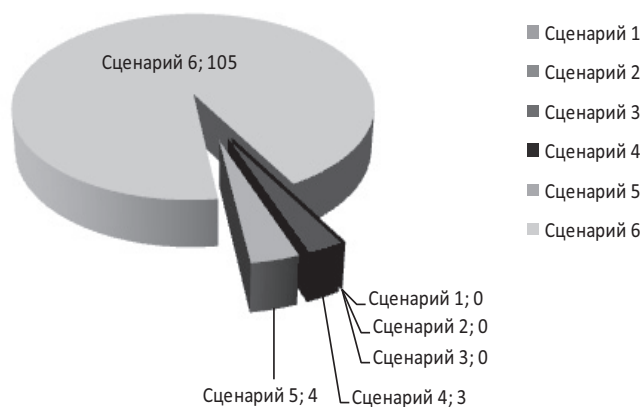
нистрации железной дороги к объектам с такими сценариями.

Аналогичное тестирование только объектов электрификации и электропитания проводилось в течение тех же 2011–2012 годов. Оценке подвергалась контактная сеть. Результаты тестирования, представленные специалистами ПКБ ЦЭ и службы электрификации и электропитания, показаны на рис. 4.

Для контактной сети перегонов в подавляющем большинстве случаев (105 из 112, 94%) выполняется сценарий 6. При нем показатели эксплуатационной надежности объектов поддерживаются на допустимом уровне. Однако проектное значение интенсивности отказов превышает допустимое значение, т. е. характеристики проекта не соответствуют требованиям объекта. Это естественно, поскольку контактная сеть для Северной железной дороги была построена более полувека назад и не была рассчитана на современную интенсивность

движения поездов и их нынешнюю грузонапряженность.

Контактной сети станций в большинстве случаев (86 из 114, 75%) ближе сценарий 1. Он отвечает нормальной штатной эксплуатации. Показатели эксплуатационной надежности объектов поддерживаются на допустимом уровне. Надежность существенной доли станций (24%) соответствует сценарию 2, при котором показатели эксплуатационной надежности тоже находятся на допустимом уровне. При этом фактическое значение интенсивности отказов превышает проектное, а характеристики проекта идентичны требованиям объекта. Однако техническое содержание *не соответствует* нормам, установленным проектом, и/или технические средства *не обеспечивают* проектных норм по интенсивности отказов. Причина — проводимая в последние годы модернизация контактной сети на станциях под перспективные требования по грузонапряженности и интенсивности движения поездов.



а) Контактная сеть перегона



б) Контактная сеть станции

Рис. 4. Диаграммы сценариев принятия решений по управлению надежностью объектов электрификации и электроснабжения на перегонах и станциях Северной железной дороги.

Для реализации новых принципов и методов управления надежностью, разработанных в проекте УРРАН, потребовалось сформировать единые понятия и определения в области эксплуатационной надежности железнодорожного транспорта как для нашей страны, так и Таможенного союза России, Казахстана и Белоруссии. С этой целью подготовлена и проходит стадию согласования окончательная редакция межгосударственного стандарта «Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения».

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

В разработанном национальном стандарте ГОСТ Р 54505-2011 «Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте» содержится ряд базовых положений, в том числе впервые для российских железных

дорог определены типовые тяжести последствий. Проведено масштабное обучение специалистов различных хозяйств ОАО «РЖД», даны рекомендации как пользоваться указанным стандартом. Обеспечено широкое его внедрение в производственную деятельность. Например, оценен риск травматизма людей на пешеходных переходах — на основе теории импульсных потоков установлена средняя частота опасного события при пересечении пешеходом пути на станции или переезде. Учитывается интенсивность и скорость следования поездов, движения пешеходов, ширина защитного расстояния, а также адекватность реагирования человека на предупреждающие сигналы.

Для решения практических задач управления рисками проектом УРРАН предусмотрены методические рекомендации хозяйствам инфраструктуры. Они



содержат схемы организационного взаимодействия. На рис. 5 показана одна из них — для путевого хозяйства.

Аналогичные схемы и методические рекомендации по управлению рисками внедрены в хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики, а схемы управления рисками контактной сети, тяговых подстанций, линий электропередач переданы в пользование хозяйствам электрификации и электроснабжения.

