



**Инв. №299113**

**Тематическая подборка**

**Использование методологии УРРАН**

Заинтересовавшую информацию можно запросить в отделе НТИ ЗСЦНТИБ по телефонам:

2-29-52 - Справочно-информационный фонд

2-82-35 - Ведущий инженер Шейн Наталья Владимировна

(адрес э/почты: SheinNV@wsr.rzd)

План рассылки: Д, ДПМ, ДРП, П, Т, ТР, ДМВ, Ш, Э, ДЭЗ, В, ВРК, НС, НКИ, ИВЦ, ФПК, ДМ, ДАВС, ДТВ, ДИ, ЗСЦНТИБ-1 экз., НТИРег.-1,2,3 – 3 экз.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>1. Система УРРАН. Универсальный инструмент поддержки принятия решений.</b> / В.А.Гапанович //Железнодорожный транспорт.- 2012.- №10.- С.16-22.....	2
<b>2. Внедрение системы УРРАН на полигоне Северной магистрали.</b> /С.А.Альмеев // Железнодорожный транспорт.- 2012.- №10.- С.29-33.....	10
<b>3. Применение методологии УРРАН для определения целесообразности продления срока службы несущего троса контактной подвески.</b> /А.А.Ковалев // Наука и транспорт.- 2013.- №2.- С.24-28.....	15
<b>4. Экономические критерии принятия решений.</b> /Е.Н.Розенберг, М.Ю.Рачковский, М.С.Никифорова // Железнодорожный транспорт.- 2012.- №10.- С.34-36.....	20
<b>5. На основе коэффициента простоя.</b> /И.Б.Шубинский, А.О.Ермаков, Е.О.Новожилов // Железнодорожный транспорт.- 2012.- №10.- С.36-41.....	22
<b>6. Создание АС УРРАН.</b> /И.Н.Розенберг, А.М.Замышляев, С.В.Калинин // Железнодорожный транспорт.- 2012.- №10.- С.41-44.....	27
<b>7. Экономические критерии принятия решений о замене основных средств на основе методологии УРРАН.</b> /А.М.Замышляев, М.Ю.Рачковский, М.С.Никифоров // Экономика железных дорог.- 2012.- №12.- С.11-22.....	31
<b>8. Применение методики УРРАН при формировании требований к устройствам.</b> /В.В.Анюшкин //АСИ.- 2013.- №10.- 2-4.....	42
<b>9. Аспекты внедрения методологии управления рисками в проектах и операционной деятельности и применение программного обеспечения.</b> /Д.Динцис //Высокие технологии бизнеса. Connect! Мир информации.- 2012.- №1-2.- С.36-38.	45
<b>10. На основе оптимизации стоимости жизненного цикла.</b> / В.А.Гапанович // Железнодорожный транспорт.- 2013.- №6.- С.26-34.....	49
<b>11. Методология анализа работы структурных подразделений.</b> /В.А.Гапанович, Б.Ф.Безродный, А.В.Горелик, Д.В.Шалягин //АСИ.- 2013.- №1.- С.2-5.....	58
<b>12. Реализация стратегии обеспечения безопасности перевозочного процесса.</b> /Е.Н.Розенберг //АСИ.- 2014.- №1.- С.6-9.....	64
<b>13. Основные научные и практические результаты разработки системы УРРАН.</b> /И.Б.Шубинский, А.М.Замышляев // Железнодорожный транспорт.- 2012.- №10.- С.23-28.....	68
<b>14. О внедрении методологии УРРАН для искусственных сооружений.</b> /С.А.Бокарев, С.С.Прибытков //Путь и путевое хозяйство.- 2013.- №8.- С.25-27.....	74
<b>15. Система УРРАН в путевом хозяйстве.</b> / А.Г.Акопян, И.К.Михалкин, О.Б.Симанков // Железнодорожный транспорт.- 2012.- №10.- С.45-48.....	78
<b>16. Новый подход к планированию путевых работ.</b> /В.М.Ермаков // Железнодорожный транспорт.- 2012.- №10.- С.49-50.....	82
<b>17. Матрица экономии.</b> (В ОАО «РЖД» кардинально изменятся требования к продукции, работам и услугам) //Гудок.- Выпуск №154.- 02.09.2013г.....	85
<b>18. Повторение пройденного.</b> (В августе в режиме видеоконференции состоялось совещание по вопросу внедрения методологии управления ресурсами, рисками и надежностью объектов железнодорожного транспорта на всех стадиях жизненного цикла (УРРАН)) //Железнодорожник Приволжья.- 27.09.2013г.....	87
<b>19. Приоритетная задача специалистов отрасли.</b> //Евразия Вести.- Декабрь 2013г.	88
<b>20. Комплексный подход к мониторингу железнодорожной инфраструктуры на основе технологии УРРАН</b> (Вопросам комплексного подхода к мониторингу железнодорожной инфраструктуры на основе технологии УРРАН) // Евразия Вести.- Декабрь 2013г.....	96
<b>21. Построение системы управления рисками в ОАО «РЖД» на базе платформы SAS.</b> / А.М.Замышляев, Е.В.Синицина //Презентация ОАО НИИАС.- 13.10.2011г.....	102

# СИСТЕМА УРРАН

## УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ, РИСКАМИ И НАДЕЖНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА



**В.А. ГАПАНОВИЧ,**  
старший вице-президент  
ОАО «РЖД», кандидат  
технических наук

Доля стоимости основных фондов инфраструктуры составляет более 60% общей стоимости основных средств ОАО «РЖД», а на эксплуатационные затраты на объекты инфраструктуры приходится 35% общего объема затрат. Оптимизация расходов на содержание инфраструктуры в условиях ограниченности средств стала одной из ключевых задач компании. С этой целью в ОАО «РЖД» создана собственная уникальная методология управления надежностью, безопасностью, рисками, затратами с учетом аспектов долговечности и человеческого фактора, получившая название УРРАН. Она превосходит подобные системы, используемые на передовых железных дорогах зарубежных стран, и не имеет аналогов в мире. В опубликованной в этом номере подборке статей, посвященных системе УРРАН, приведены основные сведения о новой методологии, описан опыт практического внедрения и пилотной эксплуатации на Северной железной дороге.

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В КОМПАНИИ с 2010 г. внедряется идеология управления стоимостью жизненного цикла на этапе эксплуатации объектов железнодорожного транспорта. В этой связи возникла задача разработки аппаратно-программных комплексов для поддержки принятия решений при организации перевозочного процесса, и в частности — при содержании объектов инфраструктуры.

В европейских странах эта задача решается на основе методологии обеспечения безотказности (Reliability), готовности (Availability), ремонтпригодности (Maintainability), и безопасности (Safety) на железнодорожном транспорте - RAMS, которая нормативно определена стандартом EN 50126. Однако она не в полной мере решает задачи управления надежностью, безопасностью, ресурсами и не охватывает аспекты долговечности, предусмотренные отечественными стандартами. Кроме того, RAMS практически не рассматривает человеческий фактор и не затрагивает проблемы управления затратами на содержание и модернизацию объектов инфраструктуры на этапах жизненного цикла.

Поэтому потребовалось трансформировать подходы методологии RAMS в систему управления ресурсами, рисками и надежностью объектов железнодорожного транспорта на этапах жизненного цикла — систему УР-

РАН (рис. 1). Один из ее важнейших аспектов — технология управления рисками, которая впервые для железнодорожного транспорта определена ГОСТ Р 54505-2011 «Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте».

Железнодорожный транспорт, как и любая сложная система, при осуществлении своей деятельности неизбежно сталкивается с неопределенностью или риском. Выполнение двух условий — возможности проявления нежелательного события и восприимчивости объекта к его влиянию — является достаточным основанием для признания факта существования риска. При этом риск оценивают как сочетание вероятности возникновения нежелательного события и его возможных последствий.

Неконтролируемые риски могут приводить к незапланированным эксплуатационным расходам, причинению вреда людям, окружающей среде, имуществу и другим негативным последствиям, что отрицательно сказывается на операционных показателях ОАО «РЖД». В этой связи одной из ключевых задач, решаемых при внедрении системы УРРАН, является реализация системы управления рисками на железнодорожном транспорте. Она имеет своей целью достижение такого состояния железнодорожного транспорта, при котором риски причинения вреда людям и окружаю-

Рис. 1. Комплексное управление ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта



щей среде, экономических потерь, нанесения ущерба инфраструктуре и подвижному составу снижены до приемлемого уровня. Именно снижены, а не исключены, поскольку полное исключение риска невозможно.

Процесс управления рисками предусматривает идентификацию опасностей, определение частоты и последствий опасных событий, оценивание риска, его обработку и мониторинг. В общем понимании управление риском представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых шагов, конечной целью применения которых является минимизация риска. Для решения проблемы минимизации риска необходимы подходы, учитывающие множество характеристик процессов, происходящих в сложной системе. Такие подходы заложены в системе УРРАН. Некоторые ее ключевые показатели показаны в табл. 1.

Для определения частоты возникновения события на железнодорожном транспорте используются:

- оценка частоты возникновения определенного события в прошлом на основе статистических данных (данные, накопленные за некоторый период эксплуатации рассматриваемого объекта инфраструктуры или подвижного состава, содержащиеся в АСУ хозяйств отрасли или АС РБ) и прогнозирование частоты, с ко-

торой это событие станет возникать в будущем;

оценка частоты возникновения определенного события на основе данных об отказах технических средств (данные, содержащиеся в системе КАС АНТ), произошедших за определенный период времени и приходящихся на единицу измерения эксплуатационной работы по каждому хозяйству железнодорожного транспорта;

- прогнозирование частот событий с использованием анализа диаграммы возможных отказов объекта инфраструктуры или подвижного состава (анализ «дерева отказов» — FTA) и анализ диаграммы возможных последствий определенного отказа («дерева событий» — ETA);

- оценка на основе показателей эксплуатационной надежности и безопасности функционирования для железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава пассажирских и грузовых перевозок со скоростями движения до 160 км/ч и для высокоскоростного движения;

- оценка на основе мнения экспертов. При проведении экспертных оценок следует учитывать любую доступную информацию об объекте инфраструктуры или подвижного состава: статистическую, экспериментальную, конструктивную и др.

Таблица 1

Наименование показателя	Физический смысл	Обозначение	Уровень управления	Функции показателя
<b>Показатели безотказности</b>				
Интенсивность отказов	Количество отказов объекта за пропущенный тоннаж или за интервал наблюдения	$\lambda^{\text{Э}}$ [1/млрд.т.брутто] [1/ч]	Центральный ЦП, ЦЭ, ЦШ Территориальный П,Э, Ш Линейный	1) Выявление наиболее часто отказывающихся объектов за пропущенный тоннаж или за интервал наблюдения. 2) Оценка правильности выбора на этапе проектирования конструкций, устройств и материалов, подтверждение потребительских свойств продукции. 3) Сравнительная оценка эффективности деятельности подразделений
Интенсивность предотказов	Количество предотказных состояний (отступлений) объекта за пропущенный тоннаж или за время работы	$\lambda_0$ [1/млрд.т.брутто] [ч]	Территориальный П,Э, Ш Линейный ПЧ, ЭЧ, ШЧ	1) Выявление накопления предотказов (дефектов) объекта за пропущенный тоннаж или за время работы. 2) Эффективность назначения соответствующих видов ремонта.
Интенсивность использования резерва	Количество переключений на резерв за объем переработанной электроэнергии тяговой подстанцией	$\lambda_p$ [1/млн.кВт·ч]	Линейный ЭЧ	1) Выявление наименее надежных объектов при использовании резервирования. 2) Эффективность назначения соответствующих видов ремонта.
<b>Показатели долговечности</b>				
Средний ресурс	Фактический пропущенный тоннаж за срок службы или фактический срок службы	$X_{\text{рес}}$ [млрд.т.брутто] [ч]	Центральный ЦП, ЦЭ, ЦШ Территориальный П,Э, Ш	1) Оценка исполнения нормативного пропущенного тоннажа за назначенный срок службы или фактический срок службы. 2) Продление назначенного срока службы
<b>Показатели готовности</b>				
Кoeffициент простоя	Отношение времени простоя объекта по причине отказа к общему времени наблюдения	$K_{\text{П}}$	Центральный ЦП, ЦЭ, ЦШ Территориальный П,Э, Ш	Оценка влияния отказов объекта и оперативности их устранения на перевозочный процесс
<b>Показатели ремонтпригодности</b>				
Среднее время до восстановления	Среднее время устранения отказа	$T_B$ [ч]	Территориальный П,Э, Ш Линейный	1) Оценка оперативности реагирования и устранения отказов. 2) Оценка технической оснащенности и кадрового состава подразделения на соответствие требованиям технологии технического содержания. 3) Сравнительная оценка эффективности деятельности подразделений
<b>Показатели безопасности функционирования</b>				
Интенсивность опасных отказов	Количество опасных отказов за пропущенный тоннаж или за интервал наблюдения или за количество переработанной электроэнергии	$\lambda_{\text{оп}}$ [1/млрд.т.брутто] [1/ч] [1/млн.кВт·ч]	Территориальный П,Э, Ш	Выявление наиболее опасных объектов.
Средняя наработка на опасный отказ	Средний пропущенный тоннаж между двумя последовательными опасными отказами или среднее время работы между двумя последовательными опасными отказами или среднее количество переработанной электроэнергии между двумя последовательными опасными отказами	$X_{\text{ог}}$ [млрд.т.брутто] [1/ч] [1/млн.кВт·ч]	Территориальный П,Э, Ш	Выявление объектов с наименьшим пропущенным тоннажем между опасными отказами или средним временем работы между двумя последовательными опасными отказами или средним количеством переработанной электроэнергии между двумя последовательными опасными отказами

Полученные оценки частот возникновения событий соотносят с заданными уровнями частот. Используемые в ОАО «РЖД» типовые уровни частот и их характеристики представлены в табл. 2.

Анализ последствий предусматривает оценку результатов воздействия нежелательного события на людей, имущество и окружающую среду. Он включает: выбор опасных событий по результатам предварительного

анализа опасностей (РНА); описание всех последствий, являющихся результатом опасных событий, и рассмотрение мероприятий, направленных на смягчение последствий, наряду со всеми соответствующими условиями, оказывающими влияние на последствия. При этом рассматриваются последствия, которые могут проявиться через определенный период времени, если это не противоречит области применения анализа риска, а также вторичные

Таблица 2

Частота событий	Описание
Частое	Вероятность частого возникновения. Постоянное наличие опасности
Вероятное	Неоднократное возникновение. Ожидается частое возникновение опасного события
Случайное	Вероятность неоднократного возникновения. Ожидается неоднократное возникновение опасного события
Редкое	Вероятность того, что событие будет иногда возникать на протяжении жизненного цикла объекта. Обоснованное ожидание возникновения опасного события
Крайне редкое	Вероятность возникновения маловероятна, но возможна. Можно предположить, что опасное событие может возникнуть в исключительном случае
Маловероятное	Вероятность возникновения крайне маловероятна. Можно предположить, что опасное событие не возникнет

последствия, распространяющиеся на смежные объекты инфраструктуры или подвижного состава.

Анализ последствий может быть выполнен в виде как простого описания результатов, так и детального количественного моделирования. Последствия возникновения событий соотносят с заданными уровнями их тяжести. Типовые уровни тяжести последствий, предложенные к использованию в ОАО «РЖД», приведены в табл. 3.

Следует принимать во внимание, что в таких сложных системах, как железнодорожный транспорт, проявления большинства нежелательных событий не ограничиваются каким-либо одним видом риска. Одни и те же события могут приводить к любому сочетанию индивидуального, социального, экологического, технического и экономического рисков. Так, при крушении поездов могут пострадать персонал (индивидуальный риск), окружающее население (социальный риск), подвижной состав и инфраструктура (технический риск), имущество компании и сторонних лиц (экономический риск), а также могут произойти загрязнение окружающей среды и возгорание лесов (экологический риск).

При реализации системы управления рисками на начальном этапе проводится идентификация всех возможных опасностей, как правило, с использованием экспертных методов. Далее формируется перечень рисков и задаются их приемлемые уровни на основе действующих нормативных документов или статистических данных о частоте опасных со-

бытий и причиненном ими ущербе за предшествующий период. Здесь также возможно применение экспертных методов.

Критерии приемлемого риска обычно основываются на эксплуатационных, технических, экономических, нормативно-правовых, социальных или экологических факторах или их комбинации. В методологии УРРА в качестве основного критерия приемлемости рисков используется применяемый в Великобритании принцип ALARP, согласно которому приемлемым считается риск настолько низкий, насколько это в разумной мере оправданно исходя из ресурсов компании.

На основе статистических данных об опасных событиях по объектам инфраструктуры и подвижного состава, получаемых из автоматизированных систем КАС АНТ и АС РБ. в АС УРРА рассчитываются оценки соответствующих рисков. Риск оценивается как комбинация двух составляющих — частоты возникновения и последствий, а затем сравнивается с приемлемым для своего вида уровнем. Результаты оценки представляются в форме матриц риска. Далее требуются принятие ответственного решения об обработке риска в зависимости от его значимости и определение порядка финансирования и реализации требуемых мер по обработке риска. Важная особенность процесса управления рисками состоит в необходимости принятия верных управленческих решений, учитывающих множество неопределенностей и их влияние на достижение поставленных целей в деятельности ОАО «РЖД».

Уровни тяжести последствий	Последствия по рискам	
	внутренним	внешним
Катастрофический (крушения)	Гибель одного или более человек или тяжкие телесные повреждения пяти или более человек, связанных с функционированием железнодорожного транспорта, или повреждение объекта подвижного состава до степени исключения из инвентарного парка или причинение ущерба объекту инфраструктуры в размере более 5000 минимальных размеров оплаты труда (МРОТ)	Гибель одного или более человек или тяжкие телесные повреждения пяти или более человек, связанных с функционированием железнодорожного транспорта, или причинение ущерба для окружающей среды, вызвавшего чрезвычайную ситуацию федерального или межрегионального характера
Критический (события 1 категории)	Причинение тяжких телесных повреждений до пяти человек, связанных с функционированием железнодорожного транспорта. Гибель одного человека или причинение тяжких телесных повреждений одному или более человек в результате умышленных или неосторожных действий самого пострадавшего или других лиц, не связанных с функционированием железнодорожного транспорта. или повреждение объекта подвижного состава, требующее проведения капитального ремонта для восстановления его работоспособности или причинение ущерба объекту инфраструктуры в размере от 1500 до 5000 МРОТ или полная утрата груза	Тяжкие телесные повреждения до пяти человек, связанных с функционированием железнодорожного транспорта. Гибель или тяжкие телесные повреждения одного или более человек в результате умышленных или неосторожных действий самого пострадавшего или других лиц, не связанных с функционированием железнодорожного транспорта, или причинение ущерба для окружающей среды, вызвавшего чрезвычайную ситуацию регионального или межмуниципального характера
Несущественный (событие 2 категории)	Причинение вреда здоровью средней тяжести или повреждение объекта подвижного состава, требующее проведения среднего или деповского ремонта для восстановления его работоспособности, или причинение ущерба объекту инфраструктуры в размере от 500 до 1500 МРОТ или частичная утрата груза	Причинение вреда здоровью средней тяжести или возникновение угрозы для окружающей среды, вызвавшей чрезвычайную ситуацию муниципального или локального характера
Незначительный (отказы технических средств и нарушения технологии, не приведшие к крушениям и событиям 1,2 категории)	Причинение легкого вреда здоровью или повреждение объекта подвижного состава, требующее проведения текущего ремонта для восстановления его работоспособности, или причинение ущерба объекту инфраструктуры в размере менее 500 МРОТ	

При сравнении рисков, связанных с различными нежелательными событиями, выработке рациональных мер защиты, расчете предотвращенного в результате принятых мер ущерба и оценке экономической эффективности мер по минимизации риска все составляющие ущерба целесообразно оценивать в одинако-

вых единицах — в стоимостном выражении (в форме убытков, потерь).

На практике широко применяются следующие варианты мер по обработке риска: предотвращение, перенос, снижение и принятие риска. С точки зрения минимизации риска представляют интерес первые три варианта. Основным



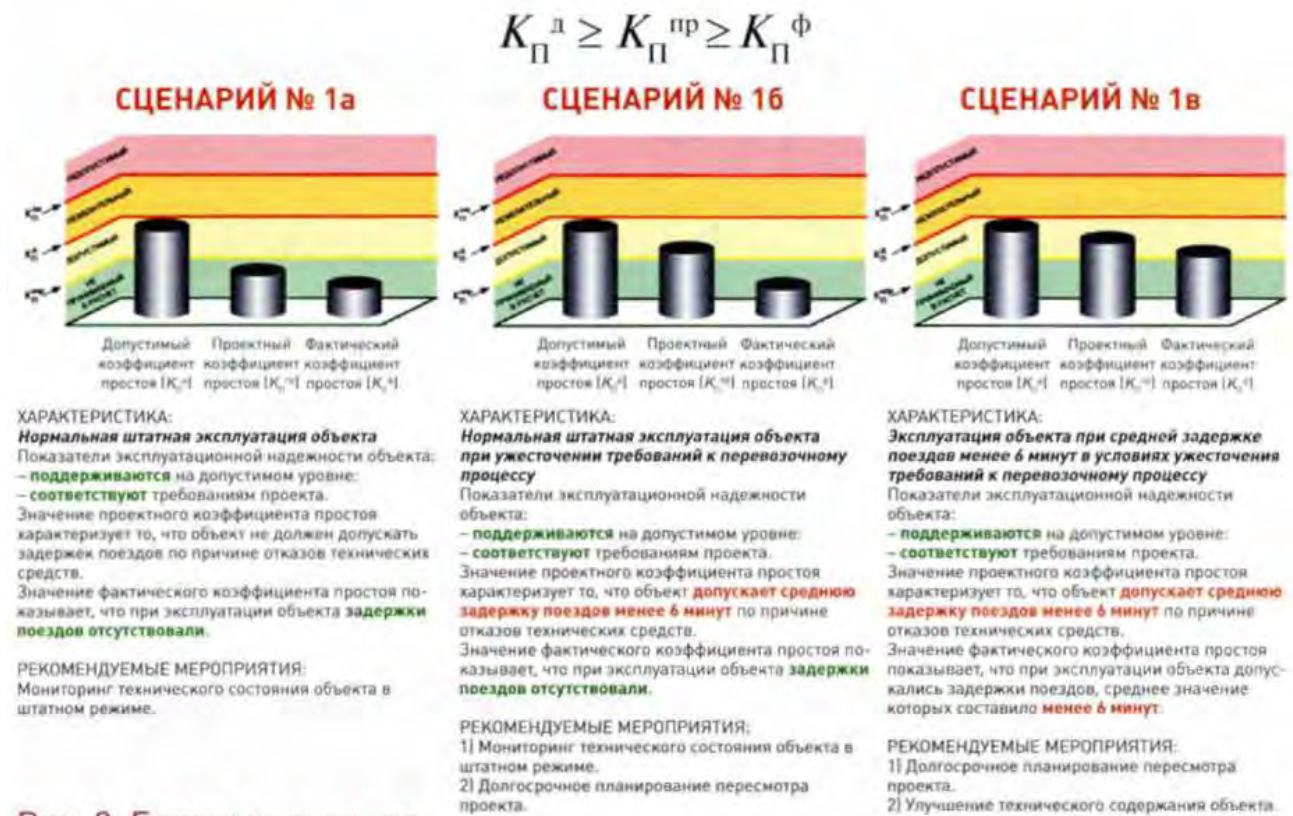


Рис. 2. Группа сценариев

и наиболее применимым для объектов инфраструктуры методом обработки риска является снижение риска. При этом внедрение средств контроля опасных отказов и других нежелательных событий позволяет снизить частоту их возникновения или размер возможных последствий, таким образом, минимизируя контролируемый риск.

Например, последствия отказа тормозной системы поезда могут привести к многочисленным жертвам, причинению существенного вреда экологии и имуществу. Уменьшить размер последствий такого опасного отказа практически невозможно. Но применение эффективных средств технического контроля позволит значительно снизить частоту возникновения опасности, вследствие чего риск будет минимизирован.

Риски, связанные с объектами инфраструктуры, определяются составляющими, вносимыми на различных стадиях жизненного цикла объектов. Например, риск нарушения безопасности движения поездов из-за отказов технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) зависит от трех основных составляющих интенсивности от-

казов оборудования: допустимой, проектной и фактической. Допустимая интенсивность отказов устанавливается требованиями перевозочного процесса при обеспечении безопасности движения поездов, проектная характеризует систему в процессе создания, на таких этапах жизненного цикла, как разработка, проектирование и производство, а фактическая соответствует показателям отказов на этапе эксплуатации объекта ЖАТ.

Задача службы эксплуатации -обеспечить, чтобы фактическая интенсивность отказов не превышала допустимую, тогда риск нарушения безопасности движения будет приемлемым. В этом случае, в зависимости от значения проектной интенсивности отказов, возможны три сценария (рис. 2). По первому проектная интенсивность отказов находится между допустимой и фактической. Этот сценарий соответствует нормальным условиям эксплуатации систем ЖАТ и минимальному риску, т.е. уровни риска на этапах разработки, проектирования, производства и эксплуатации не превышают допустимых значений. По второму сценарию проектная интенсивность отказов меньше как фактической, так и допустимой. Из этого следует, что значительные уровни риска обусловлены ошибками на этапах производства и эксплуатации. Третий

сценарий возникает, когда проектная интенсивность отказов превышает и фактическую, и допустимую. Такой случай означает, что повышенный уровень риска обусловлен ошибками на этапе проектирования. Удельный вес этих сценариев по объектам, к примеру ЖАТ Северной железной дороги, составляет 32, 2 и 44% соответственно; в остальных случаях имеют место другие сценарии. Значит, в первую очередь следует обратить внимание на соответствие требованиям показателей интенсивности отказов на этапе проектирования.

Приведенный пример иллюстрирует возможность выявления таких стадий жизненного цикла

объекта инфраструктуры, на которых требуется минимизация рисков для обеспечения заданных показателей.

Процесс управления рисками находится в непосредственной связи с управлением расходами на содержание инфраструктуры. Продление срока службы сложных технических систем определяется по результатам инструментальной диагностики фактического состояния объекта. Окончательное решение о продлении срока службы принимается на основе анализа зависимости показателя надежности технических систем от времени эксплуатации

или выполненной работы, выраженной в физических величинах (рис. 3). Интервал времени, на который продлевается срок службы технических систем, определяется точками пересечения графика с ординатой «назначенного срока» на допустимом уровне риска и границы «красной зоны» недопустимого риска.

В настоящее время в путевом хозяйстве капитальный ремонт рельсов проводится в соответствии с назначенным сроком службы. Неэффективность такого подхода заключается в том, что зачастую рельсы заменяются значительно раньше достижения ими предельного состояния. Это приводит к значительным экономическим потерям. Ежегодно протяженность путей, просроченных капитальным ремонтом, составляет около 20 000 км. При средней стоимости капитального ремонта одного километра пути 12 млн. руб. расходы на проведение капитального ремонта этих путей составят 240 млрд. руб. Если перейти к подходу, предусматривающему капитальный ремонт по достижении предельного состояния пути, то расходы удастся существенно снизить. Но при этом для оценки достижения предельного состояния пути потребуется выполнить оценку риска нарушения безопас

Рис. 3. Управление надежностью сложной технической системы (объекта) железнодорожного транспорта на этапе жизненного цикла «Эксплуатация»



ности движения. Как только риск превысит допустимый уровень, путь следует немедленно ремонтировать. Проведение капитального ремонта пути при достижении предельного состояния позволит обеспечить приемлемый уровень риска нарушения безопасности движения при значительно меньших по сравнению с ремонтом по назначенному сроку службы расходах. Приведенный пример показывает, что с помощью системы управления рисками можно оптимизировать расходы на содержание инфраструктуры.

Заслуживает особого внимания риск травматизма пешеходов, пересекающих железнодорожные пути в одном уровне с рельсами. Так, на участке Санкт-Петербург — Москва только за 2005—2009 гг. зафиксировано 328 подобных происшествий. Согласно статистическим данным, одноуровневые пешеходные переходы через железнодорожные пути продолжают оставаться одним из самых существенных источников опасности для пешеходов. После открытия высокоскоростного движения поездов «Сапсан» на Октябрьской железной дороге участились случаи травматизма и гибели пешеходов на таких переходах.

Проведенная по специально разработанной методике оценка рисков травматизма пешеходов на одноуровневых пешеходных переходах участка Санкт-Петербург — Москва показала, что некоторые из них характеризуются нежелательным, а иногда и недопустимым риском. Такая ситуация обусловлена не только высокой скоростью движения, но и существенным ростом пассажиропотока на ряде станций. В частности, по результатам оценки риска травматизма пешеходов на станции Поварово было принято решение о необходимости строительства двухуровневого пешеходного перехода вместо существующего одноуровневого перехода 3-й категории, поскольку его переоборудование в переход 1-й или 2-й категории не обеспечивало допустимый уровень риска. В результате строительства двухуровневого перехода риск травматизма пешеходов на этой станции будет практически предотвращен.

Таким образом, создаваемая в рамках проекта УРРАН система управления рисками позволит не только обеспечивать приемлемые уровни рисков и оптимизировать эксплуатационные расходы, но и рационально распределять инвестиции в объекты инфраструктуры.

Для эффективного управления рисками требуется специализированная нормативная и методическая база, учитывающая как оценку

рисков, так и механизмы финансирования мероприятий по снижению рисков согласно инвестиционным приоритетам. В условиях ограниченности организационных и финансовых ресурсов в приоритетном порядке должны быть снижены самые высокие и значимые риски.

В рамках проекта УРРАН в компании уже проведена большая работа по анализу требований международных (ISO 31000:2009, IEC/ISO 31010:2009, EN 50126 и др.) и государственных (ГОСТ Р 51897 2011, ГОСТ Р 51901.1 2002 и др.) стандартов в области менеджмента риска и определению их применимости к российскому железнодорожному транспорту. В результате разработан ряд корпоративных стандартов, направленных на реализацию системы управления рисками в ОАО «РЖД».

В прошлом году разработаны и утверждены национальные стандарты ГОСТ Р 54505-2011 «Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте» и ГОСТ Р 54504-2011 «Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта», ставшие основой для создания системы управления рисками. Эти стандарты устанавливают комплекс требований и подходов, позволяющих реализовать полнофункциональную и эффективную систему управления рисками. Они гармонизированы с международными и европейскими стандартами в области функциональной безопасности и управления рисками, согласованы с существующими стандартами в области железнодорожного транспорта. Положения стандартов подтверждены результатами апробации на пилотном полигоне на Северной железной дороге и одобрены техническими комитетами по стандартизации ТК45 «Железнодорожный транспорт» и ТК58 «Функциональная безопасность». Заложенные в этих стандартах подходы к управлению рисками адекватны подходам, применяемым Институтом машиноведения Российской академии наук (ИМАШ РАН), который является ведущей научной организацией страны в области безопасности и рисков технических систем.

Эти стандарты являются первыми в разрабатываемой в настоящее время серии национальных стандартов по функциональной безопасности на железнодорожном транспорте. Разработка и внедрение этой серии стандартов, а также соответствующих методик позволят управлять рисками путем реализации организационно-технических мероприятий на

различных этапах жизненного цикла объектов инфраструктуры и подвижного состава.

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 России, так и стран Таможенного союза — России, Казахстана, Белоруссии.

С этой целью в рамках проекта УРРАН разработана и в настоящее время находится на согласовании окончательная редакция межгосударственного стандарта «Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения». Утверждение этого стандарта запланировано на 2012 г.

В настоящее время разрабатывается ряд методических документов, которые в сочетании с серией национальных и корпоративных стандартов позволят в ближайшем будущем приступить к реализации системы управления рисками. Здесь, безусловно, пригодится житейский опыт внедрения на Северной

железной дороге первой очереди АС УРРАН, позволяющей рассчитывать показатели надежности объектов инфраструктуры путевого хозяйства. Ввиду многообразия существующих рисков и специфики управления рисками в различных областях деятельности ОАО «РЖД» потребуются также разработка стандартов и методик для реализации управления рисками в рамках отдельных хозяйств.

Применение методов управления рисками в составе комплексной методологии УРРАН позволит контролировать и поэтапно минимизировать риски в порядке их значимости. Система управления рисками будет служить мощным инструментом, содействующим повышению операционных показателей железнодорожного транспорта. Разрабатываемое в рамках АС УРРАН прикладное программное обеспечение предоставит руководителям на всех уровнях информацию в виде матриц рисков по различным объектам и процессам, тем самым обосновывая принятие управленческих решений, направленных на минимизацию рисков в работе ОАО «РЖД».

## **ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УРРАН НА ПОЛИГОНЕ СЕВЕРНОЙ МАГИСТРАЛИ**

**С.А. АЛЬМЕЕВ, первый заместитель начальника Северной железной дороги**

КЛЮЧЕВЫМ аспектом в деле повышения качества и эффективности управления в условиях формирования Центральной дирекции инфраструктуры с реорганизацией железных дорог в региональные корпоративные центры становится внедрение современных методов менеджмента и экспертных систем. Они призваны дать руководителям оперативную информацию о состоянии объектов железнодорожной инфраструктуры. Одной из них является экспертно-консультационная система управления ресурсами, рисками на этапах жизненного цикла и анализа надежности объектов инфраструктуры (УРРАН).

Внедрение экспертной системы УРРАН началось в 2010 г. в путевом хозяйстве дороги. Впервые результаты внедрения методологии УРРАН были представлены Северной железной дорогой в 2011 г. на Ассамблее начальников железных дорог в Ярославле. С того же года в сферу охвата проекта дополнительно включены все подразделения хозяйств электрификации и энергоснабжения, автоматики и телемеханики. Таким образом, в настоящее время, на дороге в

проекте УРРАН задействован основной блок инфраструктуры, на долю которого приходится более 90% эксплуатационных расходов.

Для максимально эффективного освоения выделяемых средств в системе УРРАН разработаны алгоритмы и использованы преимущества информационных технологий. Эти технологии являются незаменимым инструментом моделирования управленческих решений исходя из объема вложенных средств, технического состояния железнодорожных объектов, перспективы развития грузовых перевозок. С внедрением системы УРРАН впервые появилась математически выверенная возможность прогнозирования состояния объектов инфраструктуры в будущем как в краткосрочной, так и среднесрочной перспективе.

На рис. 1 представлена краткая характеристика магистрали. Она позволяет оценить масштабы Северной железной дороги, сложность структуры ее управления и принятия управленческих решений.

ПУТЕВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Эксплуатационная длина – <b>5958 км</b>	
Развернутая длина гл. путей – <b>8641 км</b>	
Протяженность главных путей, просроченных капитальным ремонтом – <b>1392 км</b>	
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Тяговые подстанции – <b>43</b>	Требуют реконструкции – <b>15 (35%)</b>
АВТОБЛОКИРОВКА И ЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ	
Протяженность участков с автоблокировкой и диспетчерской централизацией – <b>5336 км</b>	Протяженность участков с превышением сроков эксплуатации устройств автоблокировки – <b>2667 км (65%)</b>
Стрелки электрической централизации – <b>6969</b>	Стрелки электрической централизации с превышенным сроком полезного использования – <b>6052 (87%)</b>

Рис. 1

Будучи с 2010 г. пилотной дорогой по внедрению системы УРРАН, Северная магистраль имеет определенные успехи в ее практическом применении. Опыт эксплуатации подтвердил работоспособность системы и возможность управлять объектами дороги на основе комплексного анализа данных об отказах. В ходе внедрения подтверждено, что система УРРАН при минимальных затратах и вложениях позволяет получить максимальный эффект от ее при-

Рис. 2. Распределение информационных ресурсов системы УРРАН



АСУ. Обработка информации и анализ состояния технических систем организованы на уровне профильных хозяйств. Это дает возможность принимать взвешенные управленческие решения на основании данных, предоставляемых системой.

Работоспособность новой экспертно-консультационной системы подтверждена также в решении управленческих задач в комплексе автоматики и телемеханики (ЖАТ) динамикой показателей надежности технических средств. В соответствии с алгоритмом системы УРРАН каждый объект (перегон, станция) с помощью переводных коэффициентов приводятся к параметрам эталонных объектов.

Для наибольшей объективности при оценке показателей надежности расчет производится на основании данных о числе и продолжительности отказов за предшествующие 36 месяцев. Цель проведения расчетов системой УРРАН заключается в определении фактической интенсивности потока отказов, сравнение которой с проектной и допустимой интенсивностью потока отказов позволяет выявить объекты ЖАТ, требующие принятия определенных управленческих решений для повышения на-

дежности работы устройств. При этом возможны шесть сценариев принятия управленческих решений.