Этапы организации управления рисками:

- бригада по промерам и осмотру участка либо путеизмерители идентифицируют опасность (например, обнаруживается острodefектный рельс). Осмотр выполняется два раза в месяц. При этом заполняются формы ПУ28, ПУ-29 или ПУ-32. Зафиксированные опасности вносятся в специальный журнал учета;
- сведения об обнаруженных опасностях передаются начальнику участка. Он осуществляет дальнейшие действия по оценке риска. В результате анализа строится матрица риска, принимается решение о его допустимости и составляется отчет об оценке риска;
- если по результатам оценки риска он является недопустимым, то формируются указания о действиях, необходимых для снижения потенциальной опасности (например, замена острodefектного рельса);
- действия по снижению риска выполняются (в зависимости от уровня риска) бригадой по планово-предупредительному ремонту и текущему содержанию, либо бригадой по неотложным работам;
- отчет об оценке риска, независимо от категории обнаруженного риска, два раза в месяц направляется начальником участка в техотдел дистанции пути;
- технический отдел дистанции один раз в месяц передает отчеты об оценке риска в техотдел службы пути дороги;
- отчет об оценке риска — при нежелательном или недопустимом уровне опасности — направляется начальником участка диспетчеру дистанции, который, в свою очередь, вручает его диспетчеру службы пути дороги;

- по запросу дирекции инфраструктуры дороги (или по инициативе службы пути) документация по оценке рисков попадает к руководству инфраструктуры;

- технические отделы дистанции и службы пути осуществляют мониторинг риска и при необходимости формируют предложения по пересмотру риска и направляют их начальнику дистанции и начальнику соответствующего участка.

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ

Процесс управления рисками находится в непосредственной связи с управлением расходами на содержание инфраструктуры, что подтверждает следующий пример. Сейчас в путевом хозяйстве капитальный ремонт рельсов проводится в соответствии с назначенным сроком службы. Неэффективность такого подхода в том, что зачастую рельсы заменяются значительно раньше достижения ими предельного состояния. Это приводит к заметным экономическим потерям. Ежегодно протяженность путей с просроченным капитальным ремонтом составляет около 20000 км. При средней стоимости капитального ремонта 1 км 12 млн рублей расходы на его проведение для всех «просроченных» путей — 240 млрд рублей.

Если перейти к подходу, предусматривающему капитальный ремонт по достижении предельного состояния пути, то расходы удасться существенно снизить. Но при этом для оценки самого предельного состояния потребуется выполнить оценку риска нарушения безопасности движения. Как только риск превысит допустимый уровень, путь следует немедленно ремонтировать.

В проекте УПРАН для каждого хозяйства предлагаются способы продления нормированного срока службы технических средств до предельно допустимого состояния или принятия решения об их замене. Продление нормированного срока службы технических средств в хозяйстве пути осуществляется по результатам исследований интенсивности износа и отказов элементов конструкции. С этой целью используют данные путе-