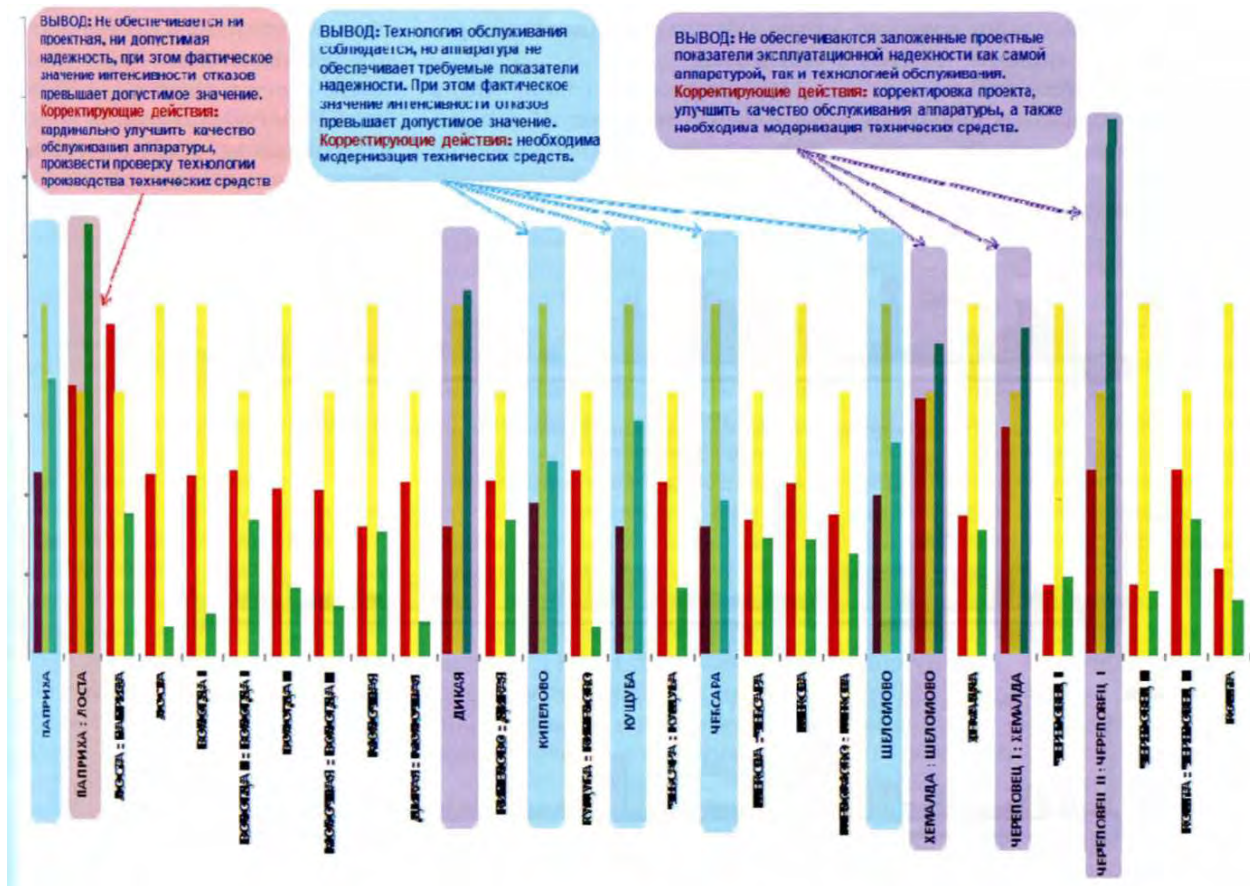
**Сценарий 1.** Нормальная эксплуатация объекта, когда фактическая интенсивность потока отказов не превышает проектную, которая, в свою очередь, не превышает допустимую.

**Сценарий 2.** Показатели эксплуатационной надежности объекта не поддерживаются на должном уровне в процессе эксплуатации, но при этом сохраняется надежность, заложенная в аппаратуре, и фактическая интенсивность потока отказов не превышает допустимую.

**Сценарий 3.** Показатели эксплуатационной надежности объекта не поддерживаются на должном уровне в процессе эксплуатации, и при этом фактическая интенсивность потока отказов превышает допустимую. Требуется существенное улучшение системы обслуживания технических средств.

**Сценарий 4.** Показатели эксплуатационной надежности объекта не поддерживаются на должном уровне как самой аппаратурой, так и службой эксплуатации.

**Сценарий 5.** Показатели эксплуатационной надежности объекта не поддерживаются на



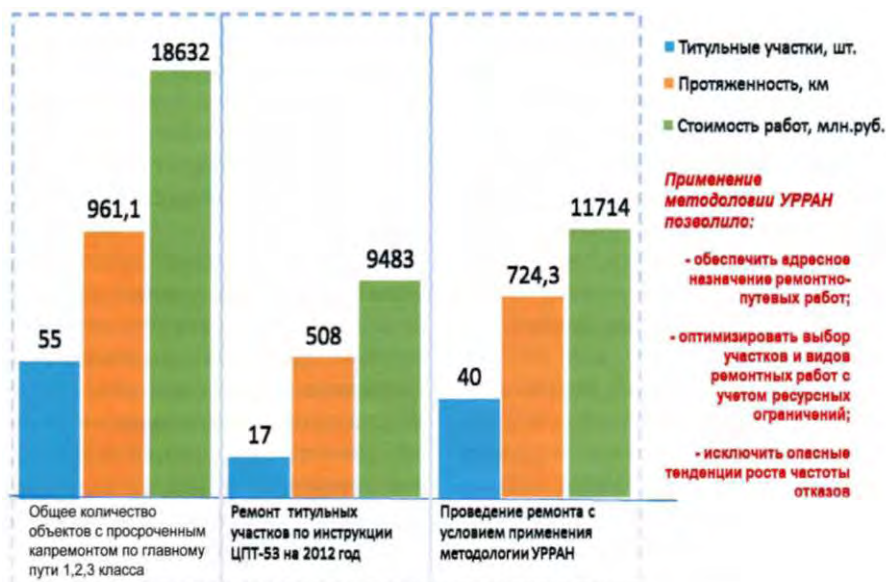


Рис. 4. Подходы к формированию планов ремонта пути

фективность управления подразделением.

Путевой комплекс также демонстрирует положительные результаты работы с использованием технологии УРРАН. До настоящего времени в путевом хозяйстве ремонты пути планировались в соответствии с инструкцией ЦПТ-53, в которой основным показателем являлся пропущенный тоннаж с учетом дефектности шпал, креплений и загрязнения балластной призмы. Недостаток такого подхода

должном уровне аппаратурой. Требуется обновление технических средств.

**Сценарий 6.** Показатели эксплуатационной надежности объекта поддерживаются на должном уровне за счет хорошей работы службы эксплуатации, несмотря на то что проектная интенсивность потока отказов превышает допустимую.

На рис. 3 показаны результаты анализа интенсивности отказов устройств ЖАТ с использованием системы УРРАН с учетом сценариев оценки состояния объектов на одном из наиболее грузонапряженных участков дороги Паприха — Кошта. Они позволяют сформулировать необходимые предложения по модернизации существующих систем, доработке проектных решений, усовершенствованию технологии обслуживания технических средств, оценить эф-

фективность управления подразделением. Путевой комплекс также демонстрирует положительные результаты работы с использованием технологии УРРАН. До настоящего времени в путевом хозяйстве ремонты пути планировались в соответствии с инструкцией ЦПТ-53, в которой основным показателем являлся пропущенный тоннаж с учетом дефектности шпал, креплений и загрязнения балластной призмы. Недостаток такого подхода заключается в том, что зачастую элементы верхнего строения пути заменяются значительно раньше достижения ими предельного критического состояния.

При формировании планов ремонтно-путевых работ с учетом рекомендаций системы УРРАН достигаются адресность назначения работ на участках с большей интенсивностью отказов, оптимальное использование ресурсов и, как следствие, значительное снижение уровня рисков в целом по объектам инфраструктуры. На рис. 4 представлены разные подходы к формированию планов ремонта пути.

Из диаграммы видно, что в зону риска попадают 44 участка с недопустимой интенсивностью отказов. При выполнении капитального

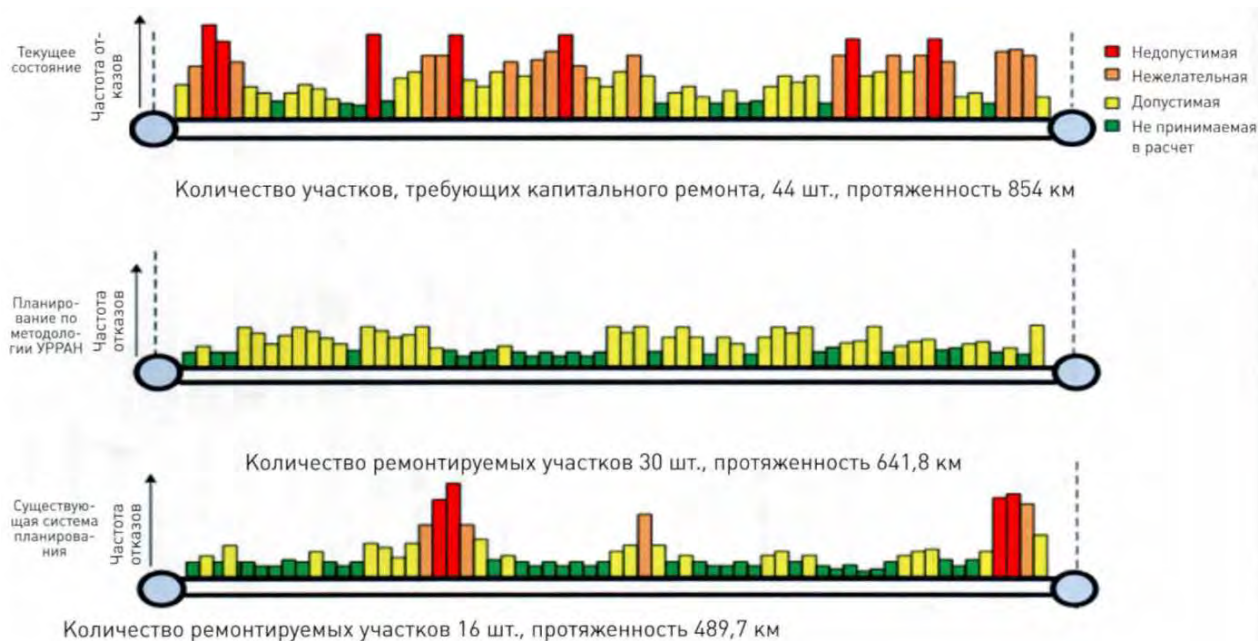


Рис. 5. Сравнительный анализ формирования планов ремонтных работ





# Применение методологии УРРАН для определения целесообразности продления срока службы несущего троса контактной подвески



**А. А. Ковалев,**  
канд. техн. наук,  
доцент кафедры  
«Электроснабжение  
транспорта», Уральский  
государственный  
университет путей  
сообщения

Одна из основных задач инновационного развития ОАО «РЖД» — оптимизация стоимости жизненного цикла (СЖЦ) объектов инфраструктуры и подвижного состава. Для того чтобы обеспечить безотказную работу оборудования и безопасность перевозок, необходима комплексная система управления надежностью, рисками и СЖЦ. Совместная разработка ОАО «РЖД» и ОАО «НИИАС» по управлению ресурсами, рисками и надежностью (УРРАН) на этапах жизненного цикла позволяет определить СЖЦ несущего троса контактной подвески и принять решение, следует ли продлевать срок его службы.

В стратегии научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 г. («Белая книга» ОАО «РЖД») определены ориентиры инновационного развития компании. Одним из таких ориентиров являются требования к безотказности, эксплуатационной готовности, ремонту пригодности и безопасности [1].

В ОАО «РЖД» предусматривается повышение коэффициента эксплуатационной готовности до 0,98, снижение трудоемкости текущего и среднего ремонтов до 50 %, увеличение межремонтных пробегов в 2–3 раза, пробега между техническими обслуживаниями в 3–10 раз [2].

Согласно опубликованным данным, в настоящее время доля стоимости основных фондов инфраструктуры составляет более 60 % от общей стоимости основных средств ОАО «РЖД», а доля эксплуатационных затрат на объекты инфраструктуры — около 35 % от общего объема затрат. Оптимизация расходов на содержание инфраструктуры является одной из ключевых задач компании. В результате многолетнего недофинансирования износ основных фондов постоянно увеличивался, и к настоящему времени износ элементов инфраструктуры компании, последствия выхода которых из строя наиболее критичны, достиг 70 % [3].

Значительный рост цен на материалы за последние 10 лет приводит к

существенному увеличению себестоимости ремонтов. Поэтому при сохранении величины годового финансирования ремонта объемы работ имеют тенденцию к постоянному уменьшению. В результате нарастает протяженность участков пути и число других объектов инфраструктуры с просроченными ремонтами различного вида.

Создавшиеся условия вкрупне с процессами изменения организационной структуры ОАО «РЖД» требуют применения комплексного управления надежностью, рисками, СЖЦ на железнодорожном транспорте с использованием методологии обеспечения безотказности, готовности, ремонтпригодности и безопасности (RAMS) (рис. 1) в соответствии с ИЕС 62278, а также национальными стандартами ГОСТ «Надежность в технике» и ГОСТ Р «Менеджмент риска».

Цель внедрения комплексного управления надежностью, рисками, СЖЦ на железнодорожном транспорте состоит в решении одной из основных задач инновационного развития ОАО «РЖД» — в сокращении СЖЦ объектов инфраструктуры и подвижного состава при условии обеспечения высокого уровня надежности технических средств и требуемого уровня безопасности перевозочного процесса.

Методика оценки эффективности продления срока службы основных

средств хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» на основе методологии УРРА, используемая для принятия решения об экономической целесообразности продления назначенного срока службы объектов электрификации и электроснабжения, должна решить основную задачу – выбрать вариант решения, которое обеспечит наименьшую СЖЦ [3].

СЖЦ – это все расходы на объект (продукцию, изделие, оборудование, инженерное сооружение и т. д.) с момента его создания до момента выбытия. Основой СЖЦ является дерево затрат, в которое включаются затраты на приобретение, на содержание оборудования в течение его жизненного цикла и на отказы. Целью анализа СЖЦ является выбор наиболее и эффективного в экономическом отношении подхода из серии альтернатив, т. е. варианта, наименее затратного в долгосрочной перспективе.

Задача оптимизации СЖЦ состоит в нахождении такого варианта использования оборудования, который дает самую низкую СЖЦ при условии достижения требуемого уровня надежности и безопасности.

Методология оценки СЖЦ в хозяйствах электрификации и электроснабжения является инструментом, позволяющим принять экономически обоснованное решение при выборе альтернатив, заключающихся в замене выработавшего назначенный производителем ресурс оборудования новым, обновлении, ремонте или продлении срока службы действующего оборудования.

В процессе оценки СЖЦ необходимо:

- определить состав и размер затрат жизненного цикла устройств, для которых возможно продление срока службы;
- сформировать перечень факторов, влияющих на СЖЦ, и оценить количественные показатели степени их влияния;
- сформировать решающее правило для вывода о продлении срока службы объекта электрификации и электроснабжения или его замене.

Затраты жизненного цикла объекта хозяйства электрификации и электроснабжения:

- на приобретение и установку объекта (разработку и проектирование, материалы, логистику, строительство, наладку, тестирование);
- на текущее обслуживание и ремонт объекта (проведение регулярных осмотров, заработная плата персонала, мате-



Рис.1. Определение методологии RAMS

риалы, транспортировка, затраты, связанные с технологическими окнами);

- связанные с отказами объекта (ущерб от опасных отказов, внеплановые ремонтные работы, простои поездов и возможные штрафные санкции, вызванные отказами, недополученная прибыль);
- связанные с утилизацией объекта.

Экономическое обоснование решения при продлении назначенного срока службы объекта состоит в сравнении экономического эффекта двух вариантов: с продлением срока службы объекта и без него (объект своевременно выведен из эксплуатации). Выбор осуществляется в пользу решения, при реализации которого ожидаются наименьшие затраты жизненного цикла объекта.

При продлении срока службы важно учесть следующие составляющие его СЖЦ:

- затраты на оценку фактического состояния (для устройств, допускающих продление назначенного срока службы в зависимости от фактического технического состояния);
- затраты на документальное оформление продления срока службы (для устройств, допускающих продление назначенного срока службы в зависимости от фактического технического состояния);
- дополнительную стоимость текущего содержания для устройств с продленным сроком службы (по сравнению с плановыми затратами на текущее содержание для устройств, назначенный срок службы которых закончился);
- дополнительную стоимость плановых ремонтов устройств с продленным

сроком службы (по сравнению с плановыми затратами на плановые ремонты устройств, назначенный срок службы которых не закончился).

С учетом указанных составляющих расчет экономической эффективности при продлении срока службы объекта, в частности, несущего троса контактной подвески, должен осуществляться на основании функции:

$$F = \overline{СЖЦ}_з - (1 + k_{\text{мод}}) \cdot \overline{СЖЦ}_п, \quad (1)$$

где  $\overline{СЖЦ}_з$  – среднегодовая стоимость жизненного цикла, руб.;

$\overline{СЖЦ}_п$  – среднегодовая стоимость жизненного цикла несущего троса в случае продления срока его службы, руб.;

$k_{\text{мод}} \in [0; 0,2]$  – коэффициент модернизации, определяющий границы, при достижении которых принимается решение о замене оборудования даже при незначительном преимуществе в пользу решения о продлении. Границы или значение данного коэффициента определяются на основе статистических методов Управлением электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД».

Ключевое правило для принятия решения о продлении срока службы несущего троса или его замене выглядит следующим образом:

- 1) если  $F > 0 \leftrightarrow$  продление срока службы экономически эффективно;
- 2) если  $F < 0 \leftrightarrow$  продление срока службы экономически неэффективно.

На рис. 2 приведены данные о сроках службы объектов контактной сети, по которым принимаются решения о продлении назначенного срока.

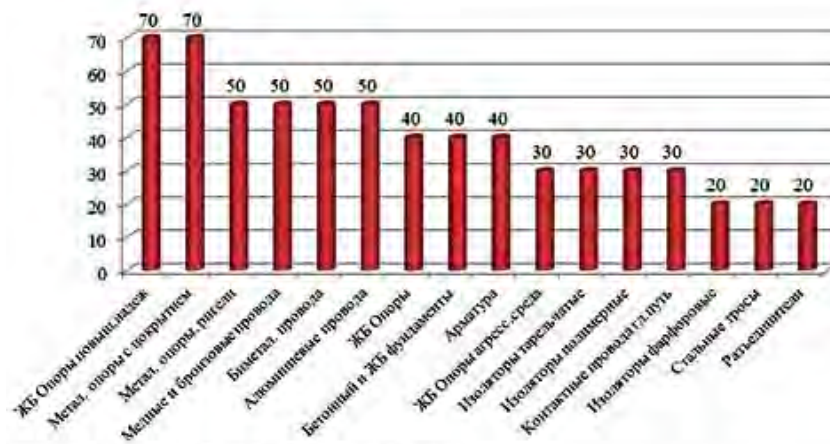


Рис. 2. Сроки службы устройств контактной сети

Для медных проводов срок службы, согласно правилам устройства и технической эксплуатации контактной сети (ПУТЭС), составляет 50 лет [4]. В действительности из-за большой интенсивности движений он сокращается до 15–20 лет. Чтобы этого избежать, необходимо повышать их надежность, что введет к дополнительным затратам.

Проведем расчет для несущего троса контактной подвески. Если его заменяют раньше срока, среднегодовая стоимость жизненного цикла определяется по формуле

$$\overline{СЖЦ}_1 = \frac{СЖЦ_1}{1 \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+d)^T}\right)}, \quad (2)$$

где  $СЖЦ_1$  – стоимость жизненного цикла в случае его замены;

$T_1$  – величина срока службы нового несущего троса;

$d$  – ставка дисконтирования.

Обоснование и используемой в расчетах ставки дисконтирования приведено в табл. 1. Расчет в ед. в ценах 2011 г.

Для несущего троса, если продлевают срок его службы, среднегодовая стоимость жизненного цикла определяется по формуле

$$\overline{СЖЦ}_n = \frac{СЖЦ_n}{d \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+d)^{T_n}}\right)}, \quad (3)$$

где  $СЖЦ_n$  – стоимость жизненного цикла в случае ПСС;

$T_n$  – величина срока службы несущего троса при ПСС.

СЖЦ несущего троса определяется на основании следующих формул:

• если несущий трос заменяют:

$$\begin{aligned} СЖЦ_1 = & S_{\text{рем}} + \sum_{t=0}^{T_1-1} \frac{(1+p_{\text{рем}}^t) \cdot S_{\text{рем}}^t}{(1+d)^t} + \\ & + \sum_{t=0}^{T_1-1} \frac{(1+p_n^t) \cdot S_n^t}{(1+d)^t} + \\ & + \sum_{t=0}^{T_1-1} \frac{(1+p_{\text{рем}}^t) \cdot S_{\text{рем}}^t}{(1+d)^t} + \frac{S_{\text{рем}}}{(1+d)^{T_1}}, \end{aligned} \quad (4)$$

• если срок службы несущего троса продлевают:

$$\begin{aligned} СЖЦ_n = & S_{\text{рем}} + \sum_{t=0}^{T_n-1} \frac{(1+p_{\text{рем}}^t) \cdot S_{\text{рем}}^t}{(1+d)^t} + \\ & + \sum_{t=0}^{T_n-1} \frac{(1+p_n^t) \cdot S_n^t}{(1+d)^t} + \\ & + \sum_{t=0}^{T_n-1} \frac{(1+p_{\text{рем}}^t) \cdot S_{\text{рем}}^t}{(1+d)^t} + \frac{S_{\text{рем}}}{(1+d)^{T_n}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Указанные в формулах коэффициенты поясняются в табл. 2.

Таблица 1. Обоснование используемой в расчетах ставки дисконтирования (СД)

Параметр	Обозначение	Значение	Источник информации / Формула расчета
Безрисковая ставка доходности	$R_f$	2,90 %	Доходность 30-летних облигаций Казначейства США на 30.09.2011 г.
Коэффициент бета (бездолговой)	$\beta$	0,986	Коэффициент Beta vs. RTI \$ по акциям ОАО «Газпром» на 25.09.2011 г.
Рыночная премия за риск	$R_m - R_f$	-4,11 %	Разность между средней ожидаемой доходностью акций и доходностью долгосрочных обязательств казначейства США (1960–2009 гг.)
Доходность к погашению еврооблигаций «Россия 2030» (USD)	$YTM$	4,69 %	Доходность к погашению (номинальная) на 04.10.2011 г.
Премия за страховый риск	$S_1$	1,79 %	$S_1 = YTM - R_f$
Премия за специфический риск	$S_2$	3,00 %	Значение определено разработчиками проекта с учетом особенностей оцениваемого проекта (диапазон от 0 до 5 %)
Номинальное значение СД для денежных потоков в долларах США	$E_{\text{долл}}$	3,64 %	$E_{\text{долл}} = R_f + \beta \cdot (R_m - R_f) + S_1 + S_2$
Инфляция США	$I_{\text{США}}$	3,77 %	Индекс потребительских цен США за 8 мес. 2011 г.
Реальное значение СД	$E_{\text{р}}$	-0,13 %	По формуле Фишера
Инфляция России	$I_{\text{Россия}}$	8,25 %	Индекс потребительских цен России за 8 мес. 2011 г.
Номинальное значение СД для денежных потоков в рублях	$E_{\text{руб}}$	8,11 %	По формуле Фишера

Таблица 2. Составляющие СЖЦ несущего троса, принимаемые в расчет экономической эффективности продления его срока службы

СЖЦ в случае замены объекта		СЖЦ в случае продления срока службы объекта	
Наименование	Формулы и обозначения	Наименование	Формулы и обозначения
<b>Затраты на приобретение и установку, где:</b>	$S_{нач.0} = S_{об} + S_{лог} + S_{пн}$	<b>Затраты на освидетельствование (оценка фактического состояния и документальное оформление ПСС), где:</b>	$S_{осв.0} = S_{оц} + S_{оф}$
- стоимость приобретаемого оборудования	$S_{об}$	- затраты на оценку фактического состояния	$S_{оц}$
-затраты на логистику (доставку оборудования)	$S_{лог}$	- затраты на документальное оформление продления срока службы	$S_{оф}$
- затраты на пуско-наладочные работы	$S_{пн}$		
<b>Затраты, связанные с утилизацией объекта (в конце срока службы нового объекта), где:</b>	$S_{утил}^3 = S_{дем}^{Т3} + S_{в}^{Т3} + (S_{утил}^{Т3} R_{утил}^{Т3})$	<b>Затраты, связанные с утилизацией объекта в конце срока его продления, где:</b>	$S_{утил}^{П3} = S_{дем}^{П3} + S_{в}^{П3} + (S_{утил}^{П3} R_{утил}^{П3})$
- затраты на демонтаж оборудования (ДО)	$S_{дем}^{Т3}$	- затраты на демонтаж оборудования	$S_{дем}^{П3}$
- затраты, связанные с вывозом оборудования (ВО)	$S_{в}^{Т3}$	- затраты, связанные с вывозом оборудования	$S_{в}^{П3}$
- затраты, связанные непосредственно с утилизацией (У)	$S_{утил}^{Т3}$	- затраты, связанные непосредственно с утилизацией	$S_{утил}^{П3}$
- доходы, связанные непосредственно с утилизацией	$R_{утил}^{Т3}$	- доходы, связанные непосредственно с утилизацией	$R_{утил}^{П3}$
<b>Затраты на техническое обслуживание объекта в случае его замены, где:</b>	$S_{ТО1}^3 = S_{зпн}^3 + S_{мат}^3 + S_{маш}^3 + S_{топ1}^3$	<b>Затраты на техническое обслуживание объекта в случае ПСС, где:</b>	$S_{ТО1}^{П3} = S_{зпн}^{П3} + S_{мат}^{П3} + S_{маш}^{П3} + S_{топ1}^{П3}$
- затраты на заработную плату сотрудников, осуществляющих ТО объекта в случае его замены	$S_{зпн}^3$	- затраты на заработную плату сотрудников, осуществляющих ТО объекта в случае ПСС	$S_{зпн}^{П3}$
- затраты на материалы и механизмы, используемые при проведении ТО объекта в случае его замены	$S_{мат}^3$	- затраты на материалы и механизмы, используемые при проведении ТО объекта в случае ПСС	$S_{мат}^{П3}$
- затраты на машины и оборудование, используемые при проведении ТО объекта в случае его замены	$S_{маш}^3$	- затраты на машины и оборудование, используемые при проведении ТО объекта в случае ПСС	$S_{маш}^{П3}$
- топливные затраты на проведение ТО объекта в случае его замены	$S_{топ1}^3$	- топливные затраты на проведение ТО объекта в случае ПСС	$S_{топ1}^{П3}$
<b>Затраты на плановые виды ремонтов объекта в случае его замены, где:</b>	$S_{р1}^3 = S_{тр1}^3 + S_{кр1}^3$	<b>Затраты на плановые виды ремонта объекта в случае ПСС, где:</b>	$S_{р1}^{П3} = S_{тр1}^{П3} + S_{кр1}^{П3}$
- затраты на текущий ремонт в случае замены объекта	$S_{тр1}^3$	- затраты на текущий ремонт в случае ПСС	$S_{тр1}^{П3}$
- затраты на капитальный ремонт в случае замены объекта	$S_{кр1}^3$	- затраты на капитальный ремонт в случае ПСС	$S_{кр1}^{П3}$
<b>Затраты, связанные с отказами объекта в случае его замены, где:</b>	$S_{отк1}^3 = T_{пр}^3 \cdot C_{пр} + S_{ротк1}^3$	<b>Затраты, связанные с отказами объекта в случае ПСС, где:</b>	$S_{отк1}^{П3} = T_{пр}^{П3} \cdot C_{пр} + S_{ротк1}^{П3}$
- общее время простоя поездов по причине поломки объекта в случае его замены, рассчитанный как произведение	$T_{пр}^3 = K_{пр}^3 \cdot \text{ФРВ}$	- общее время простоя поездов по причине поломки объекта в случае его замены, рассчитанный как произведение	$T_{пр}^{П3} = K_{пр}^{П3} \times \text{ФРВ}$
- коэффициент простоя поездов по причине поломки объекта в случае его замены	$K_{пр}^3$	- коэффициент простоя поездов по причине поломки объекта в случае ПСС	$K_{пр}^{П3}$
- годовой фонд рабочего времени	ФРВ	- годовой фонд рабочего времени	ФРВ
- стоимость 1 часа простоя	$C_{пр}$	- стоимость 1 часа простоя	$C_{пр}$
- затраты на ремонт после отказа объекта в случае его замены	$S_{ротк1}^3$	- затраты на ремонт после отказа объекта в случае ПСС	$S_{ротк1}^{П3}$

Результаты расчета среднегодовой СЖЦ несущего троса приведены в *табл. 3*.

Из полученных данных следует, что продлевать срок службы рассматриваемого варианта несущего троса экономически нецелесообразно.

В этой статье представлены лишь результаты расчетов. Для проведения аналогичных расчетов применительно к остальным объектам требуется пере-

работка большого количества исходных данных. В научно-исследовательской лаборатории «САПР КС» УрГУПС на основе [5; 6] разработан программный продукт, при помощи которого рассчитываются показатели эффективности (СЖЦ, полезный экономический эффект, лимитная цена) отдельных элементов контактной сети. Применение данной программы дает возможность заранее определить

экономический эффект от использования нового образца техники по сравнению с ее аналогом, который морально и технически устарел. В ближайшем будущем планируется адаптация данного программного продукта под методику УРРАН, разработанную в ОАО «РЖД» и ОАО «НИИАС» для оценки эффективности продления срока службы основных объектов системы токосъема. ■

**Таблица 3. Результаты расчета необходимости продления срока службы несущего троса контактной подвески**

Наименование	Значения	Примечания
Коэффициент модернизации	0,1	Указывается значение коэффициента модернизации, определяемого на основе статистических методов Управлением электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» (от 0 до 0,2)
Год, когда планируется замена/продление срока службы объекта	2012	Указывается, в каком году планируется заменить/продлить срок службы объекта
Ставка дисконтирования	3,0 %	Указывается значение ставки дисконтирования
Величина срока службы нового объекта, лет	50	Указывается срок службы нового объекта, лет
Величина продления срока службы, лет	5	Указывается срок, на который планируется продлить эксплуатацию объекта, лет
Стоимость 1 часа простоя, руб.	–	Указывается стоимость 1 часа простоя, руб.
Среднегодовая стоимость жизненного цикла объекта в случае его замены	–	Среднегодовая стоимость жизненного цикла объекта в случае продления его срока службы, с учетом коэффициента модернизации
<b>33 712 руб.</b>	≤	<b>108 943 руб.</b>

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

**Е.Н. РОЗЕНБЕРГ**, первый заместитель генерального директора ОАО «НИИАС», доктор технических наук, профессор

**М.Ю. РАЧКОВСКИЙ**, начальник отдела ЦИНВ ОАО «РЖД»

**М.С. НИКИФОРОВА**, заместитель генерального директора ЗАО «АПИ», кандидат технических наук

**М**ЕТОДОЛОГИЯ УРРАН, внедряемая в настоящее время в ОАО «Российские железные дороги», предполагает управление ресурсами и рисками при условии обеспечения требуемого уровня надежности и безопасности. Одной из задач УРРАН является распределение имеющихся ресурсов таким образом, чтобы максимально снизить риски функционирования производственных систем в рамках заданного коридора надежности.

Учитывая ограниченность ресурсов ОАО «РЖД», направляемых на обновление основных фондов инфраструктурных хозяйств, актуальными задачами являются оценка возможности увеличения межремонтных интервалов и продления сроков службы основных средств. В настоящее время в ОАО «РЖД» применяются технические критерии принятия решения, в том числе нормативы периодичности проведения ремонтных работ. С точки зрения экономики с использованием метода дисконтированных денежных потоков оцениваются такие показатели эффективности, как NPV, IRR, DPP, PI.

В рамках методологии УРРАН сформированы подходы, предусматривающие последовательное

применение критериев обеспечения безопасности, технической и экономической целесообразности при принятии решений о замене (проведении ремонта) или продлении срока службы объекта (см. рисунок). Методологическую основу формирования критериев экономической целесообразности продления срока службы составляет концепция стоимости жизненного цикла (СЖЦ).

На железнодорожном транспорте под жизненным циклом понимается совокупность взаимосвязанных, последовательно осуществляемых процессов установления требований, создания, применения и утилизации объекта инфраструктуры и подвижного состава, происходящих в течение периода времени, который начинается с этапа создания концепции объекта инфраструктуры или подвижного состава и заканчивается после этапа утилизации этого объекта<sup>1</sup>. Основой управления СЖЦ является дерево затрат, в которое включаются затраты на приобретение, на содержание оборудования в течение его жизненного цикла, на отказы и утилизацию.

Критерий экономической целесообразности продления срока службы для хозяйства пути и сооружений представляет собой

решающее правило, согласно которому фактические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути ( $P_{\text{факт}}$ ) сравниваются с контрольным значением ( $P_{\text{контр}}$ ). Если  $P_{\text{факт}} \geq P_{\text{контр}}$ , то экономически более эффективно проведение «тяжелых» видов ремонтов; если  $P_{\text{факт}} < P_{\text{контр}}$ , с экономической точки зрения проведение капитального ремонта можно отложить.

Фактические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути определяются по формуле

$$P_{\text{факт}} = C_{\text{отк}} + C_{\text{тек}},$$

где  $P_{\text{факт}}$  – фактические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути, руб.;  $C_{\text{отк}}$  – фактическая стоимость устранения отказов на 1 км пути, руб.;  $C_{\text{тек}}$  – фактическая стоимость текущего содержания 1 км пути, руб.

Для определения фактической стоимости устранения отказов использовалась информация о количестве отказов ГРК (геометрия рельсовой колеи) и ОДР (остродефектный рельс), а также данные о стоимости устранения одного отказа и стоимости задержки поезда по причине отказа:

$$C_{\text{отк}} = (\text{ГРК} + \text{ОДР}) C_{\text{од.отк}} + [(\text{ГРК} + \text{ОДР}) C_3] / l,$$

где ГРК – количество отказов ГРК на конкретном отрезке (участке, перегоне) за год, шт.; ОДР – количество отказов ОДР на конкретном отрезке (участке, перегоне) за год, шт.;  $C_{\text{од.отк}}$  – стоимость устранения одного отказа, руб.;  $C_3$  – среднестатистическая стоимость задержки поезда от одного отказа, руб.;  $l$  – длина отрезка (участка, перегона), км.

При определении фактической стоимости текущего содержания учитывались данные о заработной

<sup>1</sup> ГОСТ Р 54505-2011. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте.

плате монтеров пути, стоимость материалов и работы машин, прочие затраты были признаны условно-постоянными и не принимались в расчет:

$$C_{\text{тек}} = (C_{\text{раб}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{маш}}) / l,$$

где  $C_{\text{раб}}$  – фактическая годовая стоимость работ монтеров пути для текущего обслуживания данного отрезка (участка, перегона), руб.;  $C_{\text{мат}}$  – фактическая годовая стоимость материалов для текущего обслуживания данного отрезка (участка, перегона), руб.;  $C_{\text{маш}}$  – фактическая годовая стоимость работ машин для текущего обслуживания данного отрезка (участка, перегона), руб.

Расчет контрольного значения расходов на текущее содержание 1 км пути производится по формуле  $P_{\text{контр}} = (C_{\text{отк контр}} + C_{\text{тек контр}} + C_{\text{аморт контр}})$ , где  $P_{\text{контр}}$  – контрольное значение стоимости текущего содержания 1 км пути, руб.;  $C_{\text{отк контр}}$  – контрольное значение стоимости устранения отказов 1 км пути, руб.;  $C_{\text{тек контр}}$  – контрольное значение стоимости текущего содержания на 1 км пути, руб.;  $C_{\text{аморт контр}}$  – контрольное значение амортизации на 1 км пути, руб.

Контрольные значения стоимости устранения отказов и стоимости текущего содержания на 1 км пути определяются аналогично фактическим показателям:

$$C_{\text{отк контр}} = (\text{ГРК}_{\text{ср}} + \text{ОДР}_{\text{ср}}) C_{\text{отк}} + [(\text{ГРК}_{\text{ср}} + \text{ОДР}_{\text{ср}}) C_3] / l,$$

где  $\text{ГРК}_{\text{ср}} + \text{ОДР}_{\text{ср}}$  – среднестатистическое количество отказов для конкретной группы пути в зависимости от числа лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, шт.

$C_{\text{тек контр}} = (C_{\text{ср раб}} + C_{\text{ср мат}} + C_{\text{ср маш}}) / l$ , где  $C_{\text{ср раб}}$  – статистическая среднегодовая стоимость работ монтеров пути для текущего обслуживания конкретного отрезка (участка, перегона) для данной группы в зависимости от числа лет, прошедших с момента проведения

капитального ремонта, руб.;  $C_{\text{ср мат}}$  – статистическая среднегодовая стоимость материалов для текущего обслуживания конкретного отрезка (участка, перегона) для данной группы в зависимости от числа лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, руб.;  $C_{\text{ср маш}}$  – статистическая среднегодовая стоимость работ машин для текущего обслуживания конкретного отрезка (участка, перегона) для данной группы в зависимости от числа лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, руб.

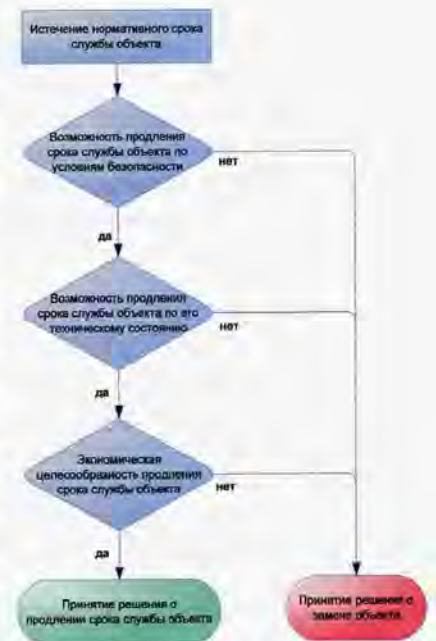
Контрольное значение амортизации на 1 км определяется как стоимость капитального ремонта 1 км пути, распределенная равномерно на количество лет, прошедших после капитального ремонта:  $C_{\text{морт контр}} = C_{\text{к.р}} / (T_{\text{к.р}} \cdot l)$ , где  $C_{\text{к.р}}$  – стоимость капитального ремонта, руб.;  $T_{\text{к.р}}$  – число лет, прошедших после капитального ремонта.

Решающее правило для объектов хозяйства электрификации и электроснабжения выглядит следующим образом:

- 1) если  $\overline{\text{СЖЦ}}_3 > k_{\text{мод.}} * \overline{\text{СЖЦ}}_n$ , то продление срока службы экономически эффективно;
- 2) если  $\overline{\text{СЖЦ}}_3 \leq k_{\text{мод.}} * \overline{\text{СЖЦ}}_n$ , то продление срока службы экономически неэффективно.

В приведенном правиле  $\overline{\text{СЖЦ}}_3$  – среднегодовая стоимость жизненного цикла объекта в случае его замены,  $\overline{\text{СЖЦ}}_n$  – среднегодовая стоимость жизненного цикла объекта в случае продления срока службы объекта,  $k_{\text{мод.}} \in [1; 1.2]$  – коэффициент модернизации, определяющий границы, у которых при незначительном преимуществе в пользу решения о продлении принимается решение о замене оборудования.

Объекты хозяйства электрификации и электроснабжения, по которым принимаются решения о продлении назначенного срока



Алгоритм принятия решения о продлении срока службы

службы или их замены, имеют различные назначенные сроки службы. Для сравнения среднегодовой стоимости жизненного цикла объекта в случае его продления или замены сроки службы объектов должны быть приведены.

Если объект заменяют, среднегодовая стоимость жизненного цикла определяется по формуле

$$\overline{\text{СЖЦ}}_3 = \frac{\text{СЖЦ}_3}{\frac{1}{d} * (1 - \frac{1}{(1+d)^{T_3}})},$$

где  $\text{СЖЦ}_3$  – стоимость жизненного цикла объекта в случае его замены, руб.;  $T_3$  – срок службы нового устройства, годы;  $d$  – ставка дисконтирования.

Если срок службы объекта продлевают, среднегодовая стоимость жизненного цикла определяется по формуле

$$\overline{\text{СЖЦ}}_n = \frac{\text{СЖЦ}_n}{\frac{1}{d} * (1 - \frac{1}{(1+d)^{T_n}})},$$

где  $\text{СЖЦ}_n$  – стоимость жизненного цикла объекта в случае про-

дления срока его службы, руб.;  $T_n$  – срок продления службы, годы.

Стоимость жизненного цикла определяется на основании следующих формул. Для объекта электрификации и электроснабжения, если его заменяют:

$$СЖЦ_3 = S_{нач.0} + \sum_{i=0}^{T_3} \frac{S_{TC_i}^3 + S_{отк_i}^3}{(1+d)^i} + \frac{S_{утиз. T_3}}{(1+d)^{T_3}},$$

где  $i=0$ ,  $T_3$  – число лет;  $S_{нач.0}$  – затраты на приобретение и установку, руб.;  $S_{утиз. T_3}$  – затраты, связанные с утилизацией объекта (в конце срока службы нового объекта), руб.;  $S_{TC_i}^3$  – затраты на техническое содержание объекта в случае его замены, руб.;  $S_{отк_i}^3$  – затраты, связанные с отка-

зами объекта в случае его замены.

Для объекта электрификации и электроснабжения, если срок его службы продлевают:

$$СЖЦ_n = S_{осв.0} + \sum_{i=0}^{T_n} \frac{S_{TC_i}^n + S_{отк_i}^n}{(1+d)^i} + \frac{S_{утиз. T_n}}{(1+d)^{T_n}},$$

где  $i=0$ ,  $T_n$  – число лет;  $S_{осв.0}$  – затраты на освидетельствование (оценку фактического состояния и документальное оформление продления срока службы), руб.;  $S_{утиз. T_n}$  – затраты, связанные с утилизацией объекта в конце продленного срока его службы, руб.;  $S_{TC_i}^n$  – затраты на техническое содержание объекта в случае продления срока его службы, руб.;  $S_{отк_i}^n$  – затраты, связанные с отказами объекта в слу-

чае продления срока его службы, руб.

Введение экономических критериев позволит повысить обоснованность принимаемых решений о замене (проведении ремонта) или продлении срока службы и отборе объектов для финансирования в условиях ограниченности ресурсов. Источниками данных для расчета экономических критериев служат информационные системы исследуемых хозяйств. Поэтому следующим шагом становится повышение достоверности получаемых результатов путем отработки механизмов ввода данных о затратах жизненного цикла в привязке к единичным объектам хозяйств.

## НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОСТОЯ

**И.Б. ШУБИНСКИЙ, заместитель руководителя научно-технического комплекса ОАО «НИИАС», доктор технических наук, профессор**

**А.О. ЕРМАКОВ, руководитель Центра управления рисками ОАО «НИИАС»**

**Е.О. НОВОЖИЛОВ, главный специалист Центра управления рисками ОАО «НИИАС», кандидат технических наук**

**П**РИ ПРИНЯТИИ управленческих решений по техническому содержанию объекта железнодорожной инфраструктуры целесообразно руководствоваться показателями надежности объекта. В настоящее время для хозяйств инфраструктуры – путевого, автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения – в рамках методологии УРРА разработаны методики расчета интенсивности отказов эталонных объектов на основе статистических показателей количества отказов КАС АНТ. Для эталонных объектов инфраструктуры проектно-конструкторскими

отраслевыми организациями рассчитаны проектные значения интенсивности отказов и определен порядок оценки допустимого показателя для конкретных условий эксплуатации объекта. На основе сравнения допустимого, проектного и фактического значений интенсивности отказов объекта инфраструктуры в зависимости от их соотношения может быть принято решение о дальнейшей эксплуатации объекта (например, улучшение технического содержания, пересмотр проектного решения и др.).

Существенный недостаток метода поддержки принятия ре-

шений на основе интенсивности отказов состоит в отсутствии учета влияния возникновения отказов и времени их устранения на перевозочный процесс. Для учета взаимосвязи отказов объекта с перевозочным процессом требуется использование комплексных показателей надежности объекта, учитывающих как его безотказность, так и ремонтпригодность. Одним из таких показателей служит коэффициент простоя объекта инфраструктуры.

Представленный в статье метод поддержки принятия решений по техническому содержанию объекта инфраструктуры основан на оценке влияния простоя объекта на перевозочный процесс. В нем используется такой показатель, как коэффициент простоя объекта.

Коэффициент простоя является комплексным показателем надежности и аналогичен коэффициенту неготовности. Он пред-



составляет собой вероятность того, что объект в произвольный момент времени по причине отказа не выполняет свои функции, что вызывает невозможность осуществления перевозочного процесса.

При условии, что для рассматриваемого объекта известны значения средней наработки на отказ  $T_0$  и среднего времени простоя  $T_{\Pi}$  за период наблюдения, значение коэффициента простоя отказавшего объекта может быть выражено соотношением

$$K_{\Pi} = 1 - T_0 / (T_0 + T_{\Pi}) = T_{\Pi} / (T_0 + T_{\Pi}). \quad (1)$$

Если простой объекта инфраструктуры вызвал задержку поездов, время простоя объекта исчисляется с момента возникновения отказа до момента восстановления движения поездов.

Поддержку принятия решений по техническому содержанию объекта инфраструктуры целесообразно осуществлять на основе сравнения фактического, проектного и допустимого значений коэффициента простоя, которые рассматриваются в заданной качественной оценочной шкале. Допустимый коэффициент простоя объекта инфраструктуры определяется установленными показателями издержек, связанными с простоем поездов на время устранения отказа объекта. Значение этого коэффициента зависит от эксплуатационной нагрузки и установленного показателя издержек.

Проектный коэффициент простоя объекта инфраструктуры может быть определен на основе проектной интенсивности отказов объекта. Значения проектной интенсивности отказов для объектов инфраструктурных хозяйств определены на основе структурных схем надежности и представляют собой постоянную величину для объекта каждого вида.

Фактический коэффициент

простоя объекта инфраструктуры определяется на стадии эксплуатации на основе обработки статистических данных о времени до восстановления объекта за период наблюдения. Значения этого коэффициента различаются для различных периодов наблюдения, они определяются показателями надежности самого объекта и условиями его применения.

Метод поддержки принятия решений реализуется в несколько этапов. На первом задают шкалу для оценки фактического и проектного коэффициентов простоя объекта и влияния простоя объекта на перевозочный процесс, основанную на определении допустимого коэффициента простоя для заданных условий эксплуатации объекта с учетом интенсивности движения поездов на участке.

На втором этапе определяют фактический коэффициент простоя объекта, отражающий надежность реального объекта в условиях эксплуатации, на третьем – проектный коэффициент простоя, отражающий заложенные в проектной документации показатели надежности объекта. На четвертом этапе задают множество сценариев для принятия решений в зависимости от соотношения значений трех указанных выше коэффициентов простоя, и на пятом сравнивают фактический, проектный и допустимый коэффициенты простоя и в зависимости от соотношения трех коэффициентов определяют соответствующий сценарий для принятия решения.

### ЗАДАНИЕ ШКАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОСТОЯ

Для оценки влияния простоя объекта инфраструктуры на перевозочный процесс допустим, что задержка поездов возникает в случае, когда средняя продолжительность простоя  $T_{\Pi}$  отказавшего

объекта до восстановления движения поездов превышает некоторую оценку интервала времени  $I_{\Pi}$  между проследованием поездов на заданном участке. Тогда задержка поездов, вызванная отказом объекта инфраструктуры, может быть определена следующим образом:

$$\tau_{\Pi} = \begin{cases} T_{\Pi} - I_{\Pi}, & T_{\Pi} \geq I_{\Pi}; \\ 0, & T_{\Pi} < I_{\Pi}. \end{cases}$$

Для случая  $T_{\Pi} \geq I_{\Pi}$ , который будет рассматриваться далее, время простоя может быть выражено как сумма оценки интервала времени между проследованием поездов и известной задержки поездов:

$$T_{\Pi} = I_{\Pi} + \tau_{\Pi}.$$

Тогда выражение для оценки коэффициента простоя (1) примет вид

$$K_{\Pi} = (I_{\Pi} + \tau_{\Pi}) / (T_0 + I_{\Pi} + \tau_{\Pi}). \quad (2)$$

В соответствии с существующей классификацией отказов технических средств отказы первой категории приводят к задержкам поездов на 1 ч и более, второй категории – от 6 мин до 1 ч и третьей категории – к задержкам до 6 мин. Для связи коэффициентов простоя с задержками поездов шкалу для оценки фактического и проектного коэффициентов простоя целесообразно сформировать на базе значений задержек поездов, соответствующих перечисленным категориям отказов технических средств.

Исходя из удобства использования при принятии управленческих решений примем качественную оценочную шкалу, включающую четыре области уровней значений: недопустимый, нежелательный, допустимый и не принимаемый в расчет (табл. 1).

Значения коэффициентов простоя, определяющие верхние границы областей нежелательного, допустимого и не принимаемого в расчет уровней, определяются

путем подстановки в формулу (2) значений задержек поездов 1,0 ч, 0,1 ч и 0 ч соответственно:

$$\begin{aligned} K_{\Pi}^{**} &= (I_{\Pi} + 1 \text{ час}) / (T_0 + I_{\Pi} + 1 \text{ час}); \\ K_{\Pi}^{\Delta} &= (I_{\Pi} + 0,1 \text{ час}) / (T_0 + I_{\Pi} + 0,1 \text{ час}); \\ K_{\Pi}^{\text{факт}} &= (I_{\Pi} + 0 \text{ час}) / (T_0 + I_{\Pi} + 0 \text{ час}). \end{aligned} \quad (3)$$

Коэффициент простоя  $K_{\Pi}^{\Delta}$ , задающий верхнюю границу области допустимого уровня, является основным элементом оценочной шкалы и соответствует задержке поездов 6 мин. Если значение проектного или фактического коэффициента простоя объекта инфраструктуры превышает  $K_{\Pi}^{\Delta}$ , то объект вызывает задержку поездов более 6 мин, что может рассматриваться как отказ инфраструктуры первой и второй категории.

Для определения коэффициентов простоя, соответствующих границам указанных областей и формирующих оценочную шкалу, дальнейшей задачей является оценка интервала времени между проследованием поездов.

### ОЦЕНКА ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ МЕЖДУ ПРОСЛЕДОВАНИЕМ ПОЕЗДОВ

Средний интервал между проследованием поездов на заданном участке по одному пути за заданный период наблюдения определяется по выражению

$$I_{\text{ср.п}} = [(T_{\Pi} - T_{\text{ТС}}) / N_{\Pi}] - I_{\text{ср.п}} / v_{\text{ср.п}},$$

где  $T_{\Pi}$  – период наблюдения, ч;  $T_{\text{ТС}}$  – суммарная продолжительность планового технического содержания, ч, за период наблюдения;  $N_{\Pi}$  – число поездов по одному пути за период наблюдения;  $I_{\text{ср.п}}$  – средняя длина поезда, км;  $v_{\text{ср.п}}$  – средняя скорость движения, км/ч.

Средние значения интервала между проследованием поездов в большинстве случаев недостаточно точно отражают его фактические значения. Для использования в расчете коэффициента простоя

целесообразно ориентироваться на минимальное значение интервала между проследованием поездов, обеспечиваемое с заданной вероятностью.

Согласно опытным данным, значение интервала между проследованием поездов  $I_{\Pi}$  можно принять распределенным по закону Эрланга порядка  $r = 2$ . Для такого случая плотность распределения  $f(t)$  и функция распределения  $F(t)$  имеют вид

$$\begin{aligned} f(t) &= \lambda_{\Pi}^2 t \cdot \exp(-\lambda_{\Pi} t), \\ F(t) &= 1 - \exp(-\lambda_{\Pi} t)(1 + \lambda_{\Pi} t), \end{aligned}$$

где  $\lambda_{\Pi} = 1 / I_{\text{ср.п}}$  – интенсивность движения поездов, ч<sup>-1</sup>;  $t$  – интервал времени между проследованием поездов.

Выполнение следующего условия гарантирует, что фактический интервал между проследованием поездов с доверительной вероятностью  $\alpha$  не окажется меньше его оценки  $I_{\Pi}$ :

$$P\{I_{\Pi} \geq t_1\} = 1 - F(t_1) = \alpha.$$

При этом риск того, что фактический интервал между проследованием поездов окажется менее его оценки, будет иметь вероятность  $1 - \alpha$ .

Для получения достоверной оценки примем  $\alpha = 0,95$ . Тогда для заданной интенсивности движения поездов оценка интервала между проследованием поездов  $I_{\Pi}$  принимается равной такому значению  $t_1$ , при котором  $1 - F(t_1) = 0,95$ .

С использованием полученной оценки интервала между проследованием поездов по выражениям (3) рассчитывают коэффициенты простоя, соответствующие верхним границам областей нежелательного, допустимого и не принимаемого в расчет уровней оценочной шкалы.

### РАСЧЕТ ФАКТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРОСТОЯ

Значение фактического коэф-

фициента простоя объекта инфраструктуры определяется на основании статистических данных о среднем времени простоя объекта по причине каждого отказа за заданный период наблюдения:

$$K_{\Pi}^{\Phi} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\Pi i}}{n \cdot T_0 + \sum_{i=1}^n t_{\Pi i}},$$

где  $t_{\Pi i}$  – время простоя отказавшего объекта до восстановления движения по причине  $i$ -го ( $i = 1 \dots n$ ) отказа, ч;  $T_0$  – среднее время наработки объекта на отказ, ч.

### РАСЧЕТ ПРОЕКТНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРОСТОЯ

Исходя из допущения, что проектные показатели надежности объекта должны гарантировать отсутствие задержек поездов, проектный коэффициент простоя определяется аналогично  $K_{\Pi}^{\text{факт}}$  (см. выражение (3)), но в формуле вместо фактической средней наработки на отказ используется проектная наработка на отказ определяемая как обратная величина проектной интенсивности отказов. При заданной проектной интенсивности отказов  $\lambda^{\text{пр}}$  объекта инфраструктуры проектный коэффициент простоя может быть определен как

$$K_{\Pi}^{\Phi} = \frac{\lambda^{\text{пр}} \cdot I_{\Pi}}{1 + \lambda^{\text{пр}} \cdot I_{\Pi}},$$

где  $I_{\Pi}$  – оценка интервала между проследованием поездов по одному пути заданного участка.

### ЗАДАНИЕ МНОЖЕСТВА СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Для трех сравниваемых показателей в зависимости от соотношения их значений возможны шесть комбинаций, что может быть представлено в виде шести групп сце-

Уровни качественной шкалы для оценки коэффициента простоя

Уровень значений коэффициента простоя	Характеристика
<b>НЕДОПУСТИМЫЙ</b>	Продолжительность простоя отказавшего объекта вызывает задержку поездов более 1 ч
<b>НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫЙ</b>	Продолжительность простоя отказавшего объекта вызывает задержку поездов от 0,1 ч до 1 ч
<b>ДОПУСТИМЫЙ</b>	Продолжительность простоя отказавшего объекта вызывает задержку поездов не более 0,1 ч
<b>НЕ ПРИНИМАЕМЫЙ В РАСЧЕТ</b>	Продолжительность простоя отказавшего объекта не вызывает задержку поездов

нариев. В рамках каждой из этих групп допустимый коэффициент простоя находится на границе областей допустимого и нежелательного уровней. При этом возможны несколько сочетаний значений проектного и фактического коэффициентов простоя в зависимости от областей оценочной шкалы, в которые они попадают. Например, для первой группы сценариев возможны три варианта:

$K_{п}^{пр}$  и  $K_{п}^{ф}$  имеют уровень «не принимаемый в расчет»;

$K_{п}^{пр}$  имеет уровень «допустимый»,  $K_{п}^{ф}$  имеет уровень «не принимаемый в расчет»;

$K_{п}^{пр}$  и  $K_{п}^{ф}$  имеют уровень «допустимый».

Множество сценариев для принятия решения представлено в табл. 2, из которой следует, что общее количество возможных сценариев с различным сочетанием показателей равно 20.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЦЕНАРИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

В результате сравнения полученных значений фактического, проектного и допустимого коэффициентов простоя в зависимости от соотношения и комбинации попадания их значений в определенные области определяют один из 20 сценариев (см. табл. 2), который служит основой для принятия управленческого решения по содержанию рассматриваемого объекта инфраструктуры. Очевидно, что благоприятными являются сценарии, по которым фактическое значение коэффициента простоя объекта не превышает допустимого значения. Напротив, если фактическое значение коэффициента простоя находится в недопустимой области, сценарии считаются неблагоприятными. По аналогичным критериям можно оценить соответствие проектного коэффициента простоя допустимому значению, а также взаимо-

соответствие проектного и фактического коэффициентов простоя.

Для каждого из 20 сценариев разработаны рекомендации по дальнейшему содержанию объекта инфраструктуры, например: «объект функционирует в штатном режиме, и какие-либо мероприятия не требуются»; «требуется корректировка проектного решения»; «требуется улучшение технического содержания объекта»; «требуется мотивация персонала» и др.

#### ПРИМЕР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОДЕРЖАНИЮ ОБЪЕКТА ИНФРАСТРУКТУРЫ

Рассмотрим диаграммы оценки коэффициентов простоя, рассчитанных по предлагаемому методу с использованием показателей контактной сети (см. рисунок) на перегонах Талды-Булак – Приютово (а) и Новоотрадная – Толкай (б) Куйбышевской железной дороги за трехлетний период с 2009 по 2011 г.

Для представленных на рисунке диаграмм определим соответствующие сценарии по табл. 2. Получим для диаграммы (а) сценарий 2а, а для диаграммы (б) – сценарий 3а.

Рассмотрим качественные различия результатов оценки коэффициентов простоя для рассматриваемых участков. Из

представленных диаграмм следует, что за период наблюдения на участке Новоотрадная – Толкай интенсивность движения поездов была несколько выше, чем на участке Талды-Булак – Приютово, поскольку допустимый коэффициент простоя имеет меньшее значение на участке с большей интенсивностью движения. Проектные коэффициенты простоя для обоих участков находятся в области не принимаемых в расчет значений, откуда следует, что показатели надежности контактной сети, заложенные при проектировании, практически не допускают задержек поездов. Фактические коэффициенты простоя, рассчитанные на основе статистических данных по отказам контактной сети, показывают, что продолжительность устранения отказов на участке Талды-Булак – Приютово не потребовала перерыва движения поездов, а на участке Новоотрадная – Толкай – потребовала перерыва движения продолжительностью от 6 мин до 1 ч.

Согласно разработанным рекомендациям для сценариев принятия решений для контактной сети перегона Талды-Булак – Приютово рекомендуются мониторинг технического состояния объекта в штатном режиме и улучшение технического содержания объекта. Для контактной сети перегона Новоот-

Таблица 2

**Множество сценариев для принятия решения**

Группа сценариев	Соотношение коэффициентов простоя	Уровень	Уровень
1	$K_{\Pi}^{\Phi} \leq K_{\Pi}^{пр} \leq K_{\Pi}^{\Delta}$	не принимаемый в расчет	не принимаемый в расчет
		допустимый	не принимаемый в расчет
		допустимый	допустимый
2	$K_{\Pi}^{пр} < K_{\Pi}^{\Phi} < K_{\Pi}^{\Delta}$	не принимаемый в расчет	не принимаемый в расчет
		не принимаемый в расчет	допустимый
		допустимый	допустимый
3	$K_{\Pi}^{пр} < K_{\Pi}^{\Delta} < K_{\Pi}^{\Phi}$	не принимаемый в расчет	нежелательный
		допустимый	нежелательный
		не принимаемый в расчет	недопустимый
		допустимый	недопустимый
4	$K_{\Pi}^{\Phi} < K_{\Pi}^{\Delta} < K_{\Pi}^{пр}$	нежелательный	не принимаемый в расчет
		нежелательный	допустимый
		недопустимый	не принимаемый в расчет
		недопустимый	допустимый
5	$K_{\Pi}^{\Delta} < K_{\Pi}^{\Phi} < K_{\Pi}^{пр}$	нежелательный	нежелательный
		недопустимый	нежелательный
		недопустимый	недопустимый
6	$K_{\Pi}^{\Delta} < K_{\Pi}^{пр} < K_{\Pi}^{\Phi}$	нежелательный	нежелательный
		нежелательный	недопустимый
		недопустимый	недопустимый

радная – Толкай рекомендуются существенное улучшение технического содержания объекта (проведение дополнительных технических занятий с персоналом, пересмотр кадровой политики), а также проверка

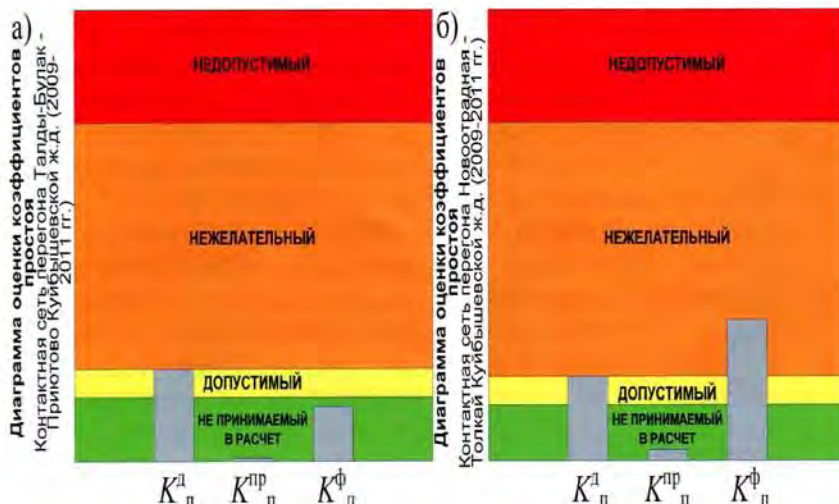
и корректировка технологического процесса на этапах разработки и производства технических средств.

Таким образом, предложенный метод поддержки принятия управленческих решений по техничес-

кому содержанию объекта инфраструктуры на основе коэффициента простоя обеспечивает расчет комплексного показателя надежности, в котором учитывается влияние надежности объектов инфраструктуры на перевозочный процесс. Важным преимуществом использования коэффициента простоя по сравнению с интенсивностью отказов при оценке состояния объекта инфраструктуры является учет не только отказов технических средств (показателей безотказности), но и длительности проведения плановых и внеплановых ремонтных работ (показателей ремонтпригодности) с учетом интенсивности движения поездов на участке.

Для каждого объекта инфраструктуры рассчитанные значения допустимого, проектного и фактического коэффициентов простоя позволяют:

**Примеры диаграмм оценки коэффициентов простоя**



- оценить степень влияния простоя объекта на задержку движения поездов;
- оценить соответствие проектных показателей объекта требованиям надежности, предъявляемым со стороны перевозочного процесса;
- оценить соответствие факти-

ческих показателей надежности объекта требованиям проекта;

- обеспечить поддержку принятия управленческих решений по техническому содержанию объекта, а также мотивации эксплуатационного персонала.

Использование коэффициента простоя во взаимосвязи со

стоимостью жизненного цикла объекта инфраструктуры и механизмом оценки связанных с конкретным объектом рисков в дальнейшем позволит обосновывать размер инфраструктурной составляющей в тарифах на грузовые и пассажирские перевозки.

## СОЗДАНИЕ АС УРРАН

**И.Н. РОЗЕНБЕРГ, первый заместитель генерального директора ОАО «НИИАС», доктор технических наук**

**А.М. ЗАМЫШЛЯЕВ, руководитель научно-технического комплекса ОАО «НИИАС», кандидат технических наук**

**С.В. КАЛИНИН, ведущий специалист ОАО «НИИАС»**

**О**ДНА ИЗ ОСНОВНЫХ задач в процессах содержания и развития железнодорожной инфраструктуры заключается в повышении надежности и безопасности технических средств в условиях увеличения интенсивности движения поездов и, соответственно, статического и динамического воздействия на объекты инфраструктуры. Решение поставленной задачи возможно на основе достоверной оценки показателей надежности и безопасности технических средств инфраструктуры и прогноза изменения данных показателей.

Автоматизированная система управления ресурсами, рисками и надежностью на всех этапах жизненного цикла (АС УРРАН) представляет собой систему поддержки принятия решений (СППР), целью которой является помощь руководителям, принимающим решения в сложных условиях, в полном и объективном анализе предметной деятельности. АС УРРАН – это система, максимально приспособленная к

решению задач повседневной управленческой деятельности, инструмент, призванный оказывать помощь лицам, принимающим решения (ЛПР).

С помощью СППР по комплексному управлению надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте формируется ресурсное обеспечение действий компании: при составлении бюджета стратегические цели и задачи компании увязываются с имеющимися или реально прогнозируемыми объемами средств. При планировании система позволяет посмотреть данные предыдущих лет, выявить тенденции и закономерности и использовать их для формирования бюджета – это поможет сделать его более обоснованным и точным.

В функции АС УРРАН входят: автоматизация процессов первичной обработки статистических данных об отказах технических средств объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта; опреде-

ление количественных значений показателей эксплуатационной надежности и безопасности объектов инфраструктуры; количественная оценка производственной деятельности хозяйств инфраструктуры и подвижного состава с учетом отказов и организации технического обслуживания и эксплуатации объектов инфраструктуры. Система служит также для организации контроля, сопоставления и мотивации деятельности структурных подразделений в рамках хозяйства на основании показателей эксплуатационной надежности и безопасности, оценивания соответствия достигнутых показателей эксплуатационной надежности и безопасности заданным нормам, подготовки расчетных данных для формирования рекомендаций по снижению уровня рисков. На основе оценки рисков АС УРРАН определяет уязвимые объекты, готовит проекты планов работ по техническому содержанию инфраструктуры и подвижного состава, а также проекты распределения инвестиций по наиболее проблемным объектам железнодорожного транспорта.

Система АС УРРАН реализована на централизованном уровне и функционирует в ГВЦ ОАО «РЖД». На уровне служб, дирекций и структурных подразделений дороги доступ к ней осуществляется по web-интерфейсу. Центра-



Рис. 1. Факторы, влияющие на функционирование линейной конструкции пути

В число смежных систем для подсистемы получения информации из ЕК АСУ И входят автоматизированные системы управления путевым комплексом (АСУ-П), хозяйством железнодорожной автоматики и телемеханики (АСУ-Ш-2), хозяйством электрификации и электроснабжения (АСУ-Э). Интерфейс, реализующий функции этой подсистемы, содержит единый универсальный механизм работы АС УРРАИ с ЕК АСУ И.

лизованная база данных содержит полную информацию об эталонной объектно-элементной структуре объектов инфраструктуры ОАО «РЖД».

Для автоматизации процессов первичной обработки статистических данных об отказах технических средств объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта в настоящее время разработан ряд подсистем. К ним относятся подсистема получения информации об объектах инфраструктуры из единой корпоративной автоматизированной

системы управления инфраструктурой (ЕК АСУ И), подсистема получения информации об отказах технических средств (ОТС) из автоматизированной системы учета контроля устранения отказов (КАС АНТ), подсистема формирования эталонной объектно-элементной структуры объектов инфраструктуры, подсистема автоматизированного расчета показателей эксплуатационной надежности и безопасности объектов инфраструктуры, подсистема формирования выходных форм и справок.

Анализ информации о состоянии производственных фондов, необходимый для функционирования системы АС УРРАИ, выполняется в рамках автоматизированных систем учета контроля устранения отказов (КАС АНТ) и нарушений технологии перевозочного процесса (КАСАТ).

Подсистема получения информации обеспечивает загрузку из системы КАС АНТ информации об отказах технических средств. На основе реальных данных системы КАС АНТ можно оператив-



Рис. 2. Факторы, влияющие на функционирование стрелочного перевода

но получать сводную информацию об отказавших технических средствах в масштабе всей компании в целом.

В соответствии с общей методологией УРРАН был начат анализ нарушений технологических процессов в хозяйствах на основе системы КАСАТ. В перспективе это позволит через показатели стоимости жизненного цикла и приемлемого уровня риска экономически обосновывать размер инфраструктурной составляющей в тарифах на грузовые и пассажирские перевозки, а также учитывать влияние ошибок в планировании перевозочного процесса, в том числе ошибок персонала.

Подсистема формирования эталонной объектно-элементной структуры инфраструктуры ОАО «РЖД» выполняет функции приведения к эталонным объектам объектов путевого хозяйства, а также хозяйств электрификации и энергоснабжения и автоматики и телемеханики. В путевом хозяйстве речь идет о приведении линейной конструкции пути к эталонной конструкции пути и стрелочных переводов, соединений и пересечений пути к эталонному стрелочному переводу. Эталонная конструкция пути представляет собой один километр бесстыкового пути с рельсами Р-65, железобетонными шпалами, скреплениями АРС на щебеночном балласте, пропустивший после укладки от 100 до 200 млн. т брутто и эксплуатирующийся в прямом участке пути на горизонтальной площадке в профиле в регионе с умеренным климатом. Эталонный стрелочный перевод – это стрелочный перевод типа Р65 марки 1/11 с железобетонными брусками на щебеночном балласте.

В хозяйстве электрификации и энергоснабжения к эталонным объектам приводятся контактная сеть, тяговые подстанции и линии

электропередачи. При этом в качестве эталонной контактной сети выступает один километр контактной сети, выполненной по проектам КС-160 для переменного тока. В качестве эталонной тяговой подстанции выступает одна тяговая подстанция системы тягового электроснабжения переменного тока с высшим напряжением 110 кВ, в качестве эталонной линии электропередачи – один километр линии электропередачи напряжением 10 кВ с изолированными проводами.

В хозяйстве автоматики и телемеханики к эталонным объектам приводятся блок-участки и комплексы технических средств управления стрелкой. Эталонный блок-участок представляет собой участок, оборудованный числовой кодовой автоблокировкой при электротяге постоянного тока, комплекс технических средств управления стрелкой – стрелку, включенную в электрическую централизацию релейного типа с одним электроприводом переменного тока.

При формировании эталонной объектно-элементной структуры применяют единые переводные коэффициенты, характеризующие конструктивные особенности, условия эксплуатации объектов, климатические условия и др. Например, оценка технического состояния верхнего строения пути конкретного участка по показателям эксплуатационной надежности и безопасности осложняется большим многообразием видов и типов конструкций структурных элементов, находящихся в различных условиях эксплуатации, окружающей среды, а также под влиянием других факторов, представленных на рис. 1 и 2.

Подсистема автоматизированного расчета показателей надежности и безопасности объектов инфраструктуры включает в себя

расчет показателей безотказности (интенсивности отказов, средней наработки на отказ, вероятности отказа и вероятности безотказной работы), ремонтпригодности (среднего времени до восстановления и среднего времени простоя), а также коэффициента готовности/неготовности эталонного объекта. Например, для нахождения вероятности отказа эталонного объекта путевого хозяйства необходимо разделить линейные конструкции пути (стрелочные переводы) по заданному сегменту сети дорог на группы с учетом выполненного объема работы (млн. т брутто): 0–100, 100–200 и т.д. Посредством переводных коэффициентов все линейные конструкции пути (стрелочные переводы) приводятся к эталонным значениям. С использованием системы КАС АНТ определяется количество отказов первой, второй и третьей категорий для линейной конструкции пути (стрелочного перевода) в соответствии с группами по выполненному объему работы за период с 01.07.2008 (дата ввода второй очереди КАС АНТ) до настоящего времени.

Интеграция и взаимодействие АС УРРАН с другими автоматизированными системами осуществляется путем взаимодействия их серверов приложений с применением стандартных протоколов с использованием для этого входящих в их состав модулей информационного взаимодействия.

Программное обеспечение системы АС УРРАН реализовано с использованием web-технологии, в качестве web-сервера используется IBM WebSphere Application Server, в качестве платформы для создания и эксплуатации хранилища данных и ПО – платформа SAS Enterprise Intelligence Platform версии 9.2, эксплуатирующаяся в ГВЦ ОАО «РЖД». В связи с использованием SAS-платформы

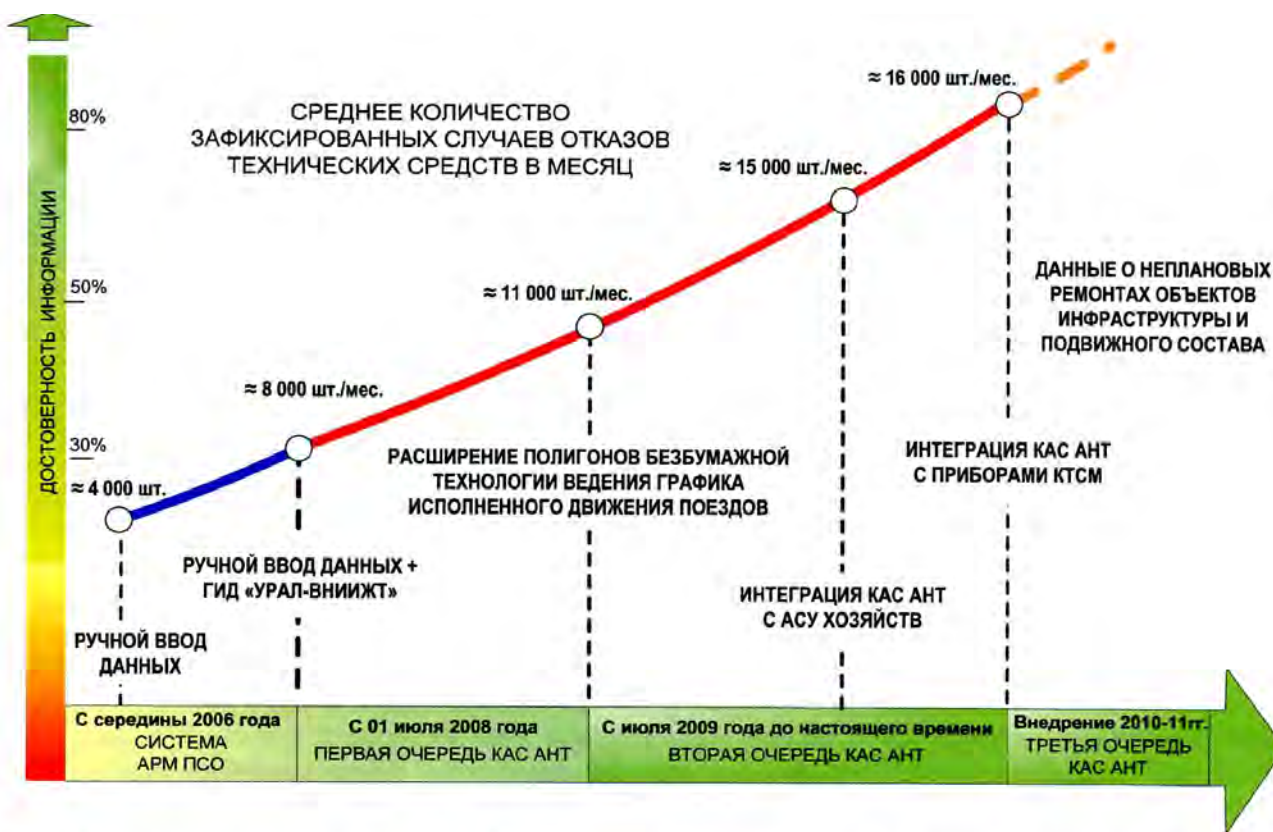


Рис. 3. Результаты развития системы КАС АНТ в направлении повышения объективности информации об отказах технических средств

система АС УРРАН функционирует на централизованном уровне.