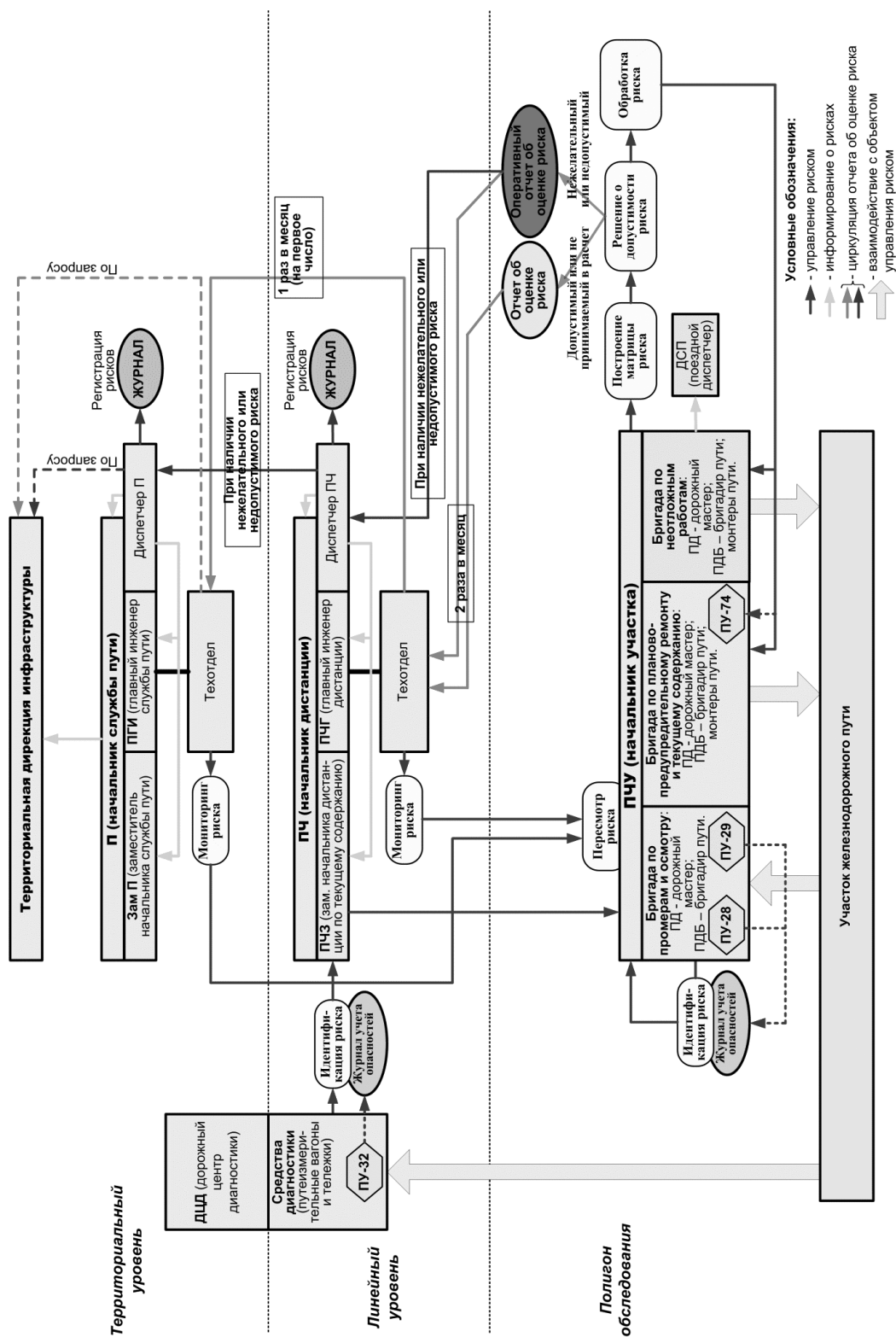


Рис. 5. Схема организационного взаимодействия в процессе управления рисками в путевом хозяйстве.

измерителей и дефектоскопов, натурных осмотров, а также статистические данные об отказах, получаемые из системы КАСАНТ.

Продление срока службы производится на основании оценки рисков. Строится матрица, по вертикальной оси откладываются стандартные четыре уровня риска в соответствии с интенсивностями всех возможных отказов технических средств, включая частичные, которые устанавливаются с помощью диагностики. По горизонтальной оси фиксируются значения наработки объекта, выраженные в объеме перевозимого груза. Если наработка такова, что она превышает срок амортизации или имеет место моральный износ объекта, то производится оценка тяжести последствий в соответствии со стандартом ГОСТ Р 54505-2011 и учетом отказов по классификации системы КАСАНТ. Если не выработан срок амортизации объекта и он морально не устарел, но выработал назначенный срок, то тогда чтобы принять решение о продолжении или прекращении эксплуатации, нужно оценить уровень риска.

При уровне в пределах допустимого риска с помощью назначенной комиссии решается вопрос о продлении срока службы. К условиям продления относятся: результаты оценки ожидаемого времени морального износа, количественный прогноз роста интенсивности отказов, возможные способы контроля безопасности объекта, экономическая целесообразность с учетом поддерживающих новый срок затрат.

Согласно критериям методологии УРРАН, для проведения работ в 2011 году были отобраны 57 перегонов Северной железной дороги общей протяженностью 527,5 км, из них 51 перегон имел превышение контрольного значения по пропущенному тоннажу, 26 — по частоте отказов, 40 — по экономическому показателю.

Одновременно 17 перегонов были включены в планы проведения работ с применением действующих нормативов (ЦПТ-53), а остальные 40 вошли в планы работ только по критериям методологии УРРАН.

Использование критериев УРРАН позволило сохранить в плане работ перегоны, имеющие совокупную частоту отказов на 1 км пути 1,42, что значительно превышает среднее количество отказов по ЦПТ-53—0,48. А среднестатистические прямые расходы на текущее содержание 1 км, пути тех перегонов, которые вошли в план работ по методологии УРРАН, составили 496 тыс. руб., что на 55% выше, чем аналогичный показатель по перегонам из действующего плана.

Прогнозный на 2012 год экономический эффект от реализации плана работ, сформированного по методологии УРРАН, по сравнению с реализацией плана на основе действующего подхода (ЦПТ-53) оценивается в 91 млн рублей. Основным эффектом от использования методологии УРРАН является снижение затрат на текущее содержание пути за счет проведения капитального ремонта на участках, где срок по нормативам еще не наступил, но затраты на текущее содержание превышают контрольные значения экономического критерия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение методологии УРРАН позволяет:

- 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;
- оперативно оценивать риски возникновения опасных ситуаций на железнодорожном транспорте и прогнозировать возможность транспортных происшествий на проблемных участках;
- обеспечивать управление надежностью и безопасностью транспортных систем в условиях неполной и нечеткой информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Patra, A. Maintenance Decision Support Models for Railway Infrastructure using RAMS & LCC Analyses, Division of Operation and Maintenance Engineering, Lulea University of Technology, 2007.