Поскольку внешние автоматизированные системы, сопрягаемые с АС УРРАН, сильно различаются между собой, например по языкам разработки, системам управления базами данных, программные модули интерфейсов взаимодействия с АС УРРАН реализованы в виде web-приложений (web-services). Web-приложения можно легко использовать при вызове в программных модулях внешних систем независимо от средств их разработки и эксплуатации.

В настоящее время по проекту УРРАН для оценки надежности и безопасности работы технических средств в рамках дистанций, диспетчерских участков, а также направлений разработаны специальные методики, позволяющие специалистам служб ежемесячно рассчитывать интенсивность

отказов технических средств на каждом участке с учетом объема выполненной эксплуатационной работы. Затем эти данные поступают в управления пути и сооружений, автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения для анализа. Специалисты управлений принимают в расчет также сведения о технических особенностях участка, специфике его эксплуатации и обслуживания, проведенных ремонтах. В итоге формируются показатели надежности, по которым можно объективно оценивать текущее состояние инфраструктуры любого участка в сравнении с общесетевым уровнем.

Результаты развития системы КАС АНТ по повышению объективности информации об отказах технических средств в ОАО «РЖД» показаны на рис. 3. Они свидетельствуют о том, что при

ручном вводе данных на сети железных дорог России терялась информация не менее чем о трех четвертях отказов. В 2011 г. с помощью второй очереди системы КАС АНТ зафиксировано и введено в базы данных в 4 раза больше отказов технических средств, чем при зафиксированных с помощью ручного ввода данных на сети железных дорог. За счет сопряжения системы КАС АНТ с информационными системами хозяйств и информационной системой графика исполненного движения «ГИД Урал» уровень автоматизации сбора и обработки данных об отказах технических средств в настоящее время превысил 85%.

Достигнутые результаты позволяют использовать систему УРРАН для оценки эффективности работы подразделений по надежности и безопасности функционирования технических систем, расчет показателей которых реализуется в АС УРРАН.



# Экономические критерии принятия решений о замене основных средств на основе методологии УРРАН

**А.М. ЗАМЫШЛЯЕВ,**  
канд. техн. наук,  
руководитель НТК, ОАО  
"НИИАС", A.Zamyshlyayev@  
ctt.com.rzd

**М.Ю. РАЧКОВСКИЙ,**  
зам. начальника  
ЦКЗ, ОАО "РЖД",

**М.С. НИКИФОРОВА,**  
канд. техн. наук,  
зам. генерального  
директора, ЗАО "АПИ"

**Методология УРРАН, внедряемая в настоящее время в ОАО "РЖД", предполагает управление ресурсами и рисками при условии обеспечения требуемого уровня надежности и безопасности**

Одной из задач УРРАН является распределение имеющихся ресурсов таким образом, чтобы максимально снизить риски функционирования производственных систем в рамках заданного коридора надежности.

Учитывая ограниченность ресурсов ОАО "РЖД", направляемых на обновление основных фондов инфраструктурных хозяйств, актуальной становится оценка возможности увеличения межремонтных интервалов и продления сроков службы основных средств.

## Методологический подход

В настоящее время в ОАО "РЖД" применяются технические критерии принятия решения, в т. ч. нормативы периодичности проведения ремонтных работ. С точки зрения экономики с использованием метода дисконтированных денежных потоков оцениваются такие показатели эффективности, как NPV, IRR, DPP, PI.

В рамках методологии УРРАН сформированы подходы, предусматривающие последовательное применение критериев обеспечения безопасности, технической и

экономической целесообразности при принятии решений о замене (проведении ремонта) или продлении срока службы объекта.

Методологической основой формирования критериев экономической целесообразности продления срока службы является **концепция стоимости жизненного цикла** (далее – СЖЦ).

Для справки

На железнодорожном транспорте под жизненным циклом понимается совокупность взаимосвязанных, последовательно осуществляемых процессов установления требований, создания, применения и утилизации объекта инфраструктуры и подвижного состава, происходящих в течение периода времени, который начинается с этапа создания концепции объекта инфраструктуры или подвижного состава и заканчивается после этапа утилизации объекта инфраструктуры или подвижного состава (ГОСТ Р 54505-2011 “Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте”).

Основой управления СЖЦ является дерево затрат, в которое включаются затраты на приобретение и содержание оборудования в течение его жизненного цикла, а также затраты на отказы и утилизацию.

Для участка пути **затратами жизненного цикла** являются затраты:

- на строительство/реконструкцию участка пути, включая выполнение проектных работ;
- на текущее содержание участка пути (проведение регулярных осмотров, в т. ч. с использованием дефектоскопических машин; заработная плата персонала; управленческие расходы);
- на плановые ремонты участка пути (материалы; транспортировка; заработная плата ремонтного персонала; затраты, связанные с технологическими окнами);
- связанные с отказами участка пути (внеплановые ремонтные работы; простои поездов и возможные штрафные санкции, вызванные отказами; недополученная прибыль);
- связанные с утилизацией, за вычетом стоимости старогодных материалов.

Основы существующей нормативной базы процессов содержания и обслуживания объектов инфраструктуры, в т. ч. железнодорожного пути, были разработаны 50–70 лет назад. Единственным критерием назначения работ длительное время был пропущенный тоннаж, и только начиная с 1995 г., когда в качестве основного нормативного документа были приняты Технические условия на работы по ремонту и планово-предупредительной выправке пути (ЦПТ-53), стали использоваться также дополнительные критерии “по фактическому состоянию”.

Действующий порядок формирования плана капитальных ремонтов (реконструкции) путевого хозяйства ОАО «РЖД» предполагает трехступенчатую оценку:

- нормативов периодичности проведения ремонтов;
- критериев назначения работ по состоянию пути;
- состояния путей (“балловая” комплексная оценка).

Основными критериями при выборе участков пути, которые войдут в план капитальных ремонтов (реконструкции) на будущий год, являются нормативы периодичности. Критерии назначения работ по фактическому состоянию пути и комплексная оценка состояния пути являются дополнительными при выборе участков.

Сопоставление и анализ процессов, относящихся к планированию ремонтных работ инфраструктуры путевого хозяйства ОАО «РЖД», позволили сформировать **предпосылки для изменения действующего порядка назначения работ:**

- основными критериями текущего планирования являются нормативы по пропущенному тоннажу (сроку службы), в то время как фактическое состояние пути отражено во вспомогательных параметрах;
- уровень отказов при назначении ремонтов не учитывается, хотя отказы непосредственно связаны с фактическим состоянием пути: когда путь изнашивается, его фактическое состояние ухудшается, в результате чего происходят отказы;
- при назначении ремонтов не происходит экономической оптимизации;
- отсутствуют описание и обоснование процедуры отбора работ в план ремонтов в связи с бюджетными ограничениями.

В рамках методологии УРРАН была проработана возможность использования инструментов теории надежности и теории СЖЦ при назначении ремонтных работ.

Подход к назначению работ по ремонтам пути основывается на сравнении фактических и контрольных значений следующих показателей:

- пропущенный тоннаж, млн т.;
- частота отказов на 1 км пути;
- прямые расходы на текущее содержание 1 км пути.

Инструмент принятия решений о проведении ремонтных работ иллюстрирует табл. 1. Основным принципом назначения капитального ремонта является превышение контрольных значений по двум из показателей.

Таблица 1

**Инструмент принятия решений о проведении ремонтных работ**

Сценарий	Пропущенный тоннаж, млн т	Частота отказов на 1 км	Прямые расходы на текущее содержание за последний год на 1 км	Решение
1	Не превышает контрольного значения	Не превышает контрольного значения	Не превышают контрольного значения	Капитальный ремонт не назначается
2	Превышает контрольное значение	Не превышает контрольного значения	Не превышают контрольного значения	Капитальный ремонт не назначается. Продление срока службы
3	Превышает контрольное значение	Превышает контрольное значение	Не превышают контрольного значения	Назначение капитального ремонта
4	Превышает контрольное значение	Превышает контрольное значение	Превышают контрольное значение	Назначение капитального ремонта
5	Превышает контрольное значение	Не превышает контрольного значения	Превышают контрольное значение	Назначение капитального ремонта
6	Не превышает контрольного значения	Превышает контрольное значение	Превышают контрольное значение	Назначение капитального ремонта
7	Не превышает контрольного значения	Превышает контрольное значение	Не превышают контрольного значения	Определение причин высокой частоты отказов и принятие решения по назначению среднего ремонта/смены рельс
8	Не превышает контрольного значения	Не превышает контрольного значения	Не превышают контрольного значения	Определение причин высоких текущих расходов и принятие решения по назначению ремонта или сокращению расходов

Значения показателей были установлены следующим образом.

**1. Пропущенный тоннаж**

Параметрами, от которых зависит периодичность ремонтов, являются группа пути, категория пути, класс пути. Для различных групп утверждены нормативные сроки проведения капитальных ремонтов в зависимости от типа подрельсового основания и степени годности материалов верхнего строения пути, примененных при последней смене рельсо-шпальной решетки:

- группы А и Б – ремонты назначаются после 600–700 млн т/км;

- группа В – 600–700 млн т/км или 18 лет;
- группа Г – 600–700 млн т/км или 18–30 лет;
- группа Д – 30–35 лет;
- группа Е – 25–40 лет.

Подходы к определению показателя пропущенного тоннажа совпадают с подходами, определенными Техническими условиями на работы по ремонту и планово-предупредительной выправке пути (ЦПТ-53).

## 2. Частота отказов на 1 км пути

Расчет фактического количества отказов на 1 км пути для отдельного отрезка (участка, перегона) производится по формуле

$$\eta_{\text{факт}} = (ГРК + ОДР)/l,$$

где  $\eta_{\text{факт}}$  – фактическая частота отказов на отрезке (участке, перегоне), ед./км;  
 ГРК – количество отказов ГРК (геометрия рельсовой колеи) на данном отрезке (участке, перегоне) за год, ед.;  
 ОДР – количество отказов ОДР (остро дефектный рельс) на данном отрезке (участке, перегоне) за год, ед.;  
 l – длина отрезка (участка, перегона), км.

Контрольные значения для каждой группы грузонапряженности (табл. 2) определены на основании статистических данных путевого хозяйства.

Таблица 2

Контрольные значения частоты отказов,  $\eta$ , ед./км

Группа					
А	Б	В	Г	Д	Е
> 1,6	> 1,6	> 2	> 2,5	> 3	> 3,5
0,8–1,6	0,8–1,6	1,0–2,0	1,2–2,5	1,2–3	1,2–3,5
0,2–0,8	0,2–0,8	0,5–1,0	0,6–1,2	0,6–1,2	0,6–1,2

Сначала определялись нормы интенсивности отказов для каждой группы грузонапряженности. Затем интенсивность отказов переводилась в частоту отказов для каждой группы грузонапряженности:

$$\eta = \lambda \Gamma / 10^3,$$

где  $\eta$  – частота отказов на отрезке (участке, перегоне);  
 $\lambda$  – интенсивность отказов на данном отрезке (участке, перегоне), ед./млрд т-км;  
 $\Gamma$  – грузонапряженность, млн т-км брутто/км.

### 3. Прямые расходы на текущее содержание 1 км пути

Фактические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути определяются по формуле

$$P_{\text{факт}} = C_{\text{отк}} + C_{\text{тек}}$$

где  $P_{\text{факт}}$  – фактические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути, руб.;

$C_{\text{отк}}$  – фактическая стоимость устранения отказов на 1 км пути, руб.;

$C_{\text{тек}}$  – фактическая стоимость текущего содержания на 1 км пути, руб.

Для определения фактической стоимости устранения отказов использовалась информация о количестве отказов ГРК и ОДР, а также данные о стоимости устранения одного отказа и стоимости задержки поезда по причине отказа:

$$C_{\text{отк}} = [(ГРК + ОДР)C_{\text{од.отк}} + (ГРК + ОДР)C_z]/I,$$

где  $ГРК$  – количество отказов ГРК на данном отрезке (участке, перегоне) за год, ед.;

$ОДР$  – количество отказов ОДР на данном отрезке (участке, перегоне) за год, ед.;

$C_{\text{од.отк}}$  – стоимость устранения одного отказа, руб.;

$C_z$  – среднестатистическая стоимость задержки поезда от одного отказа, руб.;

$I$  – длина отрезка (участка, перегона), км.

При определении фактической стоимости текущего содержания учитывались данные о заработной плате монтеров пути, стоимости материалов и стоимости работы машин; прочие затраты были признаны условно-постоянными или не существенными и не принимались в расчеты:

$$C_{\text{тек}} = (C_{\text{раб}} + C_{\text{мат}} + C_{\text{маш}})/I,$$

где  $C_{\text{раб}}$  – фактическая годовая стоимость работ монтеров пути для текущего обслуживания данного отрезка (участка, перегона), руб.;

$C_{\text{мат}}$  – фактическая годовая стоимость материалов для текущего обслуживания данного отрезка (участка, перегона), руб.;

$C_{\text{маш}}$  – фактическая годовая стоимость работ машин для текущего обслуживания данного отрезка (участка, перегона), руб.

Расчет контрольного значения расходов  $P_{\text{контр}}$  на текущее содержание 1 км пути производится по формуле

$$P_{\text{контр}} = C_{\text{отк.контр}} + C_{\text{тек.контр}} + C_{\text{аморт.контр}}$$

где  $C_{\text{отк.контр}}$  – контрольное значение стоимости отказов на 1 км пути, руб.;

$C_{\text{тек.контр}}$  – контрольное значение стоимости текущего содержания на 1 км пути, руб.;

$C_{\text{аморт.контр}}$  – контрольное значение амортизации на 1 км пути, руб.

Контрольные значения стоимости отказов и стоимость текущего содержания на 1 км пути определяются аналогично фактическим показателям:

$$C_{отк.контр} = [(ГРК_{ср} + ОДР_{ср})C_{од.отк} + (ГРК_{ср} + ОДР_{ср})C_3]/I,$$

где  $ГРК_{ср} + ОДР_{ср}$  – среднестатистическое количество отказов для данной группы пути в зависимости от количества лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, ед.;

$$C_{тек.контр} = (C_{ср.раб} + C_{ср.мат} + C_{ср.маш})/I,$$

где  $C_{ср.раб}$  – статистическая среднегодовая стоимость работ монтеров пути для текущего обслуживания данного отрезка (участка, перегона) для данной группы в зависимости от количества лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, руб.;

$C_{ср.мат}$  – статистическая среднегодовая стоимость материалов для текущего обслуживания данного отрезка (участка, перегона) для данной группы в зависимости от количества лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, руб.;

$C_{ср.маш}$  – статистическая среднегодовая стоимость работ машин для текущего обслуживания данного отрезка (участка, перегона) для данной группы в зависимости от количества лет, прошедших с момента проведения капитального ремонта, руб.

Контрольное значение амортизации на 1 км определяется как стоимость капитального ремонта 1 км пути, распределенная равномерно на количество лет, прошедших после капитального ремонта:

$$C_{аморт.контр} = C_{к.р} / (T_{к.р} I),$$

где  $C_{к.р}$  – стоимость капитального ремонта, руб.;

$T_{к.р}$  – количество лет, прошедших после капитального ремонта, годы.

В связи с тем, что в прямых затратах по обслуживанию 1 км пути не рассматривались отдельные затраты, такие как затраты по исправлению дефектов, отходы и т. д., методом экспертных оценок был определен поправочный коэффициент.

Таким образом, критерий экономической целесообразности продления срока службы для хозяйства пути и сооружений представляет собой решающее правило, согласно которому фактические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути ( $P_{факт}$ ) сравниваются с контрольным значением ( $P_{контр}$ ).

В случае, если  $P_{факт} \geq P_{контр}$  экономически более эффективно проведение "тяжелых" видов ремонтов; если  $P_{факт} < P_{контр}$  – с экономической точки зрения возможно отложить проведение капитального ремонта.

### **Использование методологии УРРАН на Северной железной дороге (СЖД)**

В соответствии с критериями методологии УРРАН для проведения работ на 2011 г. были отобраны 57 перегонов СЖД общей протяженностью 527,5 км, из них имели превышение контрольного значения:

- 51 – по пропущенному тоннажу;

- 26 – по частоте отказов;
- 40 – по экономическому показателю.

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

Совокупная протяженность перегонов, отобранных для проведения работ по критериям методологии УРРАН, в целом совпадает с протяженностью перегонов, запланированных для проведения ремонтных работ в соответствии с действующим подходом назначения работ в 2011 г.

Совпадение отдельных перегонов между двумя планами работ (табл. 3) составило всего 26% по СЖД в целом. При этом по некоторым группам грузонапряженности (Г и Е) совпадений не было.

Таблица 3

**Сравнение планов капитальных ремонтов**

Группа	Длина, км			
	ЦПТ-53	УРРАН	Совпадения, км	Совпадения, %
А	89,75	121,55	40,17	45
Б	96,44	46,76	25,08	26
В	146,36	104,97	34,11	23
Итого по А, Б, В	332,56	273,27	99,36	30
Г	115,98	78,19	0,00	0
Д	78,38	96,25	37,75	48
Е	0,00	79,80	0,00	0
Итого по Г, Д, Е	194,35	254,24	37,75	19
Итого	526,91	527,51	137,11	26

Отсутствие совпадений по группе Г объясняется тем, что в план работ (подготовленный на основании действующего подхода) включены перегоны (совокупной протяженностью 115,98 км), на которых в 2010 г. было зафиксировано всего два отказа, а также наблюдался относительно низкий уровень расходов на текущее содержание (в среднем 150 тыс. руб. на 1 км).

Использование критериев УРРАН позволило включить в план работ по группе Г перегоны протяженностью 78,19 км, имеющие совокупную частоту отказов 2,86 (что выше контрольного значения для данной группы грузонапряженности).

Среднее количество отказов по методологии УРРАН (1,42) превышает среднее количество отказов по ЦПТ-53 (0,48) на 0,94 ед. на 1 км пути (табл. 4).



Таблица 4

**Сравнение частоты отказов планов капитальных ремонтов**

Группа	ЦПТ-53		УРРАН	
	Количество отказов, ед.	Частота отказов, ед. на 1 км	Количество отказов, ед.	Частота отказов, ед. на 1 км
А	69	0,77	145	1,19
Б	47	0,49	71	1,52
В	107	0,73	216	2,06
Итого по А, Б, В	223	0,67	432	1,58
Г	2	0,02	224	2,86
Д	27	0,34	90	0,94
Е	0	0	4	0,05
Итого по Г, Д, Е	29	0,15	318	1,25
Итого	252	0,48	750	1,42

Всего по плану проведения работ по критериям УРРАН планируется включить перегоны, на которых в 2010 г. было зафиксировано 750 отказов, что составляет 19% всех отказов СЖД, тогда как действующий подход формирования планов работ на основе нормативов пропущенного тоннажа предполагает ремонты на перегонах, имевших в 2010 г. всего 250 отказов.

Среднестатистические прямые расходы на текущее содержание 1 км пути перегонов, вошедших в план работ по методологии УРРАН (табл. 5), составили 496 тыс. руб., что на 55% выше, чем аналогичный показатель по перегонам из действующего плана работ.

Таблица 5

**Сравнение экономического критерия планов капитальных ремонтов**

Группа	Прямые расходы на текущее содержание на 1 км пути, тыс. руб.		Отношение прямых расходов на текущее содержание на 1 км перегонов УРРАН к перегонам ЦПТ-53, %
	ЦПТ-53	УРРАН	
1	2	3	4
А	407	445	109
Б	361	653	181
В	339	555	164
Итого по А, Б, В	364	523	144
Г	150	550	367

Окончание табл. 5

1	2	3	4
Д	381	549	144
Е	0	287	–
Итого по Г, Д, Е	243	467	192
Итого	319	496	155

Основным эффектом от формирования плана работ на основе критериев УРРАН является **снижение затрат на текущее содержание** за счет проведения капитального ремонта на участках, срок ремонта на которых по нормативам еще не наступил, но затраты на текущее содержание превышают контрольные значения экономического критерия.

Для расчета экономического эффекта от применения системы назначения работ УРРАН была определена разница в СЖЦ при применении системы УРРАН и действующей системы.

При определении экономического эффекта учитываются следующие моменты:

- так как выполнение капитальных ремонтов отражается на работе системы в течение периода, следующего за плановым, эффект от работ должен измеряться за год, следующий за плановым;
- рассчитывается разница в расходах на участок по двум сценариям – системе УРРАН и действующей системе;
- поскольку оценивается разница в СЖЦ, рассматриваются только те составляющие СЖЦ, которые изменились (стоимость и год проведения капитального ремонта; расходы на текущее содержание; расходы, связанные с отказами, – на внеплановые ремонтные работы; расходы, связанные с простоями поездов).

В связи с тем, что на участках, которые не попали в титульные списки ни по действующей системе, ни по системе УРРАН, изменений СЖЦ не планируется, расчет проводился только по тем участкам, которые попали в титульные списки по обеим системам.

Прогнозный экономический эффект на 2012 г. от реализации плана работ, сформированного по методологии УРРАН, оценивается в 91 053 тыс. руб., в т. ч. за счет сокращения:

- прямых текущих расходов на содержание путевой инфраструктуры СЖД – 47 234 тыс. руб.;
- количества отказов и, как следствие, расходов на ликвидацию отказов, а также на простой поездов – 43 818 тыс. руб.

**Решающее правило для объектов хозяйства электрификации и электроснабжения** выглядит следующим образом:

- если  $CЖЦ_3^- > k_{\text{мод}} CЖЦ_n^-$ , то продление срока службы экономически эффективно;
- если  $CЖЦ_3^- \leq k_{\text{мод}} CЖЦ_n^-$ , то продление срока службы экономически неэффективно.

В данном правиле:  $CЖЦ_3^-$  – среднегодовая СЖЦ объекта в случае его замены;  $CЖЦ_n^-$  – среднегодовая СЖЦ объекта в случае продления срока службы объекта;  $k_{\text{мод}} \in [1; 1,2]$  – коэффициент модернизации, определяющий границы, в пределах которых при незначительном преимуществе в пользу решения о продлении принимается решение о замене оборудования.

Объекты хозяйства электрификации и электроснабжения, по которым принимаются решения о продлении их срока службы или замене, имеют различные назначенные сроки службы. В случае если объект заменяют, среднегодовая стоимость жизненного цикла определяется по формуле:

$$CЖЦ_3^- = CЖЦ_3 / \{(1/d)[1 - 1/(1 + d)^{T_3}]\},$$

где  $CЖЦ_3$  – СЖЦ объекта в случае его замены;  
 $T_3$  – срок службы нового устройства, лет;  
 $d$  – ставка дисконтирования;

$$CЖЦ_n^- = CЖЦ_n / \{(1/d)[1 - 1/(1 + d)^{T_n}]\},$$

где  $CЖЦ_n$  – СЖЦ объекта в случае продления его срока службы;  
 $T_n$  – продление срока службы, лет.

СЖЦ определяется по следующим формулам:

- для объекта электрификации и электроснабжения, если его заменяют:

$$CЖЦ_3 = S_{\text{нач0}} + \sum_{i=0}^{T_3} [(S_{\text{ТС}}^3 + S_{\text{откл}}^3) / (1 + d)^i + S_{\text{утилт3}} / (1 + d)^{T_3}],$$

где  $i = 0, T_3$  – года (в натуральном выражении);  
 $S_{\text{нач0}}$  – затраты на приобретение и установку;  
 $S_{\text{утилт3}}$  – затраты на утилизацию объекта (в конце срока службы нового объекта);  
 $S_{\text{ТС}}^3$  – затраты на техническое содержание объекта в случае его замены;  
 $S_{\text{откл}}^3$  – затраты, связанные с отказами объекта, в случае его замены;

- для объекта электрификации и электроснабжения, если его срок службы продлевают:

$$CЖЦ_n = S_{\text{осв0}} + \sum_{i=0}^{T_n} [(S_{\text{ТС}}^n + S_{\text{откл}}^n) / (1 + d)^i + S_{\text{утилтн}} / (1 + d)^{T_n}],$$

где  $i = 0, T_n$  – года (в натуральном выражении);  
 $S_{\text{осв0}}$  – затраты на освидетельствование (оценка фактического состояния и документальное оформление продления срока службы);

- $S_{утилTn}$  – затраты на утилизацию объекта в конце его срока продления;
- $S_{TCI}^n$  – затраты на техническое содержание объекта в случае продления его срока службы;
- $S_{отки}^n$  – затраты, связанные с отказами объекта, в случае продления его срока службы.

В табл. 6 представлены составляющие СЖЦ объектов хозяйства электрификации и электроснабжения, принимаемые в расчет экономической эффективности продления их срока службы.

Таблица 6

**Составляющие СЖЦ объектов хозяйства электрификации и электроснабжения, принимаемые в расчет экономической эффективности продления их срока службы**

Замена	Продление срока службы
Затраты на приобретение и установку, $S_{нач0}$	Затраты на освидетельствование (оценка фактического состояния и документальное оформление продления срока службы), $S_{осв0}$
Затраты, связанные с утилизацией объекта (в конце срока службы нового объекта), $S_{утилTз}$	Затраты, связанные с утилизацией объекта в конце его срока продления, $S_{утилTn}$
Затраты на техническое содержание объекта в случае его замены, $S_{NCI}^3$	Затраты на техническое содержание объекта в случае продления его срока службы, $S_{NCI}^n$
Затраты, связанные с отказами объекта, в случае его замены, $S_{отки}^3$	Затраты, связанные с отказами объекта, в случае продления его срока службы, $S_{отки}^n$

Введение экономических критериев позволит повысить обоснованность принимаемых решений о замене (проведении ремонта) или продлении срока службы, а также по отбору объектов для финансирования в условиях ограниченности ресурсов.



**В.В. АНОШКИН**,  
главный инженер Управления  
автоматики и телемеханики  
Центральной дирекции  
инфраструктуры

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ УРРА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТРЕБОВАНИЙ К УСТРОЙСТВАМ

Безопасность и интенсивность движения поездов в основном определяются параметрами работы технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики, которые характеризуются показателями надежности.

■ В соответствии с «Методическим руководством по управлению ресурсами и рисками в хозяйстве автоматики и телемеханики на основе методологии УРРАН» рассчитываются и оцениваются основные показатели надежности:

$K_r$  и  $K_n$  – коэффициенты готовности и простоя соответственно;

$\lambda$  и  $\mu$  – интенсивности потока отказов и восстановления нормальной работы устройств;

$T_o$  и  $T_b$  – среднее время наработки на отказ и до восстановления нормальной работы устройств.

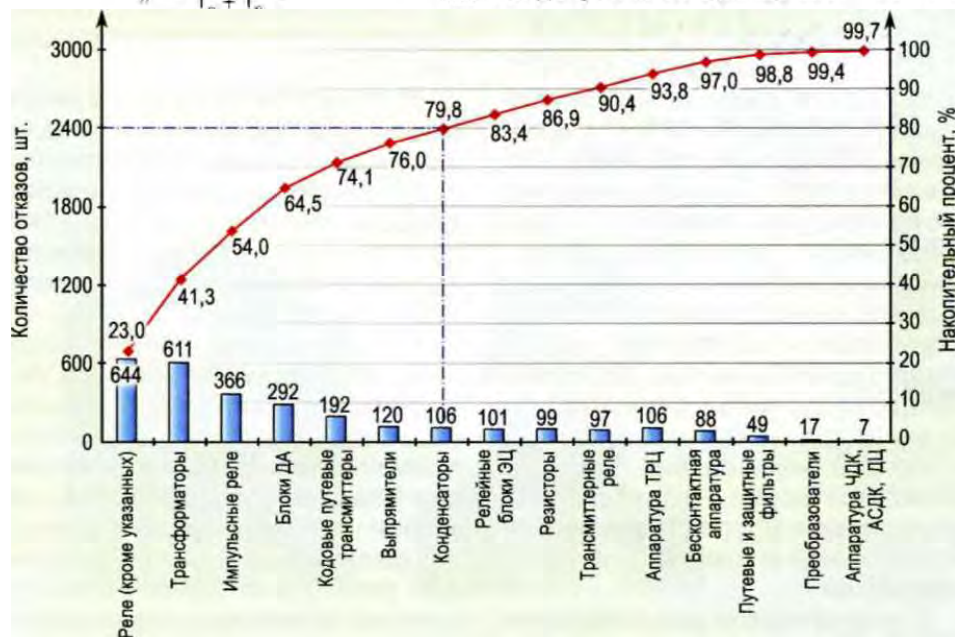
Эти показатели рассчитываются и оцениваются для технических средств всех перегонов и станций в пределах дистанций с учетом реальных условий их эксплуатации. При этом различают три уровня значений: допустимые по условиям перевозочного процесса, проектные и фактические [1].

Коэффициенты готовности и простоя в сумме дают единицу ( $K_r + K_n = 1$ ), а интенсивность потока отказов и среднее время наработки на отказ так же, как и среднее время до восстановления и интенсивность восстановления нормальной работы устройств, являются попарно взаимобратными величинами ( $\lambda = 1/T_o$ ;  $\mu = 1/T_b$ ).

В связи с этим при расчетах в качестве основных используются три показателя –  $K_n$ ,  $\lambda$  и  $T_b$ .

При установленном (стационарном) процессе эксплуатации в течение достаточно длительного периода наблюдения они связаны между собой известным соотношением

$$K_n = \frac{T_b}{T_o + T_b}$$



Для хозяйства автоматики и телемеханики фактические значения показателей надежности  $\lambda_{ф}$ ,  $T_{б}^{ф}$ ,  $K_{п}^{ф}$  рассчитываются на основе статистических данных о нарушениях нормальной работы средств ЖАТ, полученных из системы АСУ-Ш-2. Для каждого перегона и станции рассматриваются периоды нормальной работы устройств и ее нарушений. Средние длительности этих периодов дают оценку фактического значения времени наработки на отказ ( $T_{о}^{ф}$ ) и восстановления нормальной работы ( $T_{б}^{ф}$ ) соответственно. Затем по предложенной формуле вычисляется фактическое значение коэффициента простоя  $K_{п}^{ф}$ .

Проектное значение среднего времени наработки на отказ  $T_{о}^{пр}$  (или интенсивности потока отказов  $\lambda_{пр}$ ) определяется в соответствии с «Методикой расчета и анализа проектных значений показателей надежности функционирующих средств железнодорожной автоматики и телемеханики». Расчеты строятся на основе структурных схем надежности перегонов и станций, а также данных о величине среднего времени наработки на отказ, содержащихся в технических условиях на аппаратуру.

Проектное значение  $T_{б}^{пр}$  вычисляется с использованием специальной имитационной модели. На основе этих данных по указанной формуле определяется проектное значение коэффициента простоя  $K_{п}^{пр}$ .

Допустимое значение  $K_{п}^{доп}$  рассчитывается исходя из максимально допустимого суммарного

времени задержки поездов по всей дороге в сутки или за иной отчетный период. При этом требования к коэффициенту простоя типовых объектов инфраструктуры принимаются одинаковыми.

Показатель  $T_{б}^{доп}$  для каждого перегона и станции является нормируемой величиной. При этом допустимые значения  $\lambda_{доп}$  для всех перегонов и станций определяются в соответствии с [1] на основе  $K_{п}^{доп}$  и  $T_{б}^{доп}$ .

Указанные расчетные процедуры можно выполнить автоматически с помощью автоматизированной системы управления ресурсами и рисками на основе анализа надежности (АС УРРАН).

Сравнение допустимого и фактического уровней дает возможность определить, соответствует ли последний из них требованиям перевозочного процесса [2].

Сведения о соотношениях проектного и фактического значений интенсивности потока отказов для всех систем автоблокировки, а также электрической и микропроцессорной централизаций по дорогам и в целом по сети формируются с использованием представленных расчетов интенсивности потока отказов технических средств. При этом самые жесткие допустимые значения интенсивности потока отказов определяют требования к проектным значениям соответствующих показателей для этих систем. Исходя из них следует выработать требования к входящим в состав систем техническим средствам и устройствам, имеющим самостоятельные ТУ.

Проанализировав параметры надежности всех элементов в составе объекта, выбирается самый критичный. Повысив его надежность с помощью известных методов, можно добиться улучшения показателей работы всего объекта в целом. При этом, следует учитывать экономические показатели стоимости жизненного цикла как всего объекта ЖАТ в целом, так и входящих в его состав отдельных устройств или технических средств.

При задании требований по надежности возможны варианты исполнения аппаратуры для железнодорожных линий с различной интенсивностью движения поездов, а следовательно, и разными требованиями по допустимой интенсивности потока отказов.

Методология УРРАН дает возможность оценить деятельность подразделений хозяйства на основе анализа соотношений проектных и фактических значений показателей надежности [3]. Планировать эксплуатационные расходы следует сопоставив их фактические и допустимые значения. Сравнение допустимых и проектных значений этих показателей позволит правильно планировать инвестиции. Определить состояние технических средств ЖАТ (остаточный ресурс) можно проанализировав проектные значения интенсивности потока отказов и среднего времени наработки на отказ.

Все необходимые расчеты делаются с помощью 11 нормативных документов (методик) в рамках внедрения методологии УРРАН, с которыми можно ознакомиться на сайте ПКТБ ЦШ. Еще одну методику предстоит утвердить в этом году.

До конца текущего года в рамках внедрения методологии УРРАН предполагается апробировать ряд методик:

расчета показателей надежности и безопасности функционирования объектов ЖАТ;

оценки рисков для объектов ЖАТ;

оценки остаточного ресурса по видам основных средств хозяйства автоматики и телемеханики ОАО «РЖД»;

формирования планов работ по реконструкции основных технических средств для реализации в инвестиционной программе хозяйства автоматики и телемеханики с использованием показателей УРРАН;

комплекс нормативно-методической документации по определению предотказных состояний средств ЖАТ.

На рисунке приведена диаграмма распределения отказов аппаратуры ЖАТ на сети дорог по группам, а в таблице - некоторые данные, отражающие соотношение ее фактической и нормативной интенсивности потока отказов.

Диаграмма позволяет выделить группу проблемных устройств. Таблица предоставляет информацию о степе-

ни надежности аппаратуры - значения отношения  $X_{A.f}$  менее единицы у реле КМШ, КШ1-80 и преобразователя частоты ПЧ-50/25 свидетельствуют о несоответствии их надежности характеристикам требуемым.

Методология УРРАН должна учитываться при формировании проекта классификатора закупок для хозяйства автоматики и телемеханики. При этом следует использовать такие показатели, как:

безотказность (средняя наработка на отказ, повторяющаяся требования безопасности);

ремонтпригодность (среднее время до восстановления нормальной работы устройств);

готовность (коэффициент простоя);

долговечность (средний ресурс).

Существует шесть сценариев принятия управленческих решений, основанных на соотношении уровней допустимой, проектной и фактической интенсивности потока отказов. В соответствии с ним определяют мероприятия, относящиеся ко всем стадиям жизненного цикла устройств. Это объективное обоснование предъявления требований по надежности к аппаратуре ЖАТ при ее разработке, производстве, эксплуатации и техническом обслуживании.

Сегодня требования к показателям надежности для вновь разрабатываемых устройств ЖАТ устанавливаются в соответствии с:

ОСТ 32.146-2000 «Аппаратура железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Общие технические условия»;

СТО РЖД 1.19.003-2010 «Автоматизированные системы диспетчерского управления движением поездов. Общие технические требования»;

СТО РЖД 1.19.004-2010 «Автоматизированные системы управления движением поездов на станциях. Общие технические требования».

№ п/п	Тип реле	Интенсивность потока отказов, $10^{-6} \text{ ч}^{-1}$		Отношение $\lambda_n/\lambda_f$
		Фактическая $\lambda_f$	Нормативная $\lambda_n$	
1	АНШ2-1230	0,016	0,06	3,75
2	КМШ	0,053	0,02	0,38
3	КШ1-80	0,078	0,05	0,64
4	НМПШ2-400	0,029	0,09	3,1
5	Трансмиттер КПТШ	0,145	0,34	2,34
6	Блоки питания БПШ	0,029	0,38	13,1
7	Преобразователь ПЧ-50/25	0,065	0,03	0,46
8	Блок БИ-ДА	0,24	0,33	1,4
9	Блок БС-ДА	0,37	0,55	1,49
10	Блок БК-ДА	0,11	0,4	3,64

На стадии утверждения находится ГОСТ Р «Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Общие технические требования», разработанный взамен ОСТ 32.146-2000.

Эти требования также учтены в разрабатываемых ГОСТах:

«Приводы стрелочные электромеханические. Требования безопасности и методы контроля»;

«Реле безопасные, релейные блоки и стивы. Общие технические условия»;

«Датчики индуктивно-проводные. Требования безопасности и методы контроля».

Отдельно следует отметить особенности применения требований по надежности при проведении конкурсных процедур для объектов ЖАТ. Подразумевается, что допускаться к ним могут только предприятия, выпускающие устройства и системы ЖАТ, прошедшие все необходимые испытания и принятые в постоянную эксплуатацию ус-

тановленным порядком. Продукция должна комплектоваться утвержденными инструкциями о порядке пользования, картами технологических процессов обслуживания и другой необходимой нормативной и технической документацией.

В нормативных документах по организации эксплуатации и рекламационной работе с поставщиками и производителями систем и устройств ЖАТ следует предусмотреть разделы по учету результатов анализа их деятельности в послегарантийный период на основании статистических оценок фактических значений показателей надежности аппаратуры ЖАТ.

Для решения этих задач при определении требований к поставщикам и их продукции целесообразно проанализировать действующие и разрабатываемые отраслевые, национальные и межгосударственные стандарты в области ЖАТ. Следует также доработать технические условия

на поставляемую продукцию в части корректировки назначенных сроков ее эксплуатации на основе ключевых показателей методологии УРРА.

Кроме того, необходимы регламент по организации рекламационной работы в послегарантийный период эксплуатации технических средств, методика расчета показателей и оценки планируемой к поставке продукции ЖАТ с учетом этой методологии.

В заключение можно отметить, что внедрение методологии управления ресурсами и рисками на основе анализа надежности позволяет не только объективно оценивать состояние действующих устройств, но и целесообразность их дальнейшей эксплуатации. При разработке новых устройств появляется возможность задавать необходимые показатели надежности для конкретных участков с учетом интенсивности движения поездов и других условий.

## Аспекты внедрения методологии управления рисками в проектах и операционной деятельности и применение программного обеспечения

*Управление рисками - очень обширная область знаний и деятельности, чтобы можно было охватить все аспекты использования программного обеспечения и методологии его внедрения. В представленной статье мы ограничимся рассмотрением управления рисками в проектах и операционной деятельности преимущественно в области ИТ, телекома, оказания услуг.*



**Данил ДИНИС,**  
д. т. н., специальность «Системный анализ», PMP, MOF certified  
dinzis@specialist.ru,  
consult@dintsis.org

Длительное время управление рисками во многих отраслях, не связанных напрямую с оказанием финансовых услуг, оставалось на периферии управленческой деятельности и зачастую рассматривалось представителями менеджмента как попытка заранее оправдать возможные неудачи и понесенные убытки. Во многом это было обусловлено сложностями оценки эффективности управления рис-

**Рис. 1.**  
Функциональный принцип построения системы управления рисками



ками, идентификации и оценки самих рисков в понятных управленцу терминах. Сейчас ситуация постепенно и достаточно заметно улучшается, управление рисками перестает быть экзотикой, к нему привлечено пристальное внимание профессионального сообщества, косвенным доказательством служит и этот тематический выпуск.

Конечно, любое внедрение системы управления рисками начинается с разработки методологии, адаптированной к конкретной компании. Методологические основы управления рисками зафиксированы в стандартах ISO 31000:2009 «Менеджмент рисков. Принципы и руководящие указания», ISO/IEC 31010:2009 «Менеджмент рисков. Методы оценки рисков».

Большинство популярных методологий стандартов опираются на эти общие принципы и адаптируют и расширяют их применительно к своей сфере. В качестве примеров можно привести РМГ РМВОК", Prince\* 2, MOF\* (Microsoft Operations Framework), ISO 21500. В большинстве современных подходов к управлению рисками рассматриваются все виды рисков в зависимости от их последствий: негативные, позитивные и спекулятивные. В прикладных системах акцент чаще делается на негативных рисках и защите от возможного ущерба.

Система управления рисками, как правило, строится по иерархическому принципу:

- 1) в соответствии с иерархией функциональной и/или проектной деятельности в организации (рис. 1);
- 2) по корневому источнику риска (рис. 2).

Первым шагом в управлении рисками всегда является их идентификация. Это относится к любому иерархическому уровню. Идентификация рисков может осуществляться либо экспертно (наиболее распространенный вариант, особенно для проектной деятельности), либо на основе накопленной статистики (например, в телекоммуникационной или ИТ-отраслях для операционной деятельности).

Большинство стандартов рекомендует использование таких подходов, как классический «мозговой штурм» и метод Дельфи (Delphi). Правила проведения классического «мозгового штурма» предусматривают одновременный сбор экспертов и вброс ими предложений без об-

**Рис. 2.**  
Построение системы управления рисками по корневому источнику риска





суждения и критики. Тем самым обеспечивается максимальный охват мнений.

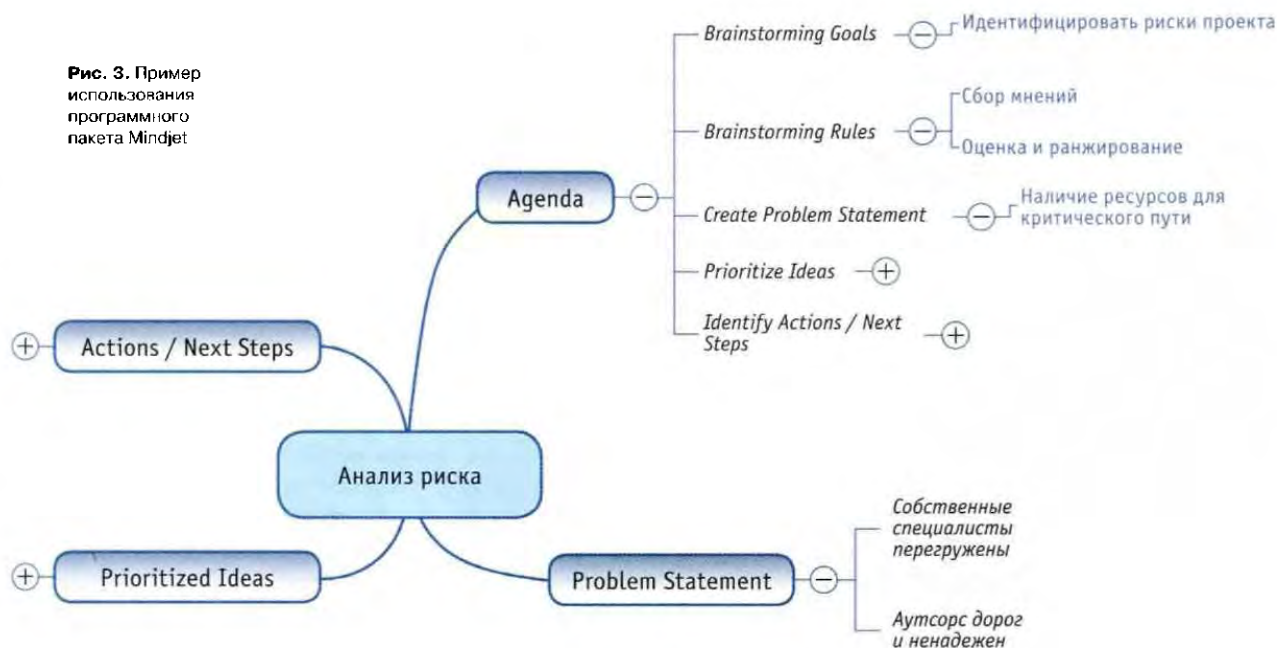
В качестве инструмента экспертного анализа причин возникновения рисков и способов реагирования в последние годы очень популярными стали так называемые интеллектуальные карты. Интеллектуальная карта представляет собой графическое представление экспертных оценок с возможностью детализации по принципу «вниз по ветке» (drill down). Первым шагом должно стать создание методологии или, по крайней мере, общих принципов проведения экспертного анализа в рамках компании. Имеет смысл создать иерархическую структуру анализа, соответствующую иерархии компетенций и принятия решений (например, по структуре, показанной на рис. 1 и/или рис. 2). В этом случае сотрудники управленческого звена формируют свой уровень (слой) рисков, далее их дополняют и детализируют, скажем, архитекторы. Нижние уровни, представляющие детализированные и узкопрофильные риски, формируются специалистами соответствующих профильных групп.

Сформировав структуру рабочих групп, переносим ее в используемое программное обеспечение. Самым простым и доступным вариантом, безусловно, будет работа в Microsoft\* Visio\*. В этой программе уже есть готовый шаблон, который называется «Схема мозгового штурма». Он позволяет наглядно представить результаты экспертного обсуждения для дальнейшего анализа.

Однако использование Visio в крупных организациях при большом количестве привлекаемых сотрудников не всегда удобно с точки зрения организации совместной работы с одним общим файлом. Да и представление крупных многоуровневых структур без механизма «сверток» усложняет восприятие информации для ее дальнейшего анализа.

Одним из популярных инструментов в последние годы стал Mindjet. Программный пакет этой компании позволяет работать как локально, так и в режиме онлайн-доступа. Mindjet обеспечивает последовательные шаги по постановке проблемы, определению порядка проведения анализа, выявлению причин возникновения проблемы, вариантов реагирования (рис. 3).

Инструменты класса «интеллектуальных» карт также очень удачно подходят для проведения экспертных оценок в тех случаях, когда очное обсуждение затруднено или требуется выделить достаточное время для анализа. В качестве примера приведу один из методов, который называется «635». Его суть состоит в том, что шесть экспертов (на самом деле количество может быть любым) в течение трех интервалов времени (минут/часов/дней в зависимости от обсуждаемой проблемы) вносят по пять предложений. Затем каждый участник рассматривает предложения одного из коллег и вносит свои дополнения. Преимуществом такого подхода по сравнению с



классическим вариантом «мозгового штурма» является возможность для каждого эксперта спокойно обдумать свою позицию, затем сравнить ее с позицией коллег и в итоге совместно принять взвешенное решение. Mindjet отлично подойдет и в этом случае. Сетевая версия, предоставляемая в том числе и в SaaS режиме, позволяет организовать групповую работу над документом с сохранением версионности и ветвления.

Для операционной деятельности перечень рисков проще идентифицировать, используя накопленные в организации базы знаний. В частности, для идентификации рисков, связанных с ИТ-сегментом, отличным инструментом для выявления потенциальных рисков будет служить база инцидентов и проблем. Что такое «инцидент» или «проблема» с точки зрения риск-менеджмента? - Наступивший негативный риск. Опираясь на лучшие практики ITIL/ITSM/MOF, рекомендуется начинать с внедрения службы поддержки (helpdesk) и соответствующего программного обеспечения. На рынке присутствует широкий спектр подобных систем - от бесплатных до промышленных гигантов. В качестве примеров, достаточно распространенных и известных, можно назвать HP Service Manager, Microsoft Service Manger (из пакета System Center), BMC Remedy. Из российских - Naumen Service Desk, 1С «Итилиум».

После определения перечня рисков необходимо провести их качественный и количественный анализ. Качественный предполагает выявление бизнес-эффекта в случае возникновения риска. Это также отражено в интеллектуальной карте, например в отдельной ветке. Количественный анализ состоит в определении вероятности, величины потенциального ущерба, устойчивости компании к тому или иному риску. Такие оценки могут базироваться на экспертных численных оценках либо на накопленных данных из предшествующего опыта. Основной проблемой анализа количественных характеристик риска является недостаточный объем данных. Особенно это характерно для проектных рисков. В подобных случаях приходится опираться на экспертные оценки. Но что такое экспертная оценка? Это мнение конкретного специалиста, основанное на его опыте и имеющейся (часто недостаточной) информации. Опирайтесь на оценку одного или даже двух экспертов довольно рискованно. Здесь присутствует своего рода «риск достоверности анализа риска». Современные методологии рекомендуют по возможности привлекать как можно больше специалистов и выявлять количественную оценку на основании методов математической статистики. Один из наиболее популярных и при этом простых подходов - метод трех точек, или PERT. Он основан на оценке математического ожидания величины за счет повышения удельного веса наиболее вероятного значения:

$$MO = (Оптимистическая\ оценка + 4x(Наиболее\ вероятная\ оценка) + Пессимистическая\ оценка) / 6.$$

Таким образом понижается удельный вес крайних оценок и повышается достоверность оценки. Например, при планировании проекта эксперты рассматривают риск возникновения задержки финансирования для задач, находящихся в критическом пути. Необходимо оценить, насколько это может задержать выполнение работ, и ввести в сетевой график соответствующие временные резервы. Сделать это можно с помощью наиболее популярного инструмента для управления проектами Microsoft\* Project и разнообразных надстроек к нему.

При наличии исторической архивной информации имеет смысл для получения численных характеристик риска воспользоваться статистическими методами, наиболее известным из которых является метод Монте-Карло. Строго говоря, под термином «Монте-Карло» понимается группа статистических методов, задача которых состоит в выдаче большого числа значений (или, точнее говоря, реализаций), которые формируются таким образом, чтобы их вероятностные характеристики соответствовали известному закону распределения и имеющимся фактическим значениям. Например, риски, связанные с человеческим или организационным фактором, как правило, подчиняются гауссову (нормальному) закону распределения, технические - пуассонову, форс-мажорные - гауссову с удлиненным правым плечом.

Конечно, если проектная деятельность составляет заметную часть общего объема работ компании, то целесообразно использовать не локальное решение, а Microsoft Project Server с подключенными к нему клиентами MS Project. Методология внедрения MS Project тесно связана с внедрением не только методик управления рисками, но и в целом интегрированного подхода к управлению проектами. Данный подход предусматривает построение проектного офиса в компании, управление единым пулом ресурсов, в том числе человеческих.

В заключение нашего небольшого обзора хотелось бы подчеркнуть важность нескольких основных аспектов:

- 1) приоритет выбора и внедрения методики и обеспечивающих ее методов и способов анализа и оценки рисков;
- 2) ведение учета статистики событий и базы знаний по компании;
- 3) подбор набора программных сред только исходя из выбранной методики.

## НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА



В.А. ГАПАНОВИЧ,  
старший вице-президент  
ОАО «РЖД»

**ВАЖНЕЙШИМ** условием эффективной работы инфраструктурного комплекса является обеспечение необходимых технических и технологических параметров изделий на всех стадиях жизненного цикла. При этом главной задачей управления данным процессом становится снижение стоимости жизненного цикла объектов (технического изделия, процесса) железнодорожного транспорта за счет оптимизации

ресурсов при условии гарантирования требуемого уровня надежности и допустимого уровня безопасности.

Одним из ключевых инновационных проектов, консолидирующих вопросы экономики, управления рисками, надежностью и безопасностью, является развитие системы УРРАН. В отличие от методологии RAMS, подразумевающей комплексное управление такими показателями, как безотказность, готовность, ремонтпригодность и безопасность, в ОАО «РЖД» дополнительно для обеспечения перехода от назначенного срока службы к оценке объектов по предельному состоянию были введены показатели долговечности и живучести.

Система УРРАН стала составной частью системы поддержки принятия реше-

ний руководителями для оценки эксплуатационной деятельности инфраструктурных хозяйств, а также обоснования экономических и технологических эффектов при планировании работ по текущему содержанию, ремонту и модернизации объектов инфраструктуры.

В компании продолжается работа по развитию проекта управления жизненным циклом (в том числе его стоимостью) сложных технических систем железнодорожного транспорта, в частности объектов путевой инфраструктуры. Решение по оптимизации стоимости жизненного цикла железнодорожного пути с учетом оценки физического износа элементов инфраструктуры принимается на основе зависимости операционных затрат на техническое содержание от на-



Рис. 1

значенного ресурса элементов железнодорожного пути (рис. 1). При этом область принятия решений о назначении вида ремонта не должна выходить за пределы допустимого уровня ресурсного риска.

ОАО «РЖД» сотрудничает с представителями Австрийских железных дорог (ОБВ) в сфере повышения надежности технических средств и обеспечения безопасности за счет применения технологий управления рисками, ресурсами, надежностью на этапе жизненного цикла. В рамках этого сотрудничества были проанализированы используемые сторонами подходы к определению объектов путевой инфраструктуры при планировании работ по техническому содержанию на основе фактического со-

стояния. Для объективной оценки параметров надежности и корректного сопоставления различных участков пути в системе УРРАН, как и в европейской методологии, используются эталонные объекты и вводятся поправочные коэффициенты, учитывающие условия эксплуатации, конструктивные особенности верхнего строения пути. В отличие от европейских подходов при определении эталонных и стандартных объектов пути в системе УРРАН введены дополнительные поправочные коэффициенты, учитывающие пропущенный тоннаж и климатические условия эксплуатации. Кроме того, в ОАО «РЖД» создана объектно-элементная модель железнодорожного направления.

Сравнение ОАО «РЖД» с зарубежными коллегами показывает, что компания не только обладает потенциалом для дальнейшего развития, обеспечивающего выход на уровень мировых стандартов, но и способна задавать планку по ряду показателей. На рис. 2 представлены основные этапы развития проектов управления жизненным циклом объектов инфраструктуры в ОАО «РЖД» и на ОБВ. В части разработки нормативно-правовой документации, методик расчета показателей надежности, автоматизированных систем и формирования экономико-математической модели оптимизации стоимости работ по ремонту и модернизации пути ОАО «РЖД» продвинулось значительно дальше австрийских партнеров, хотя данная работа была начата на европейских железных дорогах еще в 2000 г. Кроме того, если



Рис. 2

на ÖBB данный проект получил развитие только в путевом хозяйстве, то объектами управления стоимостью жизненного цикла в ОАО «РЖД» являются железнодорожный путь,

система СЦБ, система электрификации и электроснабжения.

Для формирования законченной модели поддержки принятия решений при назначении видов ра-

бот по фактическому состоянию введены показатели группы стандартов по управлению надежностью и безопасностью с учетом блоков параметров интенсивностей и частот отказов

**ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ**



Рис. 3

технических средств, работки на отказ, а также экономических показателей, характеризующих затраты и удельные трудоемкости выполнения работ по текущему содержанию пути. На основе принципов эксплуатационной надежности и безопасности разработаны методики по оптимизации управления эксплуатационными расходами и инвестициями на этапах жизненного цикла объектов путевого хозяйства, которые позволяют:

- обеспечить адресное назначение работ на участках с максимальной интенсивностью отказов с учетом условий эксплуатации (грузонапряженности и пропущенного тоннажа);
- оптимизировать выбор участков и видов ремонтных работ с учетом ресурсных ограничений;
- исключить опасные тенденции роста интенсивности отказов на рассмат-

риваемом полигоне и обеспечить на необходимом уровне безопасность и надежность перевозочного процесса.

Железнодорожный путь является сложной технической системой, состоящей из верхнего строения (рельсы, стрелочные переводы, подрельсовое основание со скреплениями и балластная призма) и нижнего (земляное полотно). Анализ факторов, приводящих к повреждению пути, позволяет своевременно принимать меры по совершенствованию элементов пути (рис. 3).

Инновационные материалы для изготовления элементов верхнего строения пути показаны на рис. 4. Применение рельсов с бейнитной структурой позволяет значительно сократить стоимость жизненного цикла за счет повышения надежно-

сти, высокого уровня ударной вязкости, отсутствия склонности к образованию контактно-усталостных дефектов.

Сравнительные эксплуатационные испытания прокладок из материала ЭКМ-Д, изготовленных Институтом механики металлополимерных систем Национальной академии наук Беларуси, и серийно применяемых прокладок из резины показали, что прокладки ЭКМ-Д практически не имеют износа и нарушения формы. При разработке прокладок особое внимание уделяется обеспечению стабильности их свойств при отрицательных температурах. Данный показатель у прокладки ЭКМ-Д в 2 раза лучше, чем у серийной.

Чрезвычайно важным элементом верхнего строения пути, влияющим на стоимость жизненного

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ**



**Рельс с бейнитной структурой**

1. Высокий уровень ударной вязкости.
2. Отсутствие склонности к образованию контактно-усталостных дефектов.
3. Отсутствие необходимости в корректирующем и предупредительном шлифовании.

	Рельс с бейнитной структурой	P 65	
		B	T <sub>1</sub>
Нормы гарантированной наработки, млн. т	1100	500	450
Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>	40	15	25

---

**Температурные зависимости тангенса угла механических потерь и значения температуры стеклования материалов прокладок**



**Прокладка КБ-65**

Пропущенный тоннаж ~106 млн. т



типовая  
Разрушение прокладок



из материала ЭКМ-Д  
Разрушение прокладок отсутствует

**Сравнительные характеристики**

	Типовая	ЭКМ-Д
Температура стеклования материалов прокладок, t°С	-20	-75
Жесткость прокладки, т/мм	6	17

---

**Рельсовое скрепление APC-4**

Наименование	Кол-во в комплекте, шт.	Масса, кг
Клемма APC-4	4	3,6
Монорегулятор APC-4	4	1,4
Подклемник APC-4	4	0,88
Уголок изолирующий APC-4	4	0,128
Прокладка ЦП-204 М-АРС	2	0,84
<b>Итого</b>		<b>6,848</b>

**Потери от применения щебня, не соответствующего требованиям ГОСТ 54748-2011:**

Затраты на устранение просадок, перекосов и выплесков на участке пути протяженностью 1 м составляют **200-250 руб.**



Рис. 4

52

### СОЗДАНИЕ ЦЕНТРА ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ (ЦИМК) НА ПОЛИГОНЕ ОКТЯБРЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ


**Цель:**

1. Обеспечение реализации концепции единой технической политики холдинга ОАО «РЖД» в области **контроля качества материалов и конструкций**;
2. Организация сетевой системы входного контроля качества щебня и других материалов, конструкций и их элементов;
3. Повышение качества применяемых материалов и конструкций при ремонтных работах, реконструкции и новом строительстве, в том числе за счет сокращения сроков проведения испытаний.

**Основная функция:**

1. Организация системы входного контроля качества нерудных материалов (щебень, щебеночно-песчано-гравийные смеси) на соответствие нормативным требованиям.
2. Контроль качества очистки щебня на всех видах используемых щебнеочистительных машин.

Испытательная система STX-600 для статических и динамических испытаний материалов балластной призмы



#### Организация системы входного контроля качества щебня



Рис. 5

цикла, является балласт, смена и очистка которого весьма затратны. В 2012 г. от внешних поставщиков и заводов ОАО «Первая нерудная компания» было получено более 20,3 млн. м щебня, при этом доля щебня из осадочных пород составила 5,8%. Щебень из осадочных пород быстрее разрушается, особенно при высокой грузонапряженности пути, интенсивность накопления продуктов собственного дробления и истирания под действием поезда на грузки в нем идет быстрее. Гранит имеет более высокий предел прочности на сжатие, более высокую морозостойкость и низкие истираемость и водопоглощение.

Нельзя не отметить, что паспорта качества на поставляемые партии щебня не всегда оформляются в соответствии с установлен-

ными требованиями. В частности, в паспортах не указываются наименование горной породы, номера вагонов, в которых поставляется партия, в разделе «Результаты испытаний» отсутствуют данные о содержании частиц размером менее 0,16 мм и об удельной электрической проводимости щебня. Щебень не соответствует требованиям ГОСТ Р 54748 к сопротивлению удару на копре и марке щебня по истираемости.

Для обеспечения поставок качественного щебня на полигоне Октябрьской железной дороги создан Центр испытаний материалов и конструкций (рис. 5). Его основными задачами являются:

- организация и проведение испытаний нерудных (щебень, щебеночно-песчано-гравийные смеси, грунты) и других материа-

лов, конструкций и их элементов в статических и динамических условиях;

организация системы контроля качества поставляемых для ОАО «РЖД» материалов, образцов, конструкций и их элементов в структурных подразделениях Центральной дирекции инфраструктуры, Центральной дирекции по ремонту пути, Центрального управления капитального строительства.

Центр оснащается оборудованием, которое позволит определять характеристики щебня балластного слоя, а также проводить динамические и усталостные циклические испытания в условиях трехосного нагружения элементов пути.

В августе — октябре 2010 г. на 2-м главном пути перегона Саблино — Тосно Октябрьской железной до-

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Безбалластный путь**



Внедрение безбалластной конструкции пути с ее дифференциацией по сферам применения (высокоскоростное, смешанное и тяжеловесное движение) значительно сокращает объем работ по текущему содержанию.

На 2-м пути перегона Саблино – Тосно магистрали Санкт-Петербург – Москва в 2010 г. уложен 1 км безбалластного пути по технологии Rail One (Германия). Опытный участок с безбалластной конструкцией есть также на Экспериментальном кольце филиала ОАО «ВНИИЖТ» (ст. Щербинка).

**Объемные георешетки**

Применение георешеток обеспечивает:

- уменьшение поперечного перемещения балласта по сравнению с конструкцией без решеток;
- уменьшение прогибов на слабых основаниях;
- снижение общих деформаций внутри балласта.



В 2010 г. георешетка уложена на 40 км железнодорожного пути. На платформе машины для глубокой очистки щебня СЧ-601 разработан комплекс для укладки объемной георешетки.

В 2011 г. георешетка уложена на 149,8 км.

В 2012 г. георешетка уложена на 131,5 км.

С 2013 г. по 2015 г. планируется укладка по 300 км в год.

Рис. 6

роги был уложен опытный участок безбалластного пути (рис. 6). Его основное преимущество — значительное сокращение объема работ по текущему содержанию. Эксплуатационные испытания показали стабильность, малообслуживаемость пути, отсутствие отступлений 2-й, 3-й и 4-й степеней по данным вагонов-путеизмерителей, постоянство высотных отметок поверхности безбалластного полотна. Это говорит о перспективности такого инновационного решения.

Важным инновационным элементом пути, влияющим на жизненный цикл, являются также объемные георешетки, которые обеспечивают стабильное состояние пути на модернизируемых участках. Об эффективности этого элемента свидетельствуют регулярные (с июля 2010 г. по февраль 2013 г.) проверки вагонами-путеизмерителями КВЛ-П участков Северо-Кавказской железной дороги, на которых при реконструкции (модернизации) железнодорожного пути была

уложена объемная георешетка.

На полигоне ОАО «РЖД» имеется значительное число проблемных участков по состоянию земляного полотна, характеризующемуся нестабильностью, в том числе периодическими просадками, пучением и внезапными деформациями. Это происходит из-за слабых грунтов в основании и теле насыпи, чрезмерного увлажнения насыпи, деградации многолетней мерзлоты. В результате указанных факторов затраты на содержание объектов инфраструктуры с применением существующих технологий производства работ многократно возрастают. Решить указанные проблемы можно за счет вытеснения грунтовых вод и повышения долговечности грунтов путем их укрепления. Проведенная в 2009—2010 гг. на Забайкальской железной дороге оценка долговечности грунтов, закрепленных с применением полимерной смеси «Криогелит», показала высокую эффектив-

## ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА

<p><b>Электропривод S700 (Siemens AG)</b></p> <p>ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• повышение скорости перевода стрелок;</li> <li>• малообслуживаемость;</li> <li>• надежность;</li> <li>• ремонтпригодность.</li> </ul>		<p><b>Роликовые опоры для остряков стрелочного перевода</b></p> <p>ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• уменьшение усилия ручного перевода стрелки и тока электропривода на 25–30 %;</li> <li>• сокращение времени перевода стрелки на 30–40%;</li> <li>• увеличение срока службы остряков и подушек стрелочных башмаков;</li> <li>• увеличение межремонтных сроков по очистке балласта;</li> <li>• сокращение расходов на смазочные материалы, их доставку и складирование;</li> <li>• отсутствие загрязнения щебня, земляного полотна.</li> </ul> <p>Рассчитаны на эксплуатацию при температурах до -60°С Срок службы рабочих элементов роликовой системы – до 25 лет</p>
<p><b>Стрелочный привод EBI Switch 2000</b></p> <p>внешний вид со снятой крышкой</p> <p>ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ремонтпригодность электропривода в условиях эксплуатации путем замены отдельных узлов или модулей;</li> <li>• малообслуживаемость;</li> <li>• симметричность электропривода при установке на стрелку;</li> <li>• отсутствие привязки к типу стрелочного перевода;</li> <li>• двухконтурное замыкание;</li> <li>• модульность в исполнении с установкой модуля замыкания и контроля внутри колес.</li> </ul>		<p><b>Стрелочный перевод – проект 2956</b></p> <p>ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• малообслуживаемость;</li> <li>• обеспечение движения поездов со скоростями до 250 км/ч;</li> <li>• отсутствие рычажных переводных устройств;</li> <li>• улучшение обслуживания стрелочного перевода;</li> <li>• повышение надежности конструкции.</li> </ul>

Рис. 7



**ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА (КСПД ИЖТ) ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО РЕМОНТУ ПУТИ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТОЧНОЙ КООРДИНАТНОЙ СИСТЕМЫ (ВКС)**



**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ**

- Приведение пути в проектное положение
- Повышение производительности в «окно» по выправке пути комплексом путевых машин за счет исключения дополнительных измерительных проходов: машины ДУМАТИК – на 15 %, ВПР-02 – на 30 %
- Возможность **впервые** исправлять длинные неровности в плане и профиле
- Сокращение затрат времени при ремонте пути до 5 %
- Повышение качества текущего содержания, ремонта и модернизации железнодорожного пути

Рис. 8

ность вытеснения из породы воды. Это создало предпосылки для проведения экспериментальных работ на конкретных объектах инфраструктуры.

Продление срока службы железнодорожных стрелочных переводов может быть достигнуто благодаря новым техническим решениям. Например, применение роликовых опор для острижков стрелочного перевода (рис. 7) уменьшает на 25—30% усилие ручного перевода стрелки и ток электропривода, сокращает на 30—40% время перевода стрелки, повышает срок службы острижков и подушек стрелочных башмаков, увеличивает межремонтные сроки по очистке балласта.

Другим важным направлением является совершенствование приводов стрелочных переводов. Для повышения безопасности, снижения издержек за срок

службы, обеспечения возможности технического обслуживания железнодорожных путей на стрелочном переводе с использованием механизмов без каких-либо ограничений сконструирован неврезной встраиваемый в шпалу стрелочный привод EBI Switch 2000. Он включает в себя внутренний стрелочный замыкатель и систему контроля как для прижатого, так и для отведенного острижка стрелочного перевода. Стрелочный привод позволяет осуществлять машинную подбивку шпал вокруг привода, засыпку и выравнивание балласта с помощью механизмов, очистку снега. При этом пространство между шпалами свободно от механических частей.

Важнейшей инновацией, применяемой при выполнении работ по реконструкции и текущему содержанию железнодорожного

пути, является высокоточная координатная система (ВКС), в которой все измерения проводятся в едином координатном пространстве, в том числе с применением измерительной аппаратуры ГЛОНАСС/СРБ (рис. 8). В ремонтном цикле ВКС используется как основа для проведения геодезических разбивочных работ в соответствии с проектной документацией. При текущем содержании пути ВКС используется как съемочная основа для проведения текущих геодезических изысканий в целях построения продольных профилей железнодорожного пути на станциях и перегонах, поперечных профилей пути, контроля положения и мониторинга пути в плане и профиле, точного определения местоположения средства измерения при проведении георадарного обследования

**МОБИЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ТЕКУЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ПУТИ (АС МОТП-П)**



состояния балласта и земляного полотна.

Все шире находит применение автоматизированная система мобильного обеспечения мониторинга технологических процессов текущего содержания пути (АС МОТП-П) (рис. 9). Она позволяет, в частности, получать оперативный доступ к паспортным характеристикам объектов хозяйства пути, к технологическим картам и нормативным документам, создавать электронную базу характеристик объектов, что заметно сокращает время при проведении последующих осмотров. На планшетном компьютере реализованы функции контроля местоположения и мониторинга работы персонала. Программное обеспечение позволяет мастеру (бригадир) формировать на мобильном устройстве предупреждения и передавать их в автоматизированную систему управления выдачей и отменой предупреждений (АСУ ВОП-2), согласовывать предупреждения в автоматизированном режиме

с дорожным предприятием по контролю и диагностике состояния пути (ПЧД) и направлять для исполнения машинистам.

В компании решена задача определения состояния пути в режиме реального времени при осевых нагрузках до 27 тс и движении со скоростями до 200 км/ч. Созданы самоходные путеизмерительные лаборатории СПЛ ЧС200 на базе пассажирского электровоза постоянного тока ЧС200-008 и СПЛ ВЛ11 на базе грузового электровоза постоянного тока ВЛ11М-178 (рис. 10), которые

обеспечивают: автоматизированный контроль и оценку состояния железнодорожного пути в условиях реального взаимодействия пути и стандартного подвижного состава; выявление ослабленных мест верхнего строения пути за счет сопоставления данных СПЛ и традиционных мобильных средств диагностики, полученных в условиях различного динамического взаимодействия. Использование СПЛ экономически более эффективно, чем вагонов-путеизмерителей. Это обусловлено технологическими особенностями СПЛ, такими как выполнение измерений под повышенной (локомотивной) нагрузкой на путь, высокие рабочие скорости контроля, работа экипажа без постоянного проживания, применение оптической измерительной системы, в которой отсутствуют быстроизнашиваемые элементы.

Развитие скоростного движения диктует необходимость поиска оптимальных решений модернизации инфраструктуры. Одним из путей повышения скоростей может стать увеличение непогашенного ускорения в кривых с их минимальным переустройством. Увеличение скоро-

**СКОРОСТНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ ДИАГНОСТИКИ ПУТИ (СПЛ)**



сти со 140 до 160 км/ч в кривых радиусом более 1500 м и со 120 до 130-140 км/ч в кривых меньшего радиуса возможно двумя альтернативными способами: увеличением возвышения наружного рельса в кривых и повышением норматива непогашенного ускорения.

Действующий норматив непогашенного ускорения, установленный приказом МПС в 2001 г. для всех типов подвижного состава, равняется 0,7 м/с. На зарубежных железных дорогах он находится в интервале от 0,4 до 0,85 м/с. Значения до 1 м/с применяются в исключительных случаях. Увеличение непогашенного ускорения в кривых требует экспериментальной проверки динамико-прочностных показателей и ужесточения требований к положению пути в плане. Начатые в текущем году испытания на скоростном по-

лигоне должны позволить сформировать необходимую доказательную базу допустимости повышения непогашенного ускорения с 0,7 до 1,0 м/с на маршрутах скоростных поездов. В случае положительного решения ожидаемый экономический эффект на 1 км пути в кривых составит 0,6 млн. руб. при минимальном переустройстве кривой и 12 млн. руб. при необходимости реконструкции пути в кривой.

Работа, рассчитанная на 2 года, включает в себя испытания на центрифуге, ходовые испытания с оценкой факторов комбинированного воздействия шума, вибрации и непогашенного ускорения на работоспособность локомотивных бригад и комфорт проезда пассажиров в различных условиях, скоростные испытания (до 220 км/ч) в сочетании с динамико-прочностными испыта-

ниями локомотива ЭП20 и пассажирского вагона с оценкой их влияния на путь. Кроме того, намечены опытные поездки по маршруту Москва — Брест с реализацией непогашенных ускорений более 0,7 м/с. Результатом должно стать утверждение новых нормативных требований и типовой методики выполнения работ для повышения скоростей движения современного скоростного подвижного состава по существующему пути.

Для формирования сквозного вариантного графика движения поездов, согласованного по междорожным стыковым пунктам, и обеспечения его выполнения используется новая технология, основанная на объединении автоматизированной системы анализа планирования и выполнения «окон» (АС АПВО), формирующей план предоставления

**ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ И ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТНЫХ «ОКОН» НА 4 СУТ НА УЧАСТКЕ ЧЕЛЯБИНСК – ИНСКАЯ**

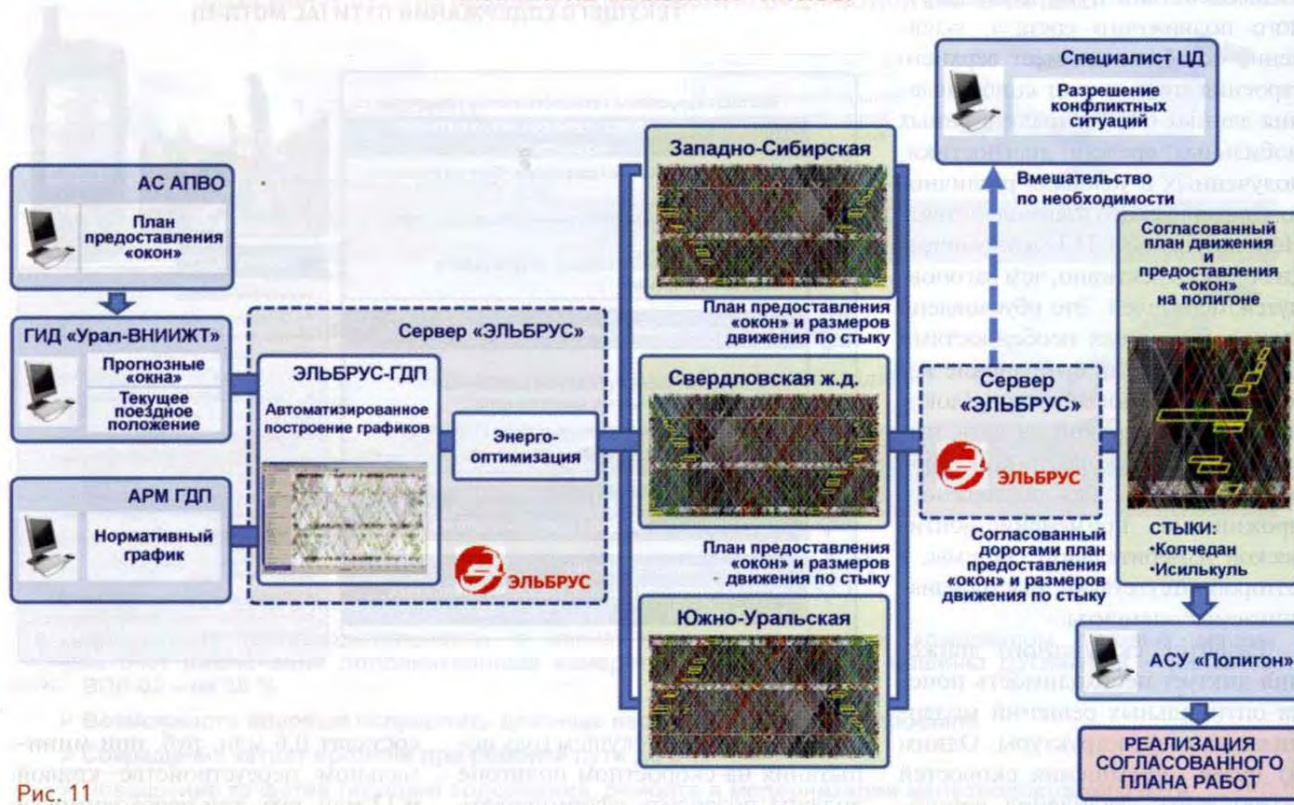


Рис. 11

«окон», автоматизированного программного комплекса «Эльбрус», обеспечивающего разработку согласованного сквозного вариантного графика движения поездов, и автоматизированной системы управления «Полигон», осуществляющей функции планирования и анализа выполнения плана поездной работы.