2. Patra, A. RAMS and LCC in Rail Track Maintenance, Division of Operation and Maintenance Engineering, Lulea University of Technology, 2009.

3. ГОСТ Р 54505–2011. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте.

4. Шубинский И. Б. Структурная надежность информационных систем. Методы анализа // Журнал «Надежность», 2012.

5. Шубинский И. Б. Функциональная надежность информационных систем. Методы анализа // Журнал «Надежность», 2012.

RESULTS OF IMPLEMENTATION OF THE PROJECT OF INTEGRATED MANAGEMENT OF RESOURCES, RISKS, RELIABILITY ANALYSIS AT ALL THE STAGES OF LIFE-CYCLE (URRAN)

Zamyshliaev, Alexey M. – Ph.D. (Tech), head of research and technical commission on the traffic safety systems and automation of railway station processes of Research & Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport (JSC NIILAS), a branch company of JSC Russian Railways, Moscow, Russia.

The system of Integrated Management of Resources, Risks, Reliability Analysis at all the Stages of Life-Cycle (the short name URRAN is due to abbreviation of Russian spelled project title) has been developed by Research & Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport (JSC NIILAS) in cooperation with its parent company JSC Russian Railways and other partners in order to create a modern technology of support of decision-making in the sphere of reliability and operation safety of railways. The project implementation started in 2010 at the Severnaya (Northern) railway, a regional subsidiary to JSC Russian Railways, under the coordination of Russian Railways senior vice-president Valentine Gapanovich. The previous researches were held by JSC NIILAS together with the officials of different functional divisions of Russian Railways particularly representing track, signalling and interlocker, automatic devices and teleautomatics, electrification and power supply divisions.

Testings of intermediary and final results of researches were organized at 261 stations, 288 stages, 29 permanent way divisions, as well as at different teleautomatics, electrification and power supply divisions. More than 3200 km of tracks were used for testing during 22 months.

The track divisions were tested in order to assess the quality of operations in conformity with URRAN indices, which go beyond the statistics of failures. The results and conclusions of assessments with URRAN methods are shown on the charts.

The teleautomatics divisions tested URRAN system by assessing reliability of automatic devices.

The system allows identifying the devices with reliability indices below primarily designed and even allowed levels. The same tests were held in electrification and power supply division to verify aerial contact network.

The risk management segment was aimed at creating national standard «Functional safety. Risk management at railways», at staff and workforce training, at exact assessment of actual risks like violation by pedestrians of the rules of track crossing, at engineering of the processes of interaction of different corporate divisions.

Traditionally the repairs of track infrastructure are scheduled in conformity with initially determined terms and periods of operation regardless of the actual conditions. The resources segment of the URRAN system is engineered from behalf another approach that permits to save important resources. Major repairs are held when the track achieves a «limit» condition. To assess the rate of «limit» condition the system evaluates the risks of traffic safety violations (depending on the aspects, specific for every railway technical division).

The URRAN testing implementation has resulted in considerable reduction of track maintenance costs. For instance the major repairs are held at the track divisions where rails can still be used, if one sees standard period of exploitation, but where current operational costs are higher than the critical rates of economic criterion.

The URRAN system gives the possibility to determine the track divisions which need repairs the most and to rationally distribute financial resources, to assess the risks of accidents at given divisions, ensure safety control even if the information is incomplete.

Key words: railway, resources management, risk management, reliability management, safety, project, research, results

REFERENCES

1. Patra, A. Maintenance Decision Support Models for Railway Infrastructure using RAMS & LCC Analyses, Division of Operation and Maintenance Engineering, Lulea University of Technology, 2007.

2. Patra, A. RAMS and LCC in Rail Track Maintenance, Division of Operation and Maintenance Engineering, Lulea University of Technology, 2009.

3. State Standard R 54505–2011. Functional Safety. Risk Management at Railways.

4. Shubinsky, I. B. Structural Reliability of Information Systems. Methods of Analysis [*Strukturnaya nadezhnost informatsionnyh system. Metody analiza*]. «Journal Nadezhnost» LLC, 2012.

5. Shubinsky, I. B. Functional Reliability of Information Systems. Methods of Analysis [*Funktsionalnaya nadezhnost informatsionnyh system. Metody analiza*]. «Journal Nadezhnost» LLC, 2012.

Координаты автора (contact information): Замышляев А. М. (Zamyshliaev, Alexey M.) – a.zamyshliaev@gismps.ru.

Статья поступила в редакцию / received 10.10.2012

Принята к публикации / accepted 23.11.2012