В настоящее время сквозной вариантный график движения, согласованный по междорожным стыковым пунктам Исилькуль и Колчедан, формируется ежедневно на полигонах

Челябинск — Ин-ская (рис. 11) и Каменск-Уральский — Курган Южно-Уральской, Западно-Сибирской и Свердловской железных дорог. Результаты работ на данных полигонах показали, что согласованное взаимодействие комплексов автоматизированных систем обеспечивает планирование ремонтных работ и организацию пропуска поездопотоков на период до 4 сут, гарантируя стабильное функционирование хозяйств инфраструктуры и движения.

Ключевым инструментом реализации технической

политики является создание нормативной базы в сфере технического регулирования. В настоящее время на повестке дня переход на единые технические регламенты железнодорожного транспорта Таможенного союза. Для этого необходимо разработать 24 свода правил и более 300 национальных и межгосударственных стандартов, в том числе 42 стандарта по железнодорожному пути.

## МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ



**В.А. ГАПАНОВИЧ,**  
старший вице-президент  
ОАО «РЖД», канд. техн. наук



**Б.Ф. БЕЗРОДНЫЙ,**  
профессор,  
доктор техн. наук



**А.В. ГОРЕЛИК,**  
профессор,  
доктор техн. наук



**Д.В. ШАЛЯГИН,**  
профессор,  
доктор техн. наук,

**Эффективность перевозочного процесса напрямую зависит от состояния объектов железнодорожной инфраструктуры. Методология УРРАН позволяет объективно оценить как степень надежности и безопасности устройств, так и результативность работы структурных подразделений по их обслуживанию. В соответствии с ней вся инфраструктура железнодорожного транспорта может рассматриваться как совокупность типовых объектов инфраструктуры (ТОИ), распределённых по территориальному и функциональному признакам.**

■ По территориальному признаку ТОЙ подразделяются на перегонные и станционные, которые могут рассматриваться как множество типовых объектов инфраструктуры в пределах какого-либо участка.

В зависимости от принадлежности к одному из хозяйств (автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения, пути и сооружений) все ТОЙ подразделяются по функциональному признаку. В частности, к хозяйству автоматики и телемеханики относятся комплекс технических средств управления стрелкой на станции и блок-участок на перегоне [1].

Множество ТОЙ в пределах одной станции или одного перегона можно рассматривать как систему обеспечения движения поездов (СОДП) в их пределах, а инфраструктуру участка железной дороги - как совокупность СОДП в его границах (рис. 1).

Такой подход позволяет оценить эффективность работы различных структурных подразделений ОАО «РЖД» в зависимости от качества функционирования типовых объектов инфраструктуры конкретного хозяйства, расположенных в зоне ответственности любого из подразделений. При таком унифицированном анализе предприятия отличаются лишь совокупностью ТОЙ, для которых определяются показатели качества работы [2]. С этой целью в рамках методологии УРРАН используются шесть показателей надежности [1]:

коэффициенты готовности  $K_r$  и простоя  $K_n$ , являющиеся комплексными показателями надежности;



РИС. 1

интенсивность потока отказов  $X$  и среднее время наработки на отказ  $T_0$  технических средств типового объекта, характеризующие их безотказность;

среднее время до восстановления работоспособности  $T_b$  и интенсивность восстановления работоспособности  $\mu$  технических средств типового объекта, описывающие их ремонтпригодность.

В отличие от комплексных показателей надёжности показатели безотказности  $k$  и ремонтпригодности  $T_b$  характеризуют качество технического обслуживания СОДП и оперативность устранения отказов соответственно.

Коэффициенты готовности и простоя в сумме дают единицу ( $K_r + K_n = 1$ ), а интенсивность потока отказов и среднее время наработки на отказ, также как и среднее время до

$$K_n = \frac{T_b}{T_0 + T_b} \quad (1)$$

восстановления работоспособности и интенсивность восстановления работоспособности, являются попарно взаимобратными величинами ( $\lambda = 1/T_0$ ;  $\mu = 1/T_b$ ). В связи с этим при расчетах в качестве основных будут использоваться три показателя - коэффициент простоя, интенсивность потока отказов и среднее время до восстановления работоспособности, имеющие три уровня значений - допустимое, проектное и фактическое (табл. 1).

Для установившегося (стационарного) процесса эксплуатации при достаточно большом периоде наблюдения (в нашем случае три года) они связаны между собой известным соотношением

Для хозяйства автоматики и телемеханики фактические значения показателей надежности  $\lambda^{\Phi}$ ,  $T^{\Phi}$ ,  $K_n^{\Phi}$  получают на основе статистических данных о нарушениях нормальной работы средств ЖАТ из системы АСУ-Ш-2. Для каждого перегона и станции на временной оси отмечаются периоды нормальной работы устройств и ее нарушений, средние длительности которых дают оценку фактического значения наработки на отказ ( $T_0^{\Phi}$ ) и нарушения нормальной работы ( $T_b^{\Phi}$ ) соответственно. После этого по формуле (1) вычисляется фактическое значение коэффициента простоя  $K_n^{\Phi}$ .

Таблица 1

Показатели	Величины		
	допустимые	проектные	фактические
Надежности комплексные	$K_n^д$	$K_n^п$	$K_n^ф$
Безотказности	$\lambda^д$	$\lambda^п$	$\lambda^ф$
Ремонтопригодности	$T_в^д$	$T_в^п$	$T_в^ф$

Проектное значение среднего времени наработки на отказ  $T_о^п$  (или интенсивности потока отказов  $\lambda^п$ ) определяется в соответствии с «Методикой расчета и анализа проектных значений показателей надежности функционирующих средств железнодорожной автоматики и телемеханики» на основе структурных схем надежности перегонов и станций, а также данных о величине среднего времени наработки на отказ, содержащихся в технических условиях на аппаратуру.

Проектное значение среднего времени до восстановления  $T_в^п$  вычисляется с использованием специальной имитационной модели [3, 4]. На основе этих данных по формуле (1) определяется проектное значение коэффициента простоя  $K_n^п$ .

Допустимое значение  $K_n^д$  определяется исходя из максимально допустимого суммарного времени задержки поездов по всей дороге в сутки или за иной отчетный период. При этом требования к коэффициенту простоя ТОЙ принимаются одинаковыми для всех участков и стрелок.

Допустимое значение среднего времени до восстановления  $T_в^д$  работоспособности для каждого перегона и станции является нормативной величиной. При этом допустимые значения  $\lambda^д$  для всех перегонов и станций определяются из соотношения (1) с использованием  $K_n^д$  и  $T_в^д$ .

Все указанные расчетные процедуры можно выполнить автоматически с помощью автоматизированной системы управления ресурсами и рисками на основе анализа надежности (АС УРРАН).

Такой подход позволяет проследить изменения основных показателей надежности ТОИ на всех этапах жизненного цикла технических средств (рис. 2). Для анализа надежности СОДП на каждом из них, за исключением этапа научно-исследовательских работ, сопоставляется своя пара уровней показателей на-

дежности. В частности, на этапе опытно-конструкторских разработок и серийного производства технических средств сопоставляются допустимые и проектные значения коэффициента простоя инфраструктуры  $K_n$ , интенсивности отказов  $\lambda$  и среднего времени до восстановления после отказа  $T_в$ . На этапе эксплуатации сравниваются допустимые и фактические, проектные и фактические значения этих показателей.

Сравнение допустимого и проектного уровней выбранных показателей позволяет оценить, удовлетворяет ли надежность технических средств перегонов и станций требованиям перевозочного процесса или они подлежат модернизации.

Сопоставление проектного и фактического уровней этих показателей информирует о том, насколько эксплуатационные подразделения обеспечивают изначально заложенные в технических средствах показатели надежности при проведении регламентных и восстановительных работ.

Сравнение допустимого и фактического уровней дает возможность определить, соответствует ли последний из них требованиям перевозочного процесса.

Шесть возможных вариантов соотношения различных значений интенсивности потока отказов подробно описаны в [1].

Для объективного формирования инвестиционной программы модернизации технических средств и оценки эффективности деятельности эксплуатационных подразделений простого сравнения трех значений выбранных показателей надежности недостаточно.

Следует отметить, что в реальных условиях для сравниваемых объектов величины каждо-



РИС. 2

го из комплексных показателей надежности, учитывающих одновременно безотказность и ремонтпригодность, мало различимы - разница заключается в тысячных долях. На практике для выработки обоснованных решений необходима оценка влияния на коэффициент простоя показателей безотказности и ремонтпригодности в отдельности.

Достичь требуемого значения коэффициента простоя можно путем сокращения среднего времени до восстановления работоспособности  $T_v$  или снижения величины интенсивности потока отказов  $\lambda$  за счет совершенствования процесса технического обслуживания устройств. Суть предлагаемой методики выбора более эффективного пути заключается в следующем.

Фактическое значение среднего времени наработки на отказ  $T_o^{\Phi}$  подставляется в (1). В качестве значения коэффициента простоя выбирается его проектное значение  $K_n^n$ , обеспечиваемое проектом и техническими условиями на аппаратуру. Из полученного уравнения получаем оценку среднего времени до восстановления работоспособности

$$T_v^{\Phi \text{ оц}} = \frac{K_n^n T_o^{\Phi}}{1 - K_n^n} \quad (3)$$

Оно должно соответствовать проектному уровню коэффициента простоя при имеющейся фактической интенсивности потока отказов  $\lambda^{\Phi}$ . Теперь из полученного значения  $T_v^{\Phi \text{ оц}}$  вычитаем фактическое значение среднего времени до восстановления  $T_v^{\Phi}$  и получаем абсолютную величину запаса по времени восстановления работоспособности

$$\Delta T_v^{\Phi} = T_v^{\Phi \text{ оц}} - T_v^{\Phi} \quad (4)$$

Если она окажется положительной, то по данному объекту имеется запас по времени до восстановления, что свидетельствует об удовлетворительном выполнении операций по восстановлению СОДП после отказа. В противном случае скорость устранения неисправности при имеющемся потоке отказов не обеспечивает проектного коэффициента простоя,

что требует пересмотра технологии ремонта СОДП на рассматриваемом участке железной дороги.

В отличие от значений коэффициентов простоя и готовности величина  $\Delta T_v^{\Phi}$  имеет ощутимый разброс и, что самое главное, физический смысл. Однако сравнивать такие показатели для различных объектов некорректно, поскольку они зависят от конкретных условий функционирования технических средств. Чтобы абстрагироваться от специфики объекта и исключить влияние коэффициентов технического оснащения, нагруженности линии, климатических условий и количества

$$\delta T_v^{\Phi} = \frac{\Delta T_v^{\Phi}}{T_v^{\Phi \text{ оц}}} \quad (5)$$

блок-участков или стрелок предлагается отталкиваться от величины относительного запаса времени до восстановления

Она является универсальным критерием для сравнения различных перегонов и станций и характеризует качество работы эксплуатационных подразделений по обеспечению показателей безотказности и ремонтпригодности, заложенных в проекте.

Например, для станции Вожега Северной дороги фактическое значение времени до восстановления составляет  $T_v^{\Phi} = 0,43125$  ч. Проектный коэффициент простоя  $K_n^n$  при имеющемся потоке отказов обеспечивается при времени восстановления, равном 1,86383. Полученное значение относительного запаса времени восстановления  $\delta T_v^{\Phi} = 0,76862$  свидетельствует о том, что качество ремонта СОДП по показателям надёжности на данной станции удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Аналогичным образом, подставляя в (1) фактическое среднее время до восстановления  $T_v^{\Phi}$  можно получить относительную величину запаса (недостатка) среднего времени наработки на отказ  $\delta T_o^{\Phi}$ , которая также позволяет сравнить все перегоны и станции по эффективности организации процесса обслуживания технических средств.

Отрицательные значения величин  $\delta T_o^\Phi$  и  $\delta T_B^\Phi$  сигнализируют о серьезных проблемах в реализации процесса технического обслуживания и необходимости пересмотра комплекса мероприятий по уменьшению времени устранения отказов СОДП на участке. В остальных случаях фактическое качество функционирования СОДП и уровень технологии технического обслуживания и ремонта на участке достаточны. Причем, чем выше значения  $\delta T_o^\Phi$  и  $\delta T_B^\Phi$ , тем работа устройства надежнее, а технология обслуживания эффективнее. Пример оценки качества функционирования СОДП хозяйства автоматики и телемеханики на станциях в пределах одного из участков Северной дороги показан на рис. 3.

Следует отметить, что методология УРРА, являясь универсальным инструментом оценки надежности технических средств на конкретном объекте инфраструктуры, помогает, как лакмусовая бумажка, выявлять факты внесения в АСУ хозяйств недостоверных сведений. Фиксируемые случаи, когда значения проектных и фактических показателей надежности различаются в разы, практически стопроцентно свидетельствуют об ошибках в учете отказов. Несложные математические преобразования показывают, что порядок ранжирования объектов не зависит от того, какую из двух предложенных процедур мы используем. Однако оценки запасов времени восстановления  $T_B$  и среднего времени наработки на отказ  $T_o$  могут различаться, так как согласно (1) одинаковое относительное изменение этих показателей надежности приводит к неодинаковому изменению величины коэффициентов простоя и

готовности. Поэтому в качестве наиболее объективной оценки эффективности работы предприятия надлежит их просуммировать с учетом соответствующих положительных весовых коэффициентов  $\rho_{T_B}$  и  $\rho_{T_o}$ :

$$R = \rho_{T_B} \delta T_B^\Phi + \rho_{T_o} \delta T_o^\Phi. \quad (5)$$

При этом нужно иметь ввиду, что сумма этих коэффициентов равна единице, а конкретные значения следует задавать, исходя из того, какой из вариантов запаса предпочтительней для реальных условий конкретной дороги.

Взяв за основу допустимое значение величины коэффициента простоя и проделав все изложенные действия сначала с проектными значениями среднего времени восстановления работоспособности и интенсивности потока отказов, а затем и фактическими, можно оценить:

качество проекта оснащения перегона или станции техническими средствами ЖАТ;

степень обеспечения требований перевозочного процесса при реальном состоянии технических средств ЖАТ на объекте. Иначе говоря, определить, в какой степени надежность технических средств и качество их содержания удовлетворяют требованиям организации перевозочного процесса.

Последнее сравнение на практике особенно важно, поскольку непосредственно устанавливает связь между эффективностью работы эксплуатационных подразделений и качеством перевозочного процесса. С учетом порядка определения  $\lambda^n$  изложенная методика в таком случае существенно упрощается, что позволяет использовать достаточно привычную для

хозяйства автоматики и телемеханики балльную оценку  $B_{общ}$  (табл. 2) деятельности линейных подразделений по обеспечению надежного функционирования вверенных им технических средств [5]. Она зависит от величин балльной оценки интенсивности отказов  $B_\lambda$ , и среднего времени восстановления  $B_{T_B}$  для каждого ТОЙ в пределах участка железной дороги, находящегося в зоне ответственности структурно

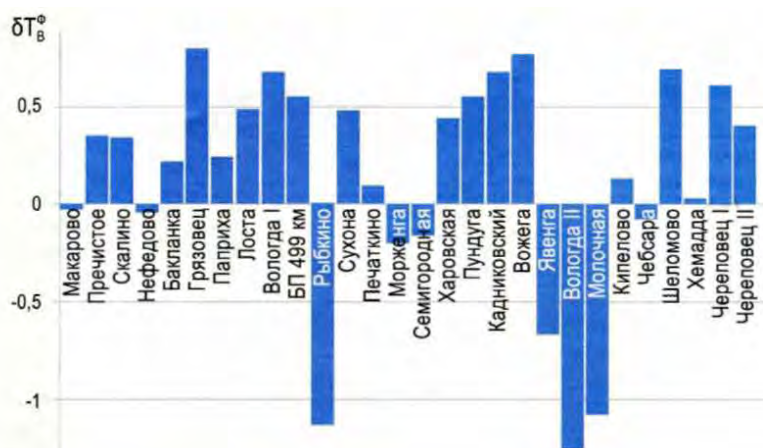


РИС. 3



по подразделения, которые определяются по формулам:

$$B_{\lambda} = \frac{\lambda_{\text{ф}}}{\lambda_{\text{доп}}} 100, B_{T_{\text{в}}} = \frac{T_{\text{вф}}}{T_{\text{вдоп}}} 100. \quad (7)$$

Пример оценки качества работы в пределах отдельных станций и для всего участка, обслуживаемого структурным подразделением хозяйства автоматики и телемеханики, проиллюстрирован на рис. 4. Штриховой линией отмечено среднее значение балльной оценки по участку. Значение интегрального показателя  $B_{\text{общ}}$  высчитывается по формуле:

$$B_{\text{общ}} = g_{\lambda} B_{\lambda} + g_{T_{\text{в}}} B_{T_{\text{в}}}, \quad (8)$$

где  $B_{\lambda}$  и  $B_{T_{\text{в}}}$  - средние арифметические значения балльной оценки интенсивности отказов и времени до восстановления нормальной работы технических средств в пределах структурного подразделения;

$g_{\lambda}$  и  $g_{T_{\text{в}}}$  - весовые коэффициенты, определяющие значимость качества организации технического обслуживания и ремонта для

Таблица 2

Значение интегрального показателя качества $B_{\text{общ}}$ , балл	Категория качества
0–30	отлично
31–60	хорошо
61–100	удовлетворительно
Свыше 100	неудовлетворительно

каждого из структурных подразделений, в сумме дающие единицу.

Таким образом, реализация методологии УРРАН в хозяйстве автоматики и телемеханики в виде приведенных методик дает возможность оперативно сравнивать надежность технических средств на перегонах и станциях как по всей сети дорог России, так и в пределах любого подразделения. Это универсальный количественный измеритель, позволяющий объективно выявлять наиболее уязвимые звенья, определять порядок их модернизации с одновременной оценкой эффективности принимаемых мер по повышению надежности объектов инфраструктуры.

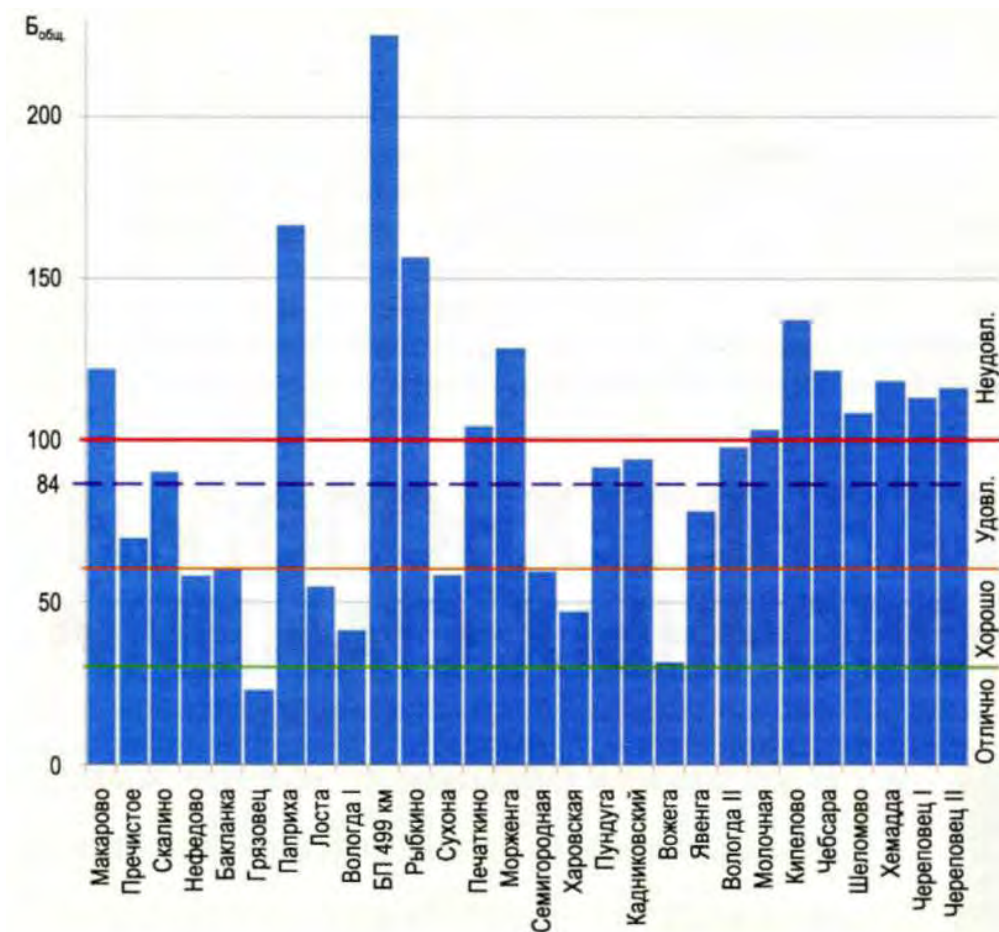


РИС. 4

# РЕАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА



**Е.Н. РОЗЕНБЕРГ,**  
первый заместитель генерального директора ОАО «НИИАС»,  
профессор, д-р техн. наук

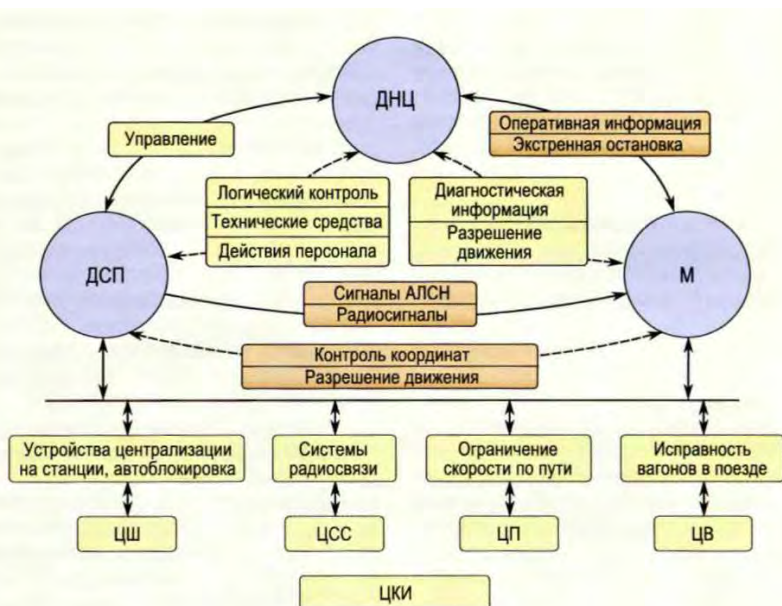
Одним из ключевых направлений Стратегии развития железнодорожного транспорта на период до 2030 г. является внедрение комплекса организационных и технических мер, направленных на создание автоматизированных систем, обеспечивающих безопасность движения поездов. Они воплощены в технологиях, охватывающих все производственные процессы. Комплексное внедрение систем управления на всех уровнях необходимо для обеспечения гарантированной безопасности и четкого автоматизированного управления технологическими процессами. Решение этой задачи возможно на основе достоверной оценки показателей надежности и безопасности технических средств инфраструктуры, прогноза изменения этих показателей и сведения к минимуму влияния человеческого фактора на систему управления, что достигается методами автоматизации процесса принятия решений.

■ Необходимым условием реализации Стратегии-2030 является внедрение информационно-аналитических, информационно-управляющих систем управления перевозочным процессом, достижение максимальной оперативности принятия управленческих решений, позволяющее повысить эффективность перевозок при безусловном обеспечении качества и безопасности доставки грузов и пассажиров.

В ОАО «НИИАС» разработана система стандартов УРРАН -«Управление ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла». В отличие от европейских систем стандартов в ней управление рисками доведено до конкретных качественных или количественных показателей по каждому объекту или процессу. Разработаны критерии для продления назначенного срока службы технических средств.

Принятые в методологии УРРАН подходы позволяют при планировании работ обосновать необходимость капитального ремонта или продления срока службы объектов инфраструктуры на основе экономических критериев при безусловном соблюдении норм безопасности перевозочного процесса. Оценка проводится по комплексным показателям, одним из которых служит коэффициент простоя, учитывающий влияние состояния инфраструктуры на задержки поездов.

Единая информационная среда ОАО «РЖД» позволяет осуществлять контроль за технологической дисциплиной в каждом хозяйстве. В режиме реального времени от многих источников передаются оперативные сведения, используемые при принятии управленческих решений.



Единая информационная среда, контроль технологической дисциплины

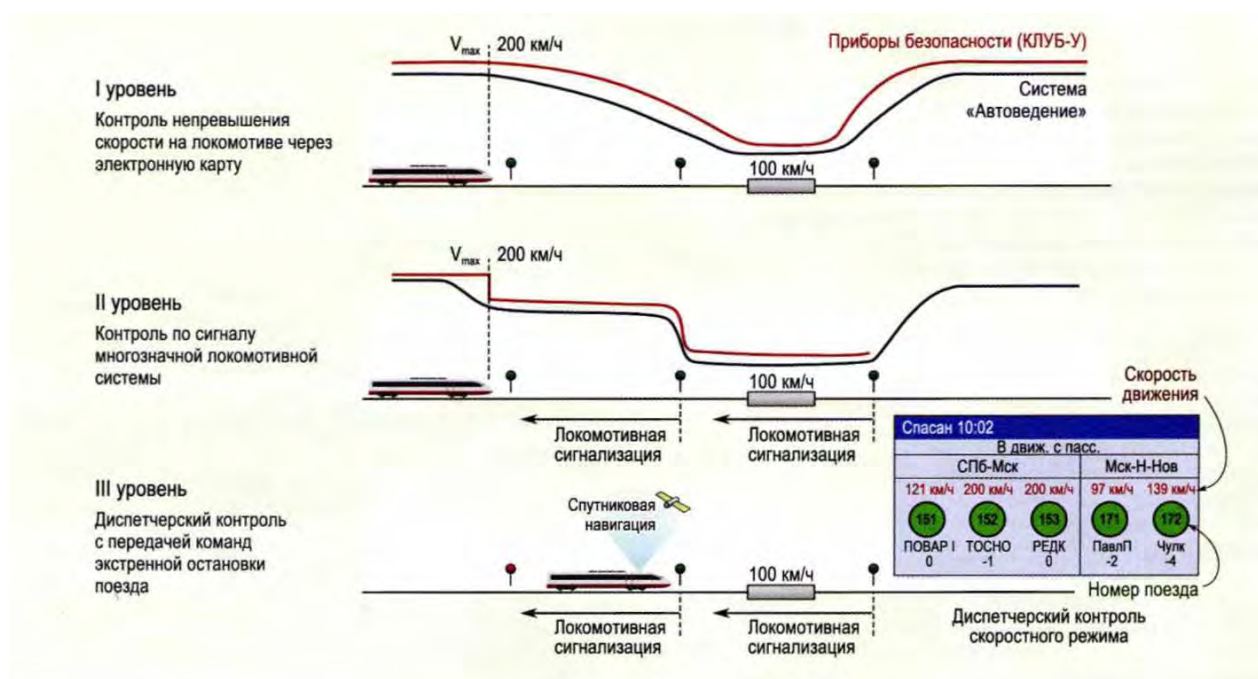
Внедряемая в рамках проекта УРРАН автоматизированная система (АС УРРАН) предоставляет возможность поддержки принятия решений по техническому содержанию объектов инфраструктуры. Она базируется на методах сбора и систематизации первичных показателей. Создание и применение интеллектуальных и гибких систем обеспечения безопасности движения поездов и их интеграция с автоматизированными системами управления на железнодорожном транспорте позволяют применить малолюдные технологии и кардинально повысить безопасность перевозок.

Современные системы безопасности построены по многоуровневому принципу, например, для локомотивной сигнализации 1-й уровень обеспечивает контроль неперевышения скорости на локомотиве на основании данных, записанных в электронную карту; 2-й - контроль неперевышения уровня скорости, заданного многозначной автоматической сигнализацией; 3-й - диспетчерский контроль с передачей команд экстренной остановки поезда. Построение многоуровневой системы - главный принцип обеспечения безопасности.

В повышении безопасности движения важную роль играет человеко-машинное взаимодействие, которое осуществляется через устройство индикации и управления - интерфейс. Задачей интерфейса является эффективное и структурированное отображение информации на дисплее, удобное для восприятия и привлечения внимания к наиболее важным факторам. Такой подход реализован в блоке индикации электропоездов, оснащенных устройствами безопасности и автоведения.

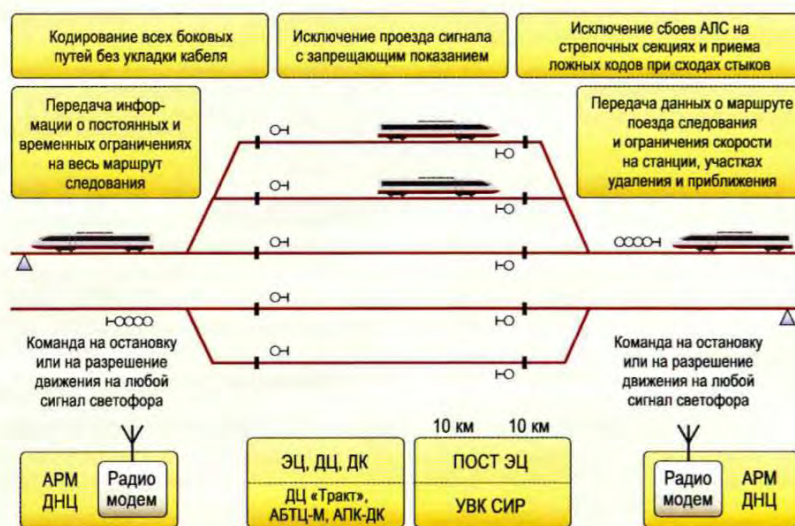
Благодаря объединению усилий ОАО «НИИАС» и ООО «НПО САУТ» и активному участию ЗАО «Нейроком» создана локомотивная система безопасности, функционально решающая задачи, ранее реализовавшиеся системами КЛУБ, САУТ, ТСКБМ. Это - безопасный локомотивный объединенный комплекс БЛОК. Этот комплекс разработан с учетом замечаний и предложений локомотивных бригад и машинистов.

Ответственная информация в БЛОКе (показание локомотивного светофора и наличие свободных блок-участков) дублируется для отображения помощнику машиниста. Информация о поездке фиксируется на общей для системы кассете в блоке регистрации. Комплекс имеет открытый интерфейс для подключения системы автоведения и приборов диагностики. Это полностью российская разработка.



Многоуровневая система безопасности движения

Расширены функциональные возможности АБТЦ-М, а также разработана система автоблокировки АБТЦ-МШ с подвижными блоками участками, выполненная в евроконструктиве. Расширение функциональных возможностей, в частности сокращение длины защитного участка до длины тормозного пути, достигнуто благодаря использованию цифрового радиоканала для передачи данных между устройствами СЦБ и бортовыми приборами безопасности. При пропадании связи между поездными приборами и устройствами СЦБ предусмотрен специальный алгоритм перехода от укороченных защитных участков к участкам стандартной длины.



Интеллектуальная станция

При применении цифрового радиоканала позволяет обеспечить изменение длины участка извещения к переезду в зависимости от скорости и категории приближающегося поезда. При этом алгоритм расчета длины участка извещения учитывает возможное ускорение поезда на время между сеансами связи. При пропадании связи в течение времени, выше допустимого, извещение на переезд передается штатным образом.

Для пропуска поезда через неисправную рельсовую цепь или группу рельсовых цепей перегона создан алгоритм логической реконфигурации рельсовых цепей перегона. На основании разработанных мер по формированию разрешающих сигналов АЛС движение поездов через зону неисправности при условии обеспечения безопасности осуществляется с уменьшенной скоростью, но без остановки.

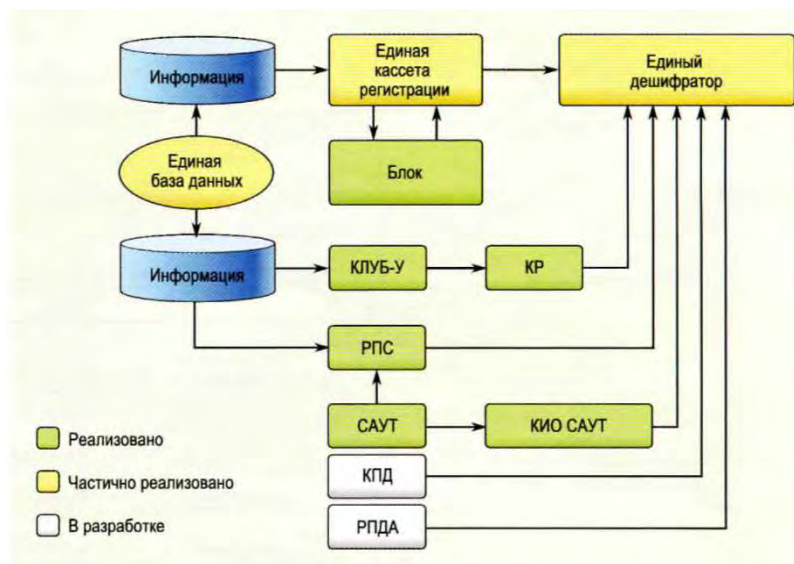
В перспективе эта система сможет заменить релейные и релейно-процессорные варианты автоблокировки.

Непосредственное решение задач по обеспечению безопасности движения сегодня, как известно, находится в ведении дежурно-диспетчерского аппарата. Однако, чтобы повысить уровень безопасности, оператор технического средства, будь то диспетчер, дежурный по станции или машинист поезда, должен быть освобожден от принятия решения в стандартных, нестандартных и аварийных условиях. Эта функция должна быть возложена на интеллектуальные системы управления.

Создание единой технологии -насушная задача, в том числе с использованием централизованных хранилищ информации с общей системой дешифрации, что дает возможность управлять поездной ситуацией даже при разделенности инфраструктурных объектов. Обновление электронных баз данных позволяет при задании маршрута машиниста закладывать временные ограничения скорости, а увязка электронной карты участка с высокоточной координатной сетью - автоматизировать этот процесс.

Разрабатывается программно-аппаратный комплекс дешифрации поездок СУД как неотъемлемая часть комплексов безопасности КЛУБ и БЛОК. С помощью СУД можно расшифровать данные о поездках КЛУБ и БЛОК, а также данные, записанные устройствами САУТ.

В комплексе СУД реализованы такие функции, как: возможность просмотра данных всех подсистем БЛОК, алгоритм контроля правильности опробования тормозов в процессе движения поезда, централизованное хранение объектов электронной карты. Кроме того, в СУД увеличено



Взаимодействие единой БД с общей системой дешифрации устройств записи и хранения поездной информации

количество ситуаций, подлежащих автоматическому анализу, связанных с нарушением технологии ведения поезда и неисправностями локомотивного оборудования.

В этом комплексе разделены клиентская и серверная части, что дало возможность распределить места считывания кассет регистрации, дешифрации данных и хранения результатов расшифровки по разным рабочим станциям.

Дальнейшее развитие комплекса СУД с целью интеллектуализации его функций предусмотрено в направлении автоматизации расшифровки данных с минимальным участием человека, расширения выявляемых ситуаций нарушения

движения локомотива, организации единой базы данных электронных карт.

Для повышения уровня безопасности на станции внедрены спутниковые средства навигации GPS/ ГЛОНАСС, предназначенные для обеспечения координатно-временной информацией систем маневровой автоматической локомотивной сигнализации МАЛС и автоматического контроля местоположения маневрового локомотива.

Создаются специальные устройства и интеллектуальные системы раннего обнаружения предотказных состояний технических средств, что позволяет перейти от диагностики по регламенту к диагностике по техническому состоянию. В комплексной автоматизированной системе диагностики технические средства выявления и прогнозирования неисправностей будут объединены в единую структуру.

Для функционирования автоматизированных систем управления критически важных объектов необходимо обеспечение безопасности информационной структуры в целом. Особенно это важно для микропроцессорных систем управления движением поездов (компьютерной централизации, диспетчерской централизации, локомотивной системы безопасности и др.)

Очевидно, что применение микропроцессорных систем отечественного производства с открытием исходного кода ПО должно стать приоритетным при реализации проектов нового строительства, а также модернизации устройств. Учет вопросов кибербезопасности является ключевым требованием в процессе разработки и внедрения систем и предусматривает вовлечение всех подразделений холдинга в создании всеобъемлющей защитной структуры.

В реализуемой Стратегии развития интеллектуальных систем железнодорожной автоматики и телемеханики ОАО «НИИАС» создает и применяет новые технологии, автоматизированные системы управления и информационные продукты, позволяющие получить наибольший совокупный положительный эффект от их внедрения и использования на железнодорожном транспорте.



Структура построения комплексной системы диагностики

# ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УРРАН

**И.Б. ШУБИНСКИЙ**, председатель экспертного совета проекта УРРАН, заместитель руководителя научно-технического комплекса ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»», доктор технических наук, профессор

**А.М. ЗАМЫШЛЯЕВ**, главный конструктор проекта УРРАН, руководитель научно-технического комплекса ОАО «НИИАС», кандидат технических наук

В НАЧАЛЕ 2010 г. в ОАО «НИИАС» под руководством центрального координатора проекта УРРАН старшего вице-президента ОАО «РЖД» В.А. Гапановича создан проектный офис. Научные исследования по проекту УРРАН проводились специалистами проектного офиса в координации с ответственными представителями хозяйств пути, автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения.

В результате исследований разработана методология расчета и прогнозирования эксплуатационной надежности эталонных объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта (1 км верхнего строения пути, стрелочный перевод, блок-участок, 1 км контактной сети и др.), включая систему показателей, методы расчета, в том числе графовые полумарковские методы расчета и прогнозирования надежности сложных восстанавливаемых систем со скрытыми отказами. Также разработаны методы поддержки принятия решения (методы факторного анализа по апостериорной и априорной информации), позволяющие объективно оценивать и прогнозировать нарушение

безопасности объектов железнодорожного транспорта.

Создана и в течение 2010—2011 гг. внедрена на сети железных дорог информационная система оперативного сбора, накопления и анализа данных по отказам технических средств — комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАС АНТ). Также разработаны методика управления рисками производственной деятельности на железнодорожном транспорте России и методика управления рисками травматизма на пешеходных переходах. В числе результатов исследований — поэтапно внедряемая информационная технология поддержки принятия решений по управлению рисками, ресурсами, надежностью и безопасностью, ставшая основой информационно-управляющей автоматизированной системы комплексного управления ресурсами, рисками, надежностью (АС УРРАН).

Для широкого внедрения проекта УРРАН разработана нормативная база, включающая один межгосударственный стандарт, четыре национальных и 11 отраслевых стандар-

тов, а также 23 методики и методические рекомендации. С целью широкого обсуждения результатов исследований по рассматриваемому проекту регулярно издается научно-технический журнал «Надежность» на русском и английском языках.

Завершение внедрения технологии УРРАН на инфраструктуре всей сети железных дорог России планируется в 2012 г., а в 2013—2014 гг. она будет разработана применительно к подвижному составу и внедрена на железнодорожном транспорте страны.

Благодаря новой технологии появилась возможность управлять техническим содержанием объектов железнодорожного транспорта по текущему состоянию их надежности и безопасности. Это позволяет при дефиците финансовых средств назначать ремонт наиболее проблемных участков и обеспечивать надежную работу инфраструктуры и безопасность движения. Так, по данным опытной эксплуатации на Северной железной дороге, установлена возможность на основании методологии УРРАН снизить в 2012 г. расходы на текущее содержание пути более чем на 85 млн. руб. по

сравнению с текущим планированием.

Технология УРРАН служит также для оперативной оценки рисков возникновения опасных ситуаций на железнодорожном транспорте и прогнозирования возможности возникновения транспортных происшествий. Прогнозируется также возможность возникновения транспортных происшествий на выявленных проблемных участках железнодорожных линий. Важная особенность технологии заключается в том, что она позволяет обеспечивать управление надежностью и безопасностью транспортных систем в условиях неполной и нечеткой информации.

Проект УРРАН представляет собой развитие методологии RAMS. В нем наряду с показателями безотказности, готовности, ремонтпригодности, безопасности исследуются также параметры долговечности объектов железнодорожного транспорта. При этом для каждого хозяйства инфраструктуры и подвижного состава сформирован комплекс эксплуатационных показателей, учитывающий производственный характер деятельности хозяйства. В развитие методологии RAMS разработаны методические положения по управлению надежностью и безопасностью объектов железнодорожного транспорта в процессе их эксплуатации на основании фактических данных, проектных расчетов и допустимых уровней рисков. Также разработаны методические положения по переходу от нормированного срока службы к предельному состоянию объекта железнодо-

рожного транспорта с учетом оценки рисков нарушения безопасности перевозочного процесса.

В развитие методологии стоимости жизненного цикла (СЖЦ — LCC) разработаны методические положения по управлению затратами на техническое содержание и модернизацию объектов инфраструктуры на основе значений их показателей эксплуатационной надежности согласно методологии УРРАН. Сформирована нормативная база для управления ресурсами, рисками, надежностью, безопасностью типовых объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Созданная информационная технология позволяет объективно и оперативно накапливать и обновлять информацию об отказах технических средств (информационная система КАС АНТ), нарушениях безопасности перевозочного процесса (информационная система АС РБ), обеспечивать поддержку принятия решения по обеспечению безопасности, надежности, управлению ресурсами и рисками (информационная система АС УРРАН)

КАС АНТ — распределенная высоконагруженная система. Она построена на платформе Java Enterprise Edition версии 1.5, достоинствами которой являются возможность масштабирования и переносимость приложений, позволяющие работать при любых конфигурациях систем. В качестве сервера приложений использован продукт IBM Rational WebSphere версии 6.1 Network Deployment, реализующий кластер серверов, благодаря чему обеспечивается возможность быстрого наращивания мощности сервера.

Для центрального ядра системы дорожного уровня было разработано приложение kasant, предназначенное для выполнения функций, заложенных в систему: создание оповещений о новых отказах технических средств, перенаправление оповещений об отказах между ответственными службами (дирекциями) и их структурными подразделениями, принятие отказов к учету (расследованию), ввод необходимых данных и завершение расследования отказов, административный функционал, формирование выходных справок по отказам дорожного уровня.

Сетевая версия КАС АНТ, установленная на сервере в Главном вычислительном центре (ГВЦ) ОАО «РЖД», представляет собой приложение kasantgvc. Оно отображает данные отказов технических средств по всей сети в виде отчетов и карточек. На сетевом уровне интеграция КАС АНТ со смежными системами не предусмотрена.

Ежедневно в 21.00 по московскому времени сетевое приложение kasant gvc формирует основные отчеты по отказам и передает их I посредством системы гарантированной доставки сообщений IBM WebSphere MQSeries. Пример агрегированного отчета системы I КАС АНТ по отказам технических средств с раскладкой по причинам нарушений приведен на рис. 1.

Далее эти отчеты используются для загрузки в систему информационного сервиса «Эффект» ГВЦ ОАО «РЖД». Параллельно высчитываются и передаются показатели для справки 7777, ежесуточно формируемой для руководителей высшего звена компании. При возникновении технических проблем с формированием показателей и справок или при нештатных ситуациях на сервере приложений или в базе

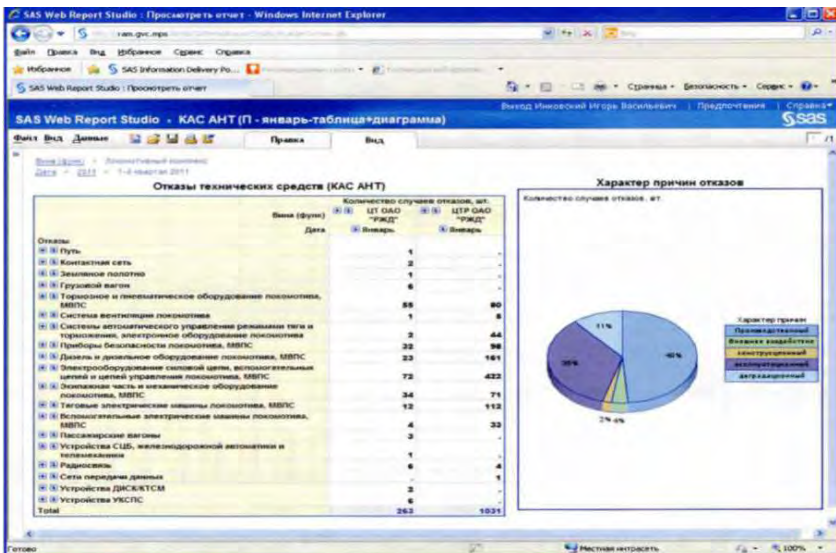


Рис. 1. Пример агрегированного отчета системы КАС АНТ по отказам технических средств с раскладкой по причинам нарушений

железнодорожной линии Северной железной дороги протяженностью более 3200 км.

Тестирование дистанций пути ставило целью сопоставление оценок состояния пути по показателям эксплуатационной надежности УРРАН и по существующей балловой оценке. Результаты сопоставления оценок приведены на рис. 2. Они свидетельствуют о корреляции обеих методик оценки. Вместе с тем методика оценки по показателю УРРАН обеспечивает большую чувствительность к изменениям состояния пути. Этот эффект увеличивается по мере увеличения времени наблюдения (объема статистических данных).

Кроме того, оценивалось качество работы дистанций пути по показателям УРРАН. Результаты оценки по двум дистанциям пути (ПЧ-35 и ПЧ-02) Северной железной дороги показаны на рис. 3. 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, приводит к стремлению работ-

данных системы сетевым администраторам КАС АНТ в ГВЦ ОАО «РЖД» подается соответствующее предупреждение на сетевой монитор TNG.

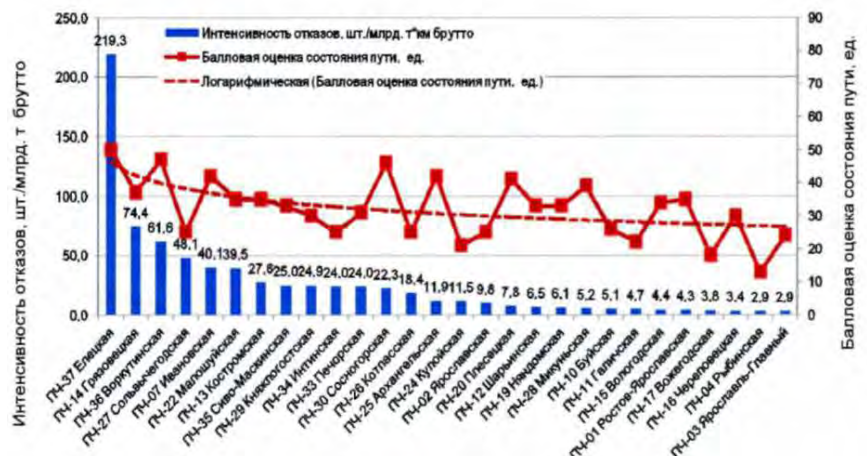
Результаты развития системы КАС АНТ по повышению объективности информации об отказах технических средств в ОАО «РЖД» свидетельствуют о том, что при ручном вводе данных на сети железных дорог России терялась информация не менее чем о трех четвертях отказов. В 2011 г. с помощью второй очереди системы КАС АНТ зафиксировано и введено в базы данных отказов технических средств в 4 раза больше, чем зафиксированных с помощью ручного ввода данных на сети железных дорог. За счет сопряжения системы КАС АНТ с информационными системами хозяйств и информационной системой графика исполненного движения «ГИД Урал» уровень автоматизации сбора и обработки данных об отказах технических средств в настоящее время превысил 85%. В результате эксплуатации указанных информационных систем в 2010—2012 гг. установлено,

что доля влияния отказов технических средств на нарушения перевозочного процесса не превышает 10%. Нарушения перевозочного процесса на 90% обусловлены технологическими нарушениями (нарушениями графика движения, внеплановыми окнами, задержками запланированных «окон» на ремонтные работы, человеческим фактором и др.).

Поддержка принятия решений по управлению безопасностью и надежностью объектов ОАО «РЖД» в проекте УРРАН осуществляется с помощью АС УРРАН.

Методологическая база проекта УРРАН по управлению надежностью в течение 22 месяцев протестирована на 261 станции и 288 перегонах, на 29 дистанциях пути, а также на дистанциях СЦБ, электро-снабжения на эксплуатируемой

Рис. 2. Сопоставление оценок состояния пути по показателям эксплуатационной надежности УРРАН и по существующей балловой оценке





Элемент	N	Кпр	Г, млн. т*км Брутто/ км	Кол-во отказов в, г	№	Лз	Тср
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		

$\lambda_{дп}^2 = 25,1$  отказа на 1 млрд. т\*км брутто  
 $T_{ср}^{шт2} = 240,1$  млн. т\*км брутто

Дистанция пути ПЧ-02 Ярославская

Элемент	N	Кпр	Г, млн. т*км Брутто/ км	Кол-во отказов в, г	№	Лз	Тср
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		

$\lambda_{дп}^2 = 9,8$  отказа на 1 млрд. т\*км брутто  
 $T_{ср}^{шт2} = 288,1$  млн. т\*км брутто

ников дистанции занизить по-казатель количества отказов. Сопоставление результатов производственной деятельности дистанций по эксплуатационным показателям безотказности методологии УРРАН показывает, что, несмотря на большее количество отказов технических средств на дистанции ПЧ-02 (107), чем на дистанции ПЧ-35 (62), качество работы дистанции ПЧ-02 выше, так как она за тот же период времени выполнила больший объем работы, и средняя наработка на отказ на этой дистанции существенно выше, чем на дистанции ПЧ-35.

Тестирование дистанций СЦБ и дистанций электрификации и электроснабжения проводилось с целью масштабной апробации метода управления надежностью объектов этих хозяйств поданным о фактических, проектных и допустимых интенсивностях отказов объектов. Суть метода раскрыта на рис. 4 (а, б). Столбики оранжевого цвета соответствуют количественному уровню допустимой интенсивности (заданной по оценкам рисков) отказов, желтого — проектной (расчетной) интенсивности

Рис. 4. Сценарии соотношения допустимой, проектной и фактической интенсивностей отказов объектов железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) или объектов электроснабжения

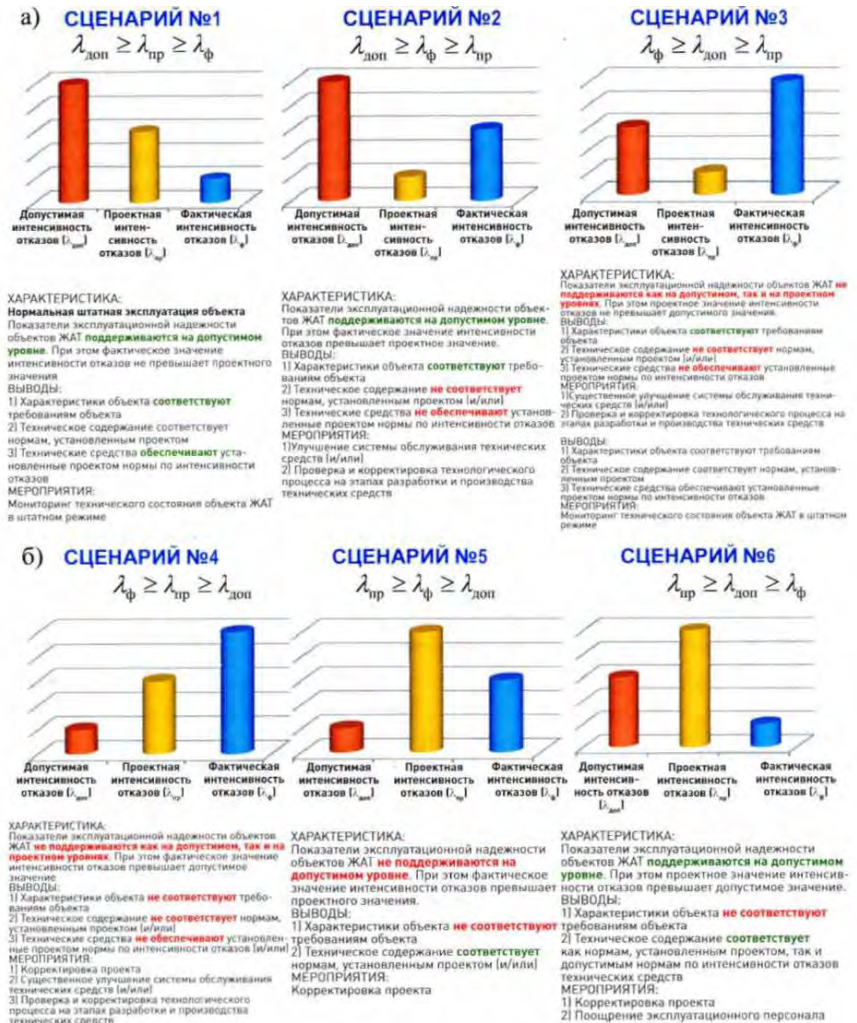
отказов, голубого цвета — фактической интенсивности отказов, полученной по результатам тестирования.

Специалистами хозяйства автоматики и телемеханики (ЖАТ) Северной железной дороги представлены результаты тестирования надежности объектов ЖАТ на станциях и перегонах в течение 2011 — 2012

Рис. 3. Результаты оценки эффективности работы двух дистанций пути

гг. Они позволяют выделить объекты, показатели надежности которых не поддерживаются на проектном и даже на допустимом уровне. На рис. 5 приведены результаты тестирования надежности объектов ЖАТ на перегонах дистанции ПЧ-9. Согласно этим данным, на ряде перегонов, особенно Кодино — Мошное и Сулозеро — Куша, фактическая интенсивность отказов больше проектной и допустимой. С другой стороны, есть возможность также выявить проекты, надежность которых избыточна, например на перегоне Мудьюга — Костин Ручей.

На Северной железной доро-



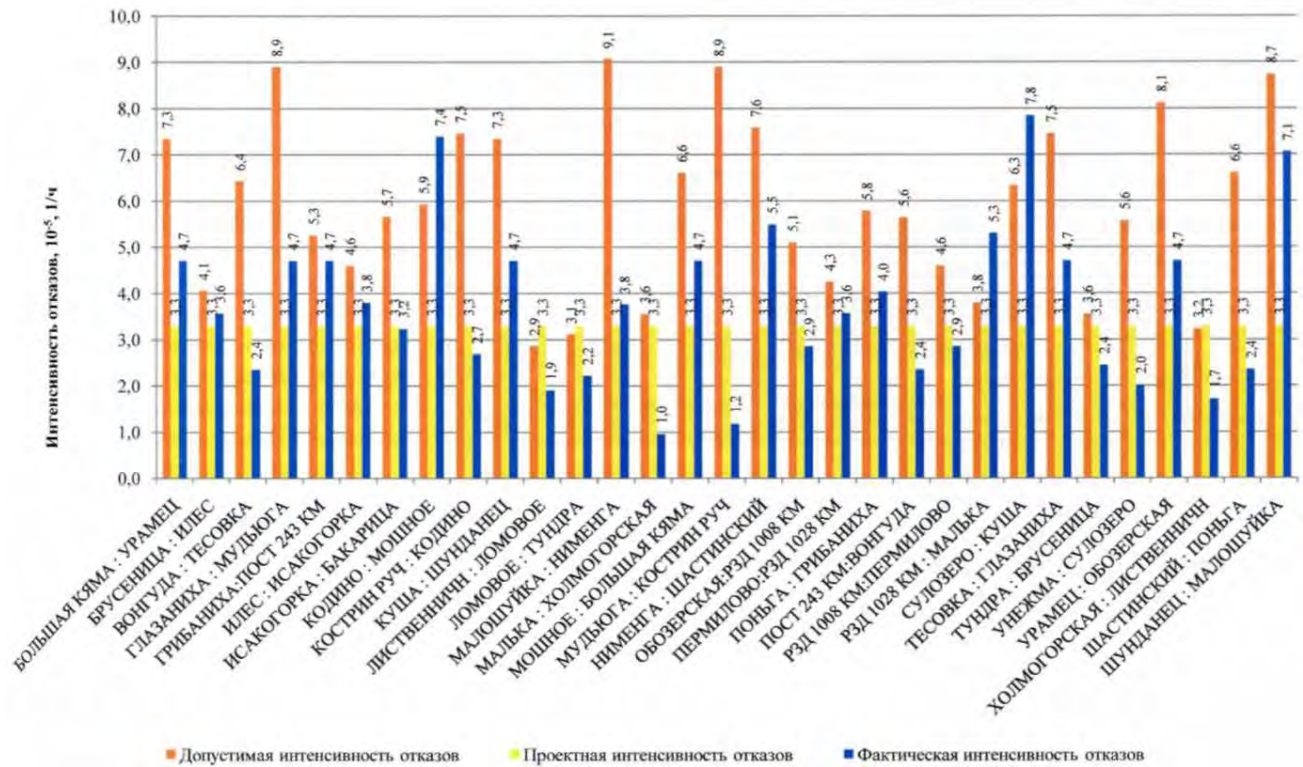


Рис. 5. Результаты тестирования надежности объектов ЖАТ на перегонах дистанции ШЧ-9

ге в течение 2011-2012 гг. проводилось также аналогичное тестирование объектов электрификации и электроснабжения. Тестированию подвергалась контактная сеть. Результаты тестирования, представленные специалистами службы электрификации и электроснабжения, показаны на рис. 6.

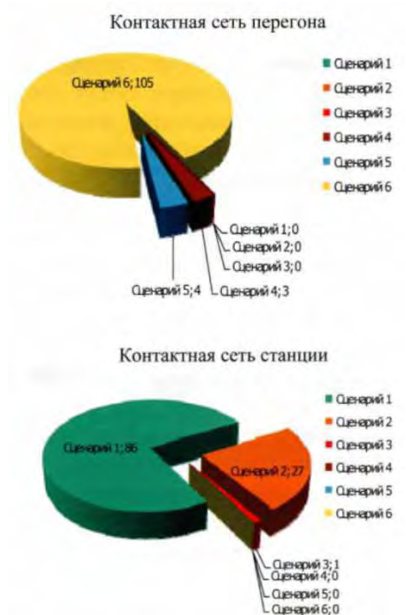
Для контактной сети перегонов в подавляющем большинстве перегонов (105 из 112, т.е. в 94% случаев) выполняется сценарий 6 (см. рис. 4. б). При этом сценарии показатели эксплуатационной надежности объектов контактной сети поддерживаются на допустимом уровне. Однако проектное значение интенсивности отказов превышает допустимое значение, т.е. характеристики проекта не соответствуют требованиям объекта. Это естественно, поскольку контактная сеть для

Северной железной дороги построена более полувека назад и не рассчитана на современную интенсивность движения поездов и их большую грузонапряженность.

Для контактной сети станций на большинстве станций (86 из 116, т.е. в 74% случаев) выполняется сценарий 1 (см. рис. 4, а). Этот сценарий соответствует нормальной штатной эксплуатации объекта. Показатели эксплуатационной надежности объектов ЖАТ поддерживаются на допустимом уровне. Надежность существенной доли станций (26%) соответствует сценарию 2, при котором показатели эксплуатационной надежности объектов контактной сети поддерживаются на допустимом уровне. При этом фактическое значение интенсивности отказов превышает проектное значение. Характеристики проекта

соответствуют требованиям объекта. Однако техническое содержание не соответствует нормам, установленным проектом, и/или технические средства не обеспечивают установленные проектом нормы по

Рис. 6. Диаграммы сценариев принятия решения по управлению надежностью объектов электрификации и электроснабжения на перегонах и станциях Северной железной дороги



интенсивности отказов. Это обусловлено проводимой в последние годы модернизацией контактной сети на станциях для обеспечения перспективных требований по грузонапряженности и интенсивности движения поездов.

Методология проекта УРРАН в отношении управления ресурсами была апробирована также на Северной железной дороге. В соответствии с критериями для проведения работ в 2011 г. были отобраны 57 перегонов общей протяженностью 527,5 км. Из них 51 перегон имел превышение контрольного значения по пропущенному тоннажу; 26 перегонов имели превышение контрольного значения по частоте отказов; 40 перегонов имели превышение контрольного значения по экономическому показателю.

Из 57 перегонов, отобранных для проведения работ с применением методологии УРРАН, 17 перегонов также были включены в планы проведения работ с применением действующих нормативов (ЦПТ-53), а остальные 40 перегонов вошли в планы проведе-

ния работ только по критериям методологии УРРАН.

В области оценки и управления рисками в разработанном национальном стандарте ГОСТ Р 54505-2011 «Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте» содержится ряд базовых положений по управлению рисками и впервые для российских железных дорог определены типовые тяжести последствий. Проведено масштабное обучение специалистов различных хозяйств ОАО «РЖД» по использованию указанным стандартом. Это обеспечило его широкое внедрение в производственную деятельность компании. Например, в путевом хозяйстве оценен риск излома рельсов под поездом, который не привел к крушению. Матрица риска показана на рис. 7. По статистическим данным, полученным в течение последних двух лет на сети железных дорог по хозяйству пути, определены уровни частоты изломов рельсов в год. Установлены средний ущерб от излома рельса (примерно 13 тыс. руб.), а также средний

размер риска и допустимый уровень риска (примерно 142 тыс. руб. и 5 млн. руб. соответственно).

Большое внимание в ОАО «РЖД» уделяется оценкам рисков травматизма людей на пешеходных переходах. С этой целью на основе теории импульсных потоков установлена средняя частота опасного события перехода пешехода через пути на станции или переезде. Учитываются интенсивность и скорость следования поездов, ширина защитного расстояния, интенсивность и скорость движения пешеходов, а также адекватность реагирования пешеходов на предупреждающие сигналы (последнее обстоятельство моделируется с помощью метода анализа дерева событий ЕТА).

В целях решения практических задач управления рисками в хозяйствах ОАО «РЖД» в проекте УРРАН разработаны методические рекомендации по управлению рисками в хозяйствах инфраструктуры. Эти рекомендации содержат схемы организационного взаимодействия в процессе управления рисками.

Таким образом, система УРРАН — это комплексное применение модифицированных методологий безотказности, готовности, ремонтпригодности и безопасности, а также стоимости жизненного цикла, новых информационных технологий поддержки принятия решений, распределенных информационных систем оперативного сбора и анализа данных и новой нормативной базы, которые впервые совместно обеспечивают практическое

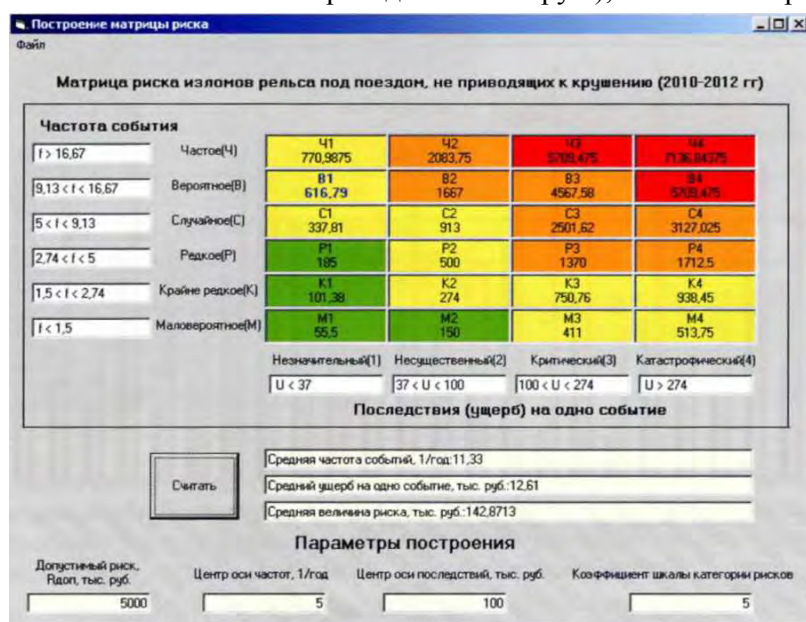


Рис. 7. Матрица риска изломов рельса

управление ресурсами, рисками, надежностью и функциональной безопасностью на второй в мире по размерам сети железных дорог ОАО

«РЖД». Система также впервые позволяет в условиях дефицита финансовых средств вкладывать инвестиции в наиболее проблемные объекты и

увеличивать назначенный срок службы объектов железнодорожного транспорта до предельного состояния на основе оценки рисков.

## О внедрении методологии УРРАН для искусственных сооружений



С.А. БОКАРЕВ, докт. техн. наук, проректор СГУПСа,

С.С. ПРИБЫТКОВ, канд. техн. наук, доцент

В ОАО «РЖД» началось создание системы управления ресурсами и рисками на всех этапах жизненного цикла объектов инфраструктуры на основе анализа их надежности (сокращенно УРРАН). Методологию УРРАН опережающими темпами внедряют в путевом хозяйстве, в частности применительно к управлению искусственными сооружениями.

Нужно отметить, что некоторые предпосылки для реализации этой системы были заложены в мостовом хозяйстве еще в 2009 г., когда по заказу Департамента пути и сооружений в СГУПСе разработали Инструкцию по оценке состояния и содержания искусственных сооружений на сети железных дорог Российской Федерации. Приложение 2 Инструкции предусматривает оценку технического состояния искусственных сооружений по таким параметрам на-

дежности, как безотказность, долговечность, безопасность и ремонтпригодность.

Оценка надежности требует обработки огромного массива информации о структуре объектов, неисправностях и отказах их элементов. Это невозможно без использования базы данных и автоматизированной информационно-аналитической системы, которая уже существует. В настоящее время АСУ ИССО как составная часть АСУ-П позволяет оценить вероятность безотказной работы, ремонтпригодность и долговечность сооружения. Реализованная в АСУ ИССО методика дает достаточно близкую к реальной оценку надежности сооружения, и может быть в значительной степени использована при оценке рисков.

Внедрять методологию УРРАН планируется в четыре этапа. Первый заключается в расчете показателей надежности и безопасности (интенсивность отказов, средняя на-

работка на отказ, вероятность безотказной работы, среднее время простоя, коэффициент эксплуатационной готовности и др.). Они служат как для формулирования целей (допустим, обеспечить коэффициент эксплуатационной готовности 0,98) и оценки деятельности подразделений компании, так и для анализа и оценки рисков и стоимости жизненного цикла объектов инфраструктуры. Например, вероятность безотказной работы элемента сооружения в течение 20 лет равна 0,95 означает, что риск, связанный с выходом элемента из строя, должен быть определен с учетом вероятности этого события, а в стоимость жизненного цикла следует включить затраты на замену элемента тоже с учетом вероятности события. Методика расчета показателей надежности ИССО создана в СГУПСе в 2012 г. Теперь необходимо подготовить ее программное обеспечение.



Рис. 1. Планирование мер по содержанию и ремонту ИССО

Второй этап представляет собой анализ и оценку рисков. Поясним, что понимается в методологии УРРАН под термином «риск» и как планируется оценивать риски и управлять ими. Понятие риска в УРРАН аналогично указанному в ГОСТ Р 51901-2002 «Управление надежностью. Анализ риска технологических систем». Это — сочетание вероятности события и его последствий. Для оценки риска необходим его анализ (идентификация опасности, расчет вероятности его реализации и последствий) и сравнение результатов анализа с определенными критериями риска для принятия решения о допустимости и действиях по обработке риска. Последнее подразумевает выполнение действий, направленных на оптимизацию риска (исключение, снижение вероятности возникновения, снижение последствий). Риск может быть принят как допустимый или не принимаемый в расчет. Обработка риска включает в себя также и текущий контроль, задачами которого являются постоянный мониторинг результативности действий, предпринимаемых в отношении рисков, и анализ адекватности их оценки. При необходимости риски оцениваются повторно на основе изменившихся исходных допущений, факторов, критериев (актуализация анализа).

Второй этап представляет собой анализ и оценку рисков. Поясним, что понимается в методологии УРРАН под термином «риск» и как планируется оценивать риски и управлять ими. Понятие риска в УРРАН аналогично указанному в ГОСТ Р 51901-2002 «Управление надежностью. Анализ риска технологических систем». Это — сочетание вероятности события и его последствий. Для оценки риска необходим его анализ (идентификация опасности, расчет вероятности его реализации и последствий) и сравнение результатов анализа с определенными критериями риска для принятия решения о допустимости и действиях по обработке риска. Последнее подразумевает выполнение действий, направленных на оптимизацию риска (исключение, снижение вероятности возникновения, снижение последствий). Риск может быть принят как допустимый или не принимаемый в расчет. Обработка риска включает в себя также и текущий контроль, задачами которого являются постоянный мониторинг результативности действий, предпринимаемых в отношении рисков, и анализ адекватности их оценки. При необходимости риски оцениваются повторно на основе изменившихся исходных допущений, факторов, критериев (актуализация анализа).

Перечисленные операции двух этапов от анализа до обработки составляют менеджмент риска. Анализ и оценка рисков позволяют определить опасность эксплуатации объекта, допустимость рисков и возможные пути их снижения, если уровень риска неприемлем. В результате можно установить так называемые целевые показатели надежности объекта и его отдельных элементов, при которых будет обеспечен требуемый уровень безопасности. Эту задачу планируется решить к марту 2014 г.

Третий этап — оценка стоимости жизненного цикла (СЖЦ) объекта инфраструктуры, охватывает все стадии от концепции и проектирования объекта до вывода его из эксплуатации (утилизации). Для уже эксплуатируемых сооружений, т.е. существующей инфраструктуры, оценка СЖЦ ограничивается эксплуатацией, реконструкцией и утилизацией или заменой (с учетом затрат на проектирование этих работ). СЖЦ выступает еще как одна целевая функция оптимизации эксплуатационных затрат: в процессе управления объектами инфраструктуры

компания стремится к минимизации СЖЦ при обеспечении заданного уровня надежности и безопасности объектов.

И, наконец, на четвертом этапе выбирают оптимальный из множества вариантов. Для каждого из них необходимо оценить полезность, принимая во внимание и его последствия, и затраты на реализацию. Задача усложняется неопределенностью, обусловленной случайной природой факторов, влияющих на результат предпринимаемых действий. Например, из-за того, что очень часто невозможно точно предсказать потери, связанные с отказом объекта, приходится иметь дело с распределением потерь, как случайной величины. Соответствующее программное обеспечение УРРАН должно снабдить всей исчерпывающей информацией специалиста, который и несет ответственность за принятие решения.

Как изменится система эксплуатации ИССО с внедрением УРРАН? В настоящее время при планировании текущего содержания и ремонта решение принимают по следующей схеме (рис. 1):

осуществляется осмотр, оценка технического состояния сооружений и определяется общая потребность в текущем содержании и ремонте — необходимые ресурсы для приведения каждого сооружения в исправное состояние;

при наличии информации об общей потребности в текущем содержании и ремонте, а также сведений о слабых



Рис. 2. Компоненты расчета показателей надежности

и дефектных сооружениях руководство выделяет бюджет. (К сожалению, сейчас не существует методики определения размера последнего.);

в рамках бюджета сотрудники подразделений дистанций искусственных сооружений планируют работы на свое усмотрение таким образом, чтобы средняя оценка сооружений мостового цеха возросла как можно больше.

Очевидно, что этот процесс не вполне прозрачен, а опираться в планировании только на обобщенную оценку состояния не совсем корректно, поскольку из-за этого можно упустить из виду важные факторы. Внедрение методологии УРРА позволит принимать решения более взвешенно и обоснованно.

Результаты расчета показателей надежности демонстрируют, чего можно ждать от сооружения с учетом его текущего состояния, условий и истории эксплуатации (какие элементы сооружения могут отказать, вероятность этого и сроки, за какое время и с помощью каких затрат их можно восстановить после отказа). Анализ и оценка рисков, связанных с отказами элементов сооружений, позволяют определить уровень риска на

текущий момент времени и в будущем, а также меры снижения риска, что служит основой для ранжирования работ текущего содержания и ремонта. Если риск неприемлем, то его уровень следует снижать, в противном случае следует стремиться к его сохранению на приемлемом уровне. Определение бюджета и планирование работ взаимосвязаны и основываются на одних целевых показателях. Если надо снизить риски до приемлемого уровня, то благодаря анализу рисков появляется такая возможность. Если же размер бюджета определен заранее, то можно так оптимизировать план работ, что риски максимально снизятся при заданных ограничениях.

На текущий момент из четырех этапов разработки методологии УРРА завершено только первое. Создана методика расчета показателей надежности искусственных сооружений — основа для оценки рисков. Показатели надежности дают количественную меру вероятности возникновения неблагоприятных событий — неисправностей и отказов — в рассматриваемые периоды времени, а также меру времени и вероятности восстанов-

ления сооружений после отказов.

Согласно разработанной в СГУПСе методике используются дополняющие друг друга априорный (вероятностные расчеты и экспертные оценки) и апостериорный (по результатам наблюдений) способы расчета показателей надежности. Работа искусственного сооружения и его компонентов моделируется с помощью структурных схем надежности.

При оценке показателей надежности сооружения принимается во внимание следующее:

конструктивные характеристики сооружения (структурная схема, нормы проектирования, материалы, особенности конструкции);

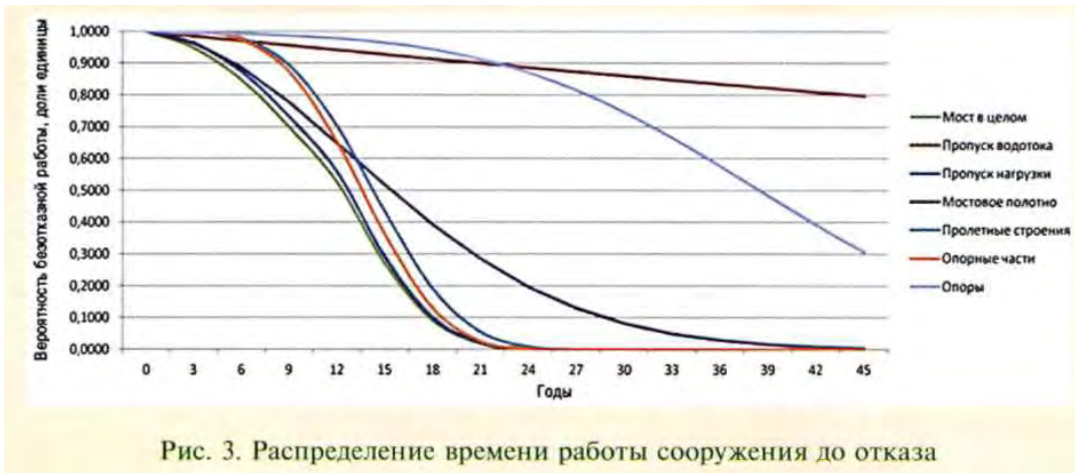
история и условия эксплуатации (грузонапряженность участка, срок эксплуатации, скорость развития неисправностей, особенности условий работы);

результаты осмотров и обследований (наличие неисправностей и характеристики их степени развития для каждого элемента сооружения, экспертные оценки их влияния на надежность).

Ниже приведен алгоритм расчета показателей надежности (рис. 2):

составление структурной схемы сооружения из типовых элементов для каждой функции, выполняемой ИССО (пропуск подвижного состава, пересекаемого препятствия и др.);

определение особенностей конструкции, условий эксплуатации (в расчете их учи-



3. Таким образом, для каждого компонента моста можно определить средний остаточный срок службы, вероятность отказа, что, в свою очередь, позволяет предсказать

тывают с помощью коэффициентов к параметрам распределений) и состояния каждого элемента сооружения по результатам осмотра;

собственно расчет показателей надежности. При этом для установления показателей ремонтпригодности используются сведения о трудоемкости и стоимости восстановления элементов после отказов ( типовые технологические карты и статистика фактически выполненных операций).

В итоге получают показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и

готовности, например, вероятность безотказной работы в течение заданного срока, гарантированный с определенной степенью уверенности срок службы, среднее время восстановления после отказа, коэффициент готовности и др.

Результаты расчета некоторых показателей безотказности для двухпролетного металлического моста, построенного в 1914 г. по нормам 1907 г., имеющего неудовлетворительную оценку (0,80) состояния по действующей Инструкции, представлены в таблице и на рис.

изменение уровня риска в течение последующей эксплуатации.

В заключение надо отметить, что основа для дальнейшего развития методологии УРРА в мостовом хозяйстве уже существует. Необходимо и дальше повышать эффективность системы содержания искусственных сооружений.

Результаты расчета надежности

Функции искусственного сооружения	Вероятность безотказной работы в течение ближайших трех лет $P(3)$	Гарантированный с уверенностью 0,95 остаточный срок службы $T_{0,95}$ , лет	Средний остаточный срок службы $T$ , лет
Пропуск нагрузки	0,9618	3,4	12,7
мостовое полотно	0,9638	3,5	15,4
пролетные строения	0,9982	6,9	14,2
опорные части	0,9979	6,7	13,6
опоры	0,9958	17,0	38,4
Пропуск водотока	0,9851	10,2	116,2
Мост в целом	0,9475	2,9	12,3

# СИСТЕМА УРРАН В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.Г. АКОПЯН, заместитель начальника Департамента технической политики ОАО «РЖД» - начальник отдела

И.К. МИХАЛКИН, генеральный директор ЗАО «НПЦИНФОТРАНС»

О.Б. СИМАКОВ, заместитель генерального директора ЗАО «НПЦ ИНФОТРАНС»

ИННОВАЦИОННОЕ развитие компании, необходимость расширения полигонов ускоренного и скоростного движения, создания сети высокоскоростного пассажирского сообщения требуют совершенствования инфраструктуры, обеспечения ее соответствия требованиям времени. Добиться этого предстоит при ограниченном финансировании за счет использования различных механизмов оптимизации, в том числе рационального содержания на основе фактического состояния объектов инфраструктуры.

В создавшихся условиях выход заключается в переходе к применению технологии комплексного управления надежностью и рисками на железнодорожном транспорте с использованием методологии УРРАН, позволяющей оптимизировать затраты на обеспечение требуемого перевозочного процесса на заданном уровне рисков с заданной системой обслуживания. Знание реального состояния объектов инфраструктуры дает возможность рационально управлять ресурсами, вкладываемыми в ее содержание, оценивать необходимые затраты при изменении заданного перевозочного про-

цесса (повышение скоростей движения, увеличение грузонапряженности), варьировать риски, совершенствовать систему обслуживания.

В число базовых параметров в методологии УРРАН-RAMS входят отказы технических средств и объектов инфраструктуры. Произошедшие отказы фиксируются в различных автоматизированных системах ОАО «РЖД» (КАС АНТ, КАСАТ и др.). На их основе оценивается интенсивность отказов, наработка на отказ, рассчитывается коэффициент готовности. Использование в расчетах отказов как произошедших событий, накладывающих эксплуатационные ограничения на перевозочный процесс, эффективно при работе на представительном статистическом материале с оценкой на большом временном интервале значительного по протяженности участка пути (на полигоне дороги или как минимум дистанции). При детализации оценки на уровне перегона или километра отказы за период наблюдения могут отсутствовать. Например, на километре были отказы только в январе и в августе. Какова тогда интенсивность отказов и как осуществить прогнозирование их раз-

вития для своевременного принятия мер на этом ограниченном участке?

В рамках решения этой проблемы перед ЗАО «НПЦ ИНФОТРАНС», Департаментом технической политики и Центральной дирекцией управления перевозками была поставлена задача: определить наступление предотказного состояния каждого участка пути (вплоть до отдельного километра) в целях организации его своевременного ремонта и ранжирования различных участков пути для мотивации обслуживающего персонала. Для этого надо было перейти от фиксации уже произошедших отказов к прогнозированию предотказного состояния инфраструктуры на основе ее реального состояния.

В целом эта задача может быть эффективно решена для технических объектов инфраструктуры, в которых формируются и развиваются деграционные процессы, связанные прежде всего с процессами взаимодействия с подвижным составом. К таким объектам, в частности, относятся: рельсовая колея, подверженная изменениям геометрических параметров; рельсошпальная решетка (скрепления, шпалы); рельсы,



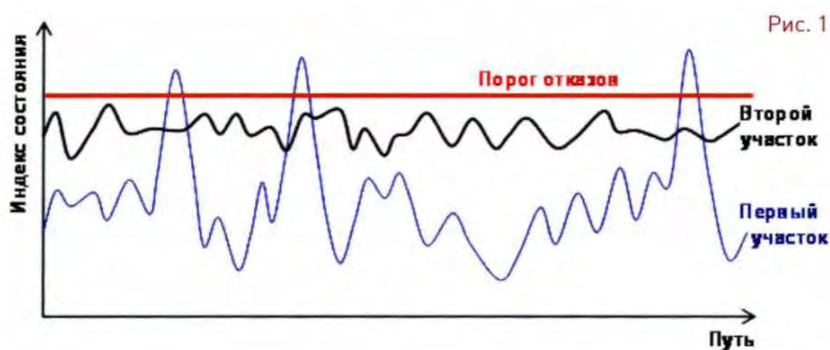


Рис. 1

на которых могут образовываться короткие неровности на поверхности катания, износы, наклон поверхности катания, отклонения параметров подуклонки, внутренние дефекты, связанные с усталостными процессами; земляное полотно; балластный слой; рельсовые цепи; контактная сеть, подверженная изменению эластичности подвески, натяжения контактного провода и его износу. Эти же объекты, в свою очередь, в основном и определяют безопасность и готовность инфраструктуры и требуют наиболее значительных ресурсных вложений.

Из всех объектов инфраструктуры железнодорожный путь является наиболее нагружаемым и зависимым от пропущенного тоннажа объектом, что неизбежно проявляется в изменениях геометрии рельсовой колеи. Поэтому в качестве первой очереди разрабатываемой системы определения предотказного состояния инфраструктуры был выбран именно этот показатель. К тому же на всех дорогах уже накоплена большая база данных по геометрии рельсовой колеи, собранная за несколько лет по результатам измерений вагонопутеизмерителей КВЛ-П.

Для геометрии рельсовой колеи был разработан интегральный параметр — индекс состояния пути, сформированный на основе данных о нестабильности положения пути по всем трем осям: крену, курсу и тангажу. Идеальный путь с нулевым индексом — это путь, полностью соответствующий нормативам. Чем больше степень расстройств пути, тем больше индекс. На **рис. 1** в качестве примера приведены графики индексов состояния для двух разных участков пути. Второй участок, несмотря на то, что на нем пока нет отказов, находится в гораздо худшем состоянии, чем первый, на котором уже зафиксированы отказы. И если первый участок можно привести в порядок в рамках технического обслуживания, убрав локальные неисправности, то на втором необходимо срочно планировать проведение ремонта.

График индекса состояния пути позволяет сравнивать между собой различные участки пути, а динамика развития индекса во времени позволяет не только выявить участки с деградацией пути, но и увидеть участки с «восстанавливающимися» расстройками пути после про-

веденных ремонтов. Такие случаи указывают на то, что истинная причина развивающихся нарушений не была устранена в процессе ремонта.

В методику формирования индекса состояния заложены возможности учета индивидуальных особенностей конструкции, устройства и эксплуатации железнодорожного пути: установленных скоростей и приведение к эталонному километру. Недостаточно просто иметь возможность сопоставления различных участков пути между собой, необходимо знать, насколько они близки к критическому состоянию и способны эффективно выполнять свою задачу по обеспечению перевозочного процесса. В качестве отправной точки для масштабирования индекса состояния были взяты статистические данные за год по отказам, связанным с геометрией пути, по всей Северной дороге, являющейся полигоном для отработки методологии УРРА-RAMS. На первом этапе была поставлена задача: установить связь между отказами и отступлениями в содержании рельсовой колеи. Как оказалось, наиболее точно кривую отказов описывает кривая всех отступлений начиная со второй степени (**рис. 2**). Эта кривая более гладкая, так как базируется на более обширном статистическом материале (470 000 отступлений против 3450 отказов) и гораздо меньше подвержена случайным колебаниям.

На втором этапе была установлена корреляция между

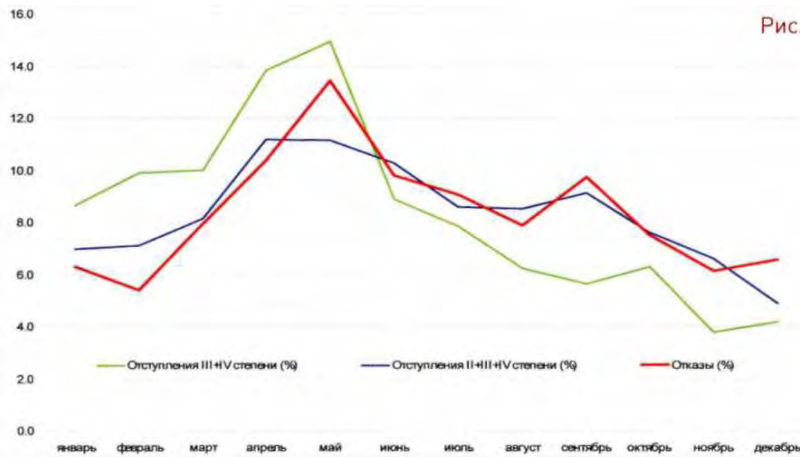


Рис. 2

индексом состояния и отступлениями в содержании рельсовой колеи для участков пути различных классов. В итоге установленная связь между отказами, отступлениями и индексом позволила определить корреляционную зависимость индекса состояния пути и выйти на определение уровня предотказности. Причем уровень предотказного состояния может быть определен уже не только для всей дороги в целом или для дистанции пути, но и для каждого перегона и даже километра.

При рациональном содержании пути состояние участков должно лежать в заданном интервале по уровню предотказного состояния (рис. 3). Ширина этого интервала определяет диапазон существования участка между ремонтами. Участки, лежа-

щие левее заданного интервала, содержатся с избыточным уровнем затрат, правее — с недостаточным уровнем затрат или некачественным (неэффективным) содержанием пути.

Заданный интервал не должен быть слишком узким, так как содержание пути в узком интервале потребует дополнительных неоправданных затрат на частые выезды бригад и техники на участки ремонта. Также интервал не должен быть слишком широким, так как расширение интервала возможно только в область с меньшими состояниями предотказности, а это избыточные вложения туда, где этого можно не делать.

На достаточно представительной выборке участков (например, все километры, принадлежащие дистанции

пути) распределение участков по интенсивности предотказов должно иметь характер нормального распределения. Смещение максимума относительно середины допустимого интервала вправо означает необходимость планирования ремонтов пути, так как существующая система обслуживания уже не справляется с общим ухудшением его состояния.

Отработка методики определения предотказного (частично работоспособного) состояния рельсовой колеи велась на полигоне Северной железной дороги. Ее вели на основе данных за трехлетний период, полученных с вагонов-путеизмерителей КВЛ-П и диагностического комплекса «ЭРА». Найденные решения были реализованы в программном обеспечении автоматизированного расчета предотказного состояния по результатам контроля геометрии рельсовой колеи. Это программное обеспечение было интегрировано в программное обеспечение постобработки, установленное в центрах диагностики.

Программное обеспечение позволяет рассчитать предотказное состояние рельсовой колеи и направлено на решение следующих основных за-

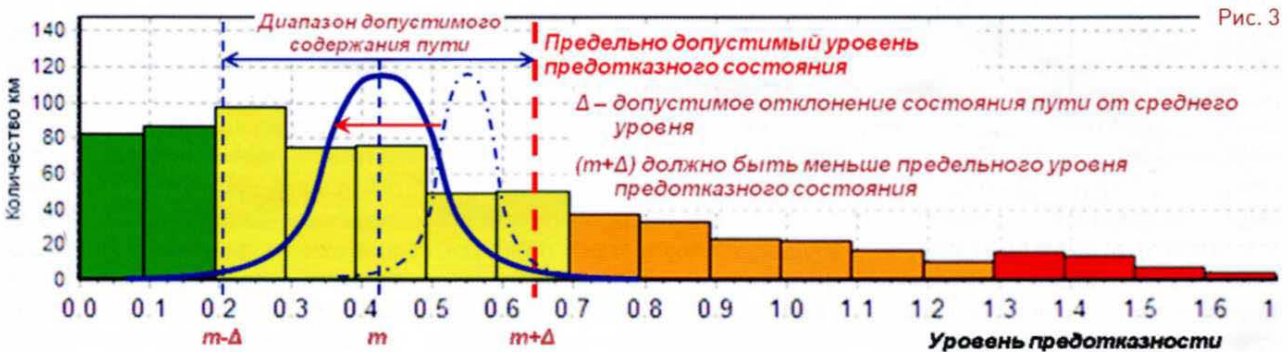


Рис. 3

дач:

- мониторинг состояния пути;
- ранжирование участков пути по уровню предотказного состояния;
- прогнозирование наступления предотказного состояния;
- формирование исходной информации для планирования ремонтов пути.

В качестве исходных для расчета предотказного состояния используются данные, накопленные по результатам контроля состояния пути вагонами-путеизмерителями. При этом рассчитывается предотказное состояние геометрических параметров рельсовой колеи и рельсовых скреплений как по участкам, так и по километрам, а также накапливаются данные о предотказном состоянии пути. Формируются графики динамики изменения предотказного состояния геометрии рельсовой колеи во времени (с прогнозированием наступления предотказного состояния). Кроме того, формируются также: матрица ранжирования участков пути по предотказному состоянию

геометрии рельсовой колеи (как на текущее состояние, так и с прогнозом на указанный период); карта развития предотказного состояния геометрии рельсовой колеи; матрица ранжирования предотказного состояния рельсовых скреплений; карта развития предотказного состояния рельсовых скреплений; ведомости участков пути с предотказным состоянием геометрии и скреплений.

Программное обеспечение автоматизированного расчета предотказного состояния в рамках решения задачи мониторинга состояния пути дает возможность постоянно контролировать состояние пути и определять темпы его деградации. Анализ предотказного состояния рельсовой колеи позволяет ранжировать участки (перегон/станция, километр) в соответствии с матрицей ранжирования и оценивать возможное влияние на перевозочный процесс состояния пути в зависимости от грузонапряженности. Кроме того, по результатам анализа выявляют участки, требующие проведения ремонтных работ, и своевременно

определяют наступление предотказного состояния, а также оценивают эффективность использования ресурсов, вложенных в содержание пути до ремонта и после его окончания. На основе анализа предотказных состояний появляется возможность прогнозировать развитие состояния пути и вероятные сроки наступления нежелательного или недопустимого его состояния и своевременно планировать необходимые ремонтные работы с целью предотвращения перехода пути в состояние, при котором может произойти отказ. Прогнозировать развитие предотказного состояния можно как для отдельных участков, так и по дороге в целом — имеется возможность рассчитать прогнозную матрицу ранжирования и на ее основе определить участки, требующие первоочередного ремонта. Для наглядности на одном графике можно отображать текущую и прогнозную интенсивности развития предотказного состояния. Помимо ранжирования по предотказному состоянию участков пути, имеется возможность проводить ранжирование и административных подразделений с отражением по каждой дистанции пути количества километров, находящихся в неучитываемом, допустимом, нежелательном и недопустимом состояниях.

Рис. 4

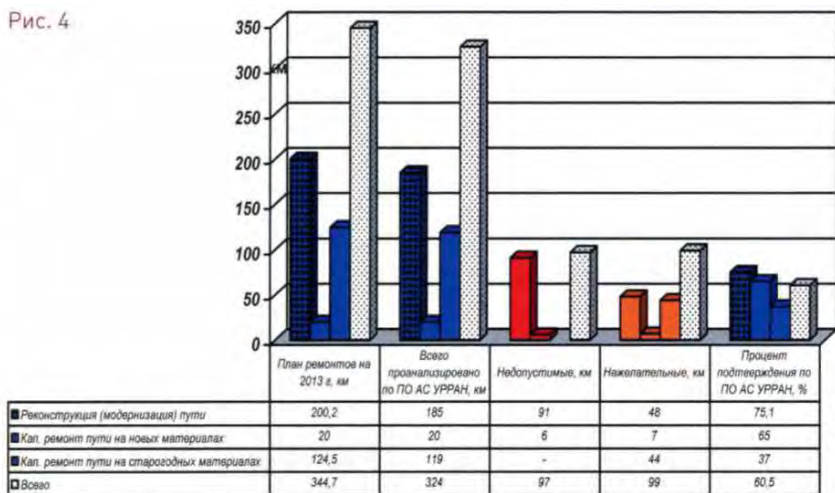
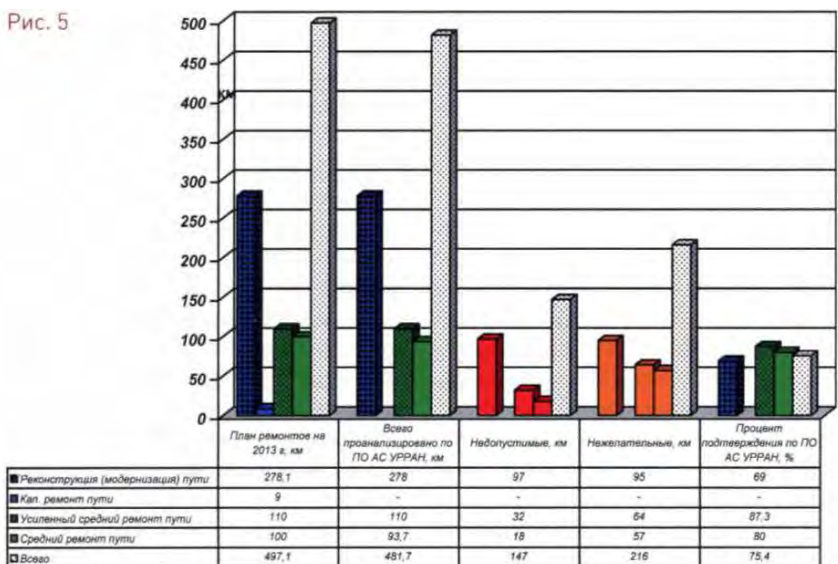


Рис. 5



Заложенные в программное обеспечение автоматизированного расчета предотказного состояния возможности позволяют достаточно эффективно применять результаты анализа предотказного состояния при планировании ремонтных работ. На примере Северной и Куйбышевской железных дорог были сопоставлены планы ремонтов и результаты расчета предотказного состояния на заплан-

нированных для ремонта участках. Результаты анализа показаны на рис. 4 и 5.

При анализе сопоставляли количество километров, запланированных для проведения ремонтов, и количество километров из этого списка, находящихся в нежелательном или недопустимом состоянии (по результатам расчета предотказного состояния). Как видно из диаграмм, корреляция между ре-

альным состоянием пути и запланированными ремонтами является достаточно высокой: совпадение составляет 60,5% на Северной железной дороге и 75,4% на Куйбышевской. Имеющиеся различия объясняются тем, что расчет предотказного состояния пока выполняется только на основе геометрии рельсовой колеи и рельсовых скреплений.

Для получения более полной картины в настоящее время проводятся работы по привлечению в расчеты информации о других объектах инфраструктуры. Однако уже имеющиеся возможности автоматизированного расчета предотказного состояния позволяют эффективно использовать этот инструмент для мониторинга состояния, прогнозирования его развития и планирования ремонтных работ.

## НОВЫЙ ПОДХОД К ПЛАНИРОВАНИЮ ПУТЕВЫХ РАБОТ

**В.М. ЕРМАКОВ**, главный инженер Управления пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры - филиала ОАО «РЖД», доктор технических наук

**В.М. ЕРМАКОВ**, главный инженер Управления пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры - филиала ОАО «РЖД», доктор технических наук

ВПУТЕВОМ хозяйстве информационную базу УРРАН составляют комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАС АНТ), АСУ-Путь и

ЕКАСУ-И. Поданным КАС АНТ определяется интенсивность отказов технических средств. Методология УРРАН использует этот показатель для оценки рисков нарушения безопасности движения, а также издержек в перевозоч-

ном процессе из-за отказов и затрат на их устранение и предупреждение. Данные из АСУ-Путь и ЕК АСУ-И используются для расчета практически всех показателей, включая затраты за период жизненного цикла пути.

Одна из ключевых задач внедрения УРРАН в путевом комплексе — снижение стои-

**Критерии назначения ремонтов пути**

Класс пути	Основные критерии		Дополнительные критерии			Критерии УРРАН	
	Отношение пропущенного тоннажа или срока службы к нормативному, %, не менее	Средний одиночный выход рельсов на участке ремонта (в сумме за срок службы), шт/км, не менее	Количество негодных и дефектных элементов на 1 км верхнего строения пути, %			Частота отказов, шт. в год/км	Затраты на текущее содержание пути, доля от амортизации
			Негодные деревянные шпалы	Негодные скрепления	Шпалы с выплесками		
1-й	100	4	15	15	4	0,2–0,8	0,5–0,7
2-й	100	6	18	20	5	0,2–0,8	0,5–0,7

мости жизненного цикла путевой инфраструктуры за счет обоснованного перераспределения ресурсов. Иными словами, эта технология помогает планировать работы так, чтобы вложенные средства обеспечивали максимально возможное сокращение совокупных затрат.

Показатели УРРАН позволяют, в частности, выявлять участки и их элементы, имеющие наибольшую частоту отказов за определенный период (наработку), обнаруживать накопление предотказов (дефектов) участков пути за определенный период времени, оценивать правильность выбора решений на этапе проектирования.

В рамках внедрения системы УРРАН в путевом хозяйстве в 2011—2012 гг. разработан ряд нормативных документов. В их числе:

- **СТО РЖД 2.041-2011 «Управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности (УРРАН). Системы, устройства и оборудование путевое хозяйство. Требования надежности и функциональной безопасности»**, Методика расчета показателей надежности и безопасности функционирования эталон-

ных объектов путевого хозяйства ОАО «РЖД»;

- **экономико-математическая модель расчета бюджетов на содержание хозяйства пути и сооружений (дирекции инфраструктуры) на основе методологии УРРАН;**

- **регламент взаимодействия участников при формировании бюджетов на содержание инфраструктуры хозяйства пути и сооружений;**

- **апробация подходов к содержанию инфраструктуры хозяйства пути и сооружений (дирекции инфраструктуры) с использованием УРРАН на полигоне Северной железной дороги и проведение анализа сравнительной эффективности с существующим подходом.**

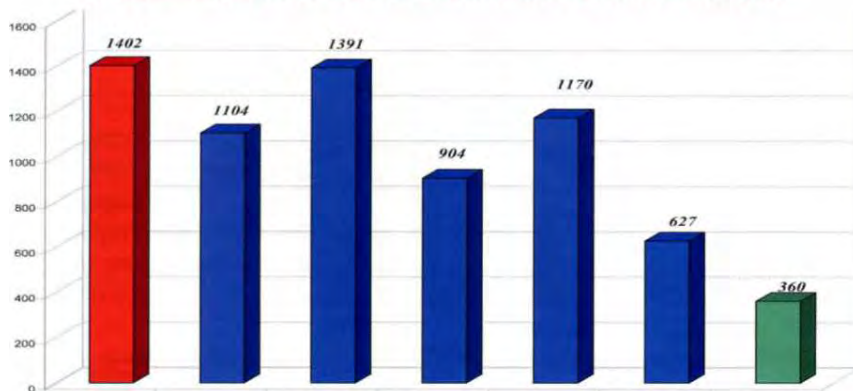
В 2012—2013 гг. предполагается разработать методики оценки рисков для верхнего строения пути и для железнодорожных переездов, расчета показателей надежности и безопасности функционирования земляного полотна железнодорожного пути и искусственных сооружений. Будет составлена расчетная модель стоимости жизненного цикла железнодорожного пути и разработано учебное пособие по составлению планов

работ по ремонту и реконструкции/модернизации железнодорожного пути ОАО «РЖД» на основе методологии УРРАН.

На сегодняшний день методология УРРАН в путевом хозяйстве нашла практическое применение в планировании модернизации и капитальных ремонтов железнодорожного пути. Как известно, в 1994 г. приказом 12Ц была введена новая система ведения путевого хозяйства, предусматривающая переход на назначенные ремонты пути по его фактическому состоянию. Помимо ресурсного показателя — пропущенного тоннажа — используются еще четыре критерия: выход рельсов, дефектность шпал, скреплений, балластного слоя, определяющие фактический уровень технического состояния пути. Совокупность этих критериев в значительной степени определяет и уровень безопасности, и уровень затрат на текущее содержание участка пути, подлежащего ремонту, однако инструмента для их количественной оценки до последнего времени не было.

В новой редакции нормативов к пяти существующим критериям должны быть до-

**ПРЕВЫШЕНИЕ КОНТРОЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ПО КРИТЕРИЯМ, км**



бавлены дополнительные критерии с использованием инструментов УРРАН: частота отказов элементов пути и затраты на его текущее содержание пути (см. таблицу). В соответствии с решением расширенного заседания секции «Путевое хозяйство» НТС ОАО «РЖД», прошедшего в мае 2012 г., на Северной железной дороге план модернизации (реконструкции) и капитального ремонта пути сформирован с использованием методологии УРРАН.

Исходя из лимитов на 2013 г. структура «тяжелых» видов ремонтов распределена на Северной магистрали следующим образом:

- модернизация — 200 км;
- капитальный ремонт на новых материалах — 20 км;
- капитальный ремонт на старогодных материалах — 140 км.

Протяженность главных путей Северной железной дороги, имеющих превышение нормативного тоннажа или срока службы в годах, составила 1402 км (см. рисунок). С учетом дополнительных критериев — показателей выхода рельсов, дефектности шпал, креплений и балласта в со-

ответствии с Техническими условиями на ремонты и планово-предупредительную выправку пути (ЦПТ-53) протяженности пути, подлежащего ремонту по его фактическому состоянию, составила 1104 км. Параллельно были проведены расчеты на соответствие критериям УРРАН, в число которых входит наработка тоннажа, а также частота отказов и затраты на текущее содержание пути.

Протяженность пути, на которых частота отказов превысила граничные значения, составила 1391 км, а с превышением затрат на текущее содержание пути — 904 км. С учетом подходов, при которых при совпадении двух из трех критериев по УРРАН назначается ремонт, была определена протяженность 1170 км пути, подлежащего ремонту по критериям УРРАН. Таким образом, были определены два множества участков, подлежащих ремонтам: по пяти критериям ЦПТ-53 — 1104 км и по трем критериям УРРАН -1170 км.

Следующим этапом стало наложение 1104 км, подлежащих ремонту по ЦПТ-53, на 1170 км, подлежащих ре-

монту по УРРАН. В итоге пересечения были получены 627 км, из которых по наибольшим значениям семи критериев были отобраны 360 км, обеспеченных лимитами.

В итоге мы убедились, что введение дополнительно двух критериев УРРАН — частоты отказов и затрат на текущее содержание пути — позволяет в условиях ограниченных лимитов более обоснованно выбрать участки ремонтов, после оздоровления которых будут получены наибольшие результаты.

Формирование планов ремонтно-путевых работ с учетом критериев системы УРРАН на всей сети ОАО «РЖД» начнется с планов на 2014 г. При этом в приоритетном порядке необходимо определить весовые коэффициенты всех семи критериев для наиболее обоснованного назначения к ремонтам участков в случаях ограниченных возможностей финансирования, отработать методологию и показатели критериев для промежуточных видов ремонтов, а также интегрировать АСУ-П, УРРАН и ЕК АСУ-И для автоматизации решения поставленных задач.



## Матрица экономии

**В ОАО «РЖД» кардинально изменятся требования к продукции, работам и услугам**

Комплекс систем управления ресурсами, рисками и надёжностью на этапах жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта (УРРАН) внедряется в ОАО «РЖД» с 2010 года. Однако его главные потенциальные возможности ещё только предстоит освоить.

В рамках проекта в этом году впервые за четверть века на постсоветском пространстве был утверждён стандарт, в котором отражено современное состояние науки о надёжности в же-

лезнодорожной технике – межгосударственный ГОСТ 32192-2013.

В нём конкретизированы общие понятия для отдельных объектов железнодорожного транспорта, приведены специфические термины по их надёжности, введены её комплексные показатели не только для отдельных объектов, но и для участка линии в целом. Сейчас этот ГОСТ взят за основу для создания межгосударственного стандарта надёжности в технике по всем отраслям.

Большое значение имеет и созданный в рамках проекта УРРАН ГОСТ Р 54505-2011 «Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте». Ведь о том, что при принятии управленческих решений надо учитывать риски, известно давно. Но как именно пользоваться результатами их оценки на практике, было не ясно. Вот почему при подготовке этого национального стандарта была разработана технология анализа такого параметра – чтобы уменьшить его до приемлемых размеров.

При создании стандарта была отшлифована «матрица рисков» – инструмент, позволяющий ранжировать и отражать их определением уровня частоты и тяжести последствий.

Например, один из мощнейших в России и Европе грузовых магистральных электровозов 2ЭС10 «Гранит» оборудован системами автоматической пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения. С помощью матрицы рисков было установлено: вероятность возгорания этого электровоза столь невелика, что в расчёт её можно не принимать. Отсюда вывод – оборудовать «Гранит» дорогостоящими автоматическими установками для предотвращения и тушения пожара нецелесообразно, достаточно обойтись обычной пожароохранной сигнализацией. В случае возгорания, вероятность которого, подчеркнём, ничтожно мала, машинист справится с ним при помощи огнетушителя. При этом отказ от системы автоматического пожаротушения удешевляет локомотив на 500 тыс. руб. Деньги немалые.

Комментируя этот пример снижения стоимости жизненного цикла изделия ещё на стадии технического задания, старший вице-президент – главный инженер ОАО «РЖД» Валентин Гапанович выразил уверенность: в будущем такая же методика будет использована на многих других объектах, а пока её применение только началось.

О том, что до окончания внедрения нормативно-методической базы УРРАН ещё далеко, говорит и то, как применяется на практике разработанный в рамках этого проекта ГОСТ Р 54504-2011 «Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательст-

во безопасности объектов железнодорожного транспорта».

«Доказательства безопасности – обязательное условие приёмки продукции. А сейчас даже при её сертификации разработчики их нам не предоставляют», – отметил заместитель руководителя научно-технического комплекса по системам обеспечения безопасности движения и автоматизации станционных процессов ОАО «НИИАС» Игорь Шубинский.

Первые результаты от внедрения УРРАН обнадеживают. Например, в путевом хозяйстве Северной дороги стали более обоснованно выбирать участки для ремонта, введя для этого дополнительные критерии – частоту отказов и затраты на текущее содержание пути. В результате модернизации этих участков в дальнейшем такие затраты будут минимальны. По словам начальника управления пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры Александра Гришова, прогнозный эффект от работ с учётом критериев УРРАН в этом году – 52,2 млн руб.

Можно представить, в каком выигрыше окажется компания, когда новая методология будет внедрена путейцами всех дорог.

Ещё одно свидетельство того, что возможности новой нормативно-методической базы пока не используются в полной мере, – в первом полугодии произошло 1758 отказов технических средств из-за дефектности рельсов, однако рекламации были направлены лишь по 47 изъятым из пути гарантийным рельсам.

Давно назрела необходимость использовать УРРАН и для того, чтобы лучше выстроить взаимоотношения с производителями путевой техники. По данным Центральной дирекции по ремонту пути, с 2009 года по минувший август зафиксировано 114 случаев отказа техники, выпущенной и отремонтированной одним из производителей. Все эти случаи произошли в гарантийный период, в сезон летних путевых работ. При этом простой техники в ремонте – 1143 дня. А с момента возникновения неисправности до даты её устранения доходит иногда до двух месяцев.

Проводимая рекламационная работа существенных результатов не даёт. Только за период с 2012 года до настоящего времени поставщикам путевых машин отправлено 30 претензий и рекламаций по неисправностям. Понятно, что давно уже возникла необходимость внесения в технические требования конкурсной документации по договорам изменений в соответствии с ключевыми показателями УРРАН. В частности, по мнению главного инженера Центральной дирекции по ремонту пути Александра Запольского, для обеспечения качества поставляемой и отремонтированной продукции надо разработать перечень обязательных показателей надёжности, безопасности и стоимости жизненного цикла основных средств. Но дальше предложений дело пока не сдвинулось.

В этой связи Валентин Гапанович подчеркнул, что главное – это с помощью УРРАН заставить производителей и ремонтников путевой техники платить за её простой. Для этого он предложил Центральной дирекции по ремонту пути так оформить отношения с ними, чтобы компенсировать недополученные в результате простоя машин средства, рассчитав потери с помощью машино-часов. Только тогда, по мнению главного инженера ОАО «РЖД», техника перестанет простаивать.

Чтобы полностью реализовать возможности УРРАН, сейчас создаётся единая корпоративная платформа, с помощью которой можно будет оперативно решать задачи управления техническим содержанием хозяйств. С этой же целью в Москве были проведены занятия со 143 представителями подразделений компании, которые обучили на местах 2694 специалиста. Однако этого недостаточно. Как показало проведённое Валентином Гапановичем в режиме видеоконференции



сетевое совещание, понятийный аппарат УРРАН освоен слабо даже на уровне главных инженеров дорог. В соответствии с принятым решением через месяц они вместе с начальниками линейных предприятий отчитаются о внедрении УРРАН.

Старший вице-президент ОАО «РЖД» уверен, что механизм для его реализации создан, осталось его запустить.

Алексей Торба

## Повторение пройденного

*В августе в режиме видеоконференции состоялось совещание по вопросу внедрения методологии управления ресурсами, рисками и надежностью объектов железнодорожного транспорта на всех стадиях жизненного цикла (УРРАН). Старший вице-президент ОАО "РЖД" Валентин Гапанович его результатами остался недоволен.*



Выяснилось, что система, разработанная для поддержки принятия управленческих решений, оказалась во многом не понятой теми, кому эти решения предстоит принимать. В завершение совещания Валентин Гапанович распорядился через месяц провести повторную видеоконференцию, на которой руководители, главные инженеры и начальники технических отделов отчитаются о внедрении методологии УРРАН на своих железнодорожных предприятиях.

Час "икс" пробил 17 сентября. Во второй видеоконференции, касающейся вопросов внедрения методологии УРРАН в структурных подразделениях хозяйств инфраструктуры, приняли участие более тысячи специалистов со всей сети дорог. Правда, доклады прочитали только представители магистралей-передовиков по применению системы УРРАН: Северная, Куйбышевская, Московская, Октябрьская, Свердловская дороги. Железнодорожники Приволжской в число докладчиков не попали. Однако данный факт ничуть не умаляет значимость прошедшей видеоконференции для нашей дороги. Ведь железнодорожным предприятиям полигона Приволжской магистрали также, как и всем остальным, предстоит внедрять разработанную методологию в действие.

Сегодня на сети дорог системе управления ресурсами, рисками и надежностью объектов железнодорожного транспорта на всех стадиях жизненного цикла уделяется колоссальное внимание. Уже создана нормативно-методическая база, появились позитивные результаты внедрения системы в путевом хозяйстве. Именно возможностям, открываемым УРРАНОм перед путевым комплексом, была посвящена большая часть совещания. Опытom поделились представители Северной железной дороги. Три года назад она стала пилотом по внедрению системы.

Методология УРРАН прочно вошла в работу Ярославль Главный дистанции пути Северной железной дороги. Причем если раньше расчет показателей производился ручным способом, то теперь осуществляется с помощью автоматизированных систем. Процент совпадения проблемных участков, выявленных с помощью методологии УРРАН, с участками, обнаруженными по существующим нормативам, достигает 65 процентов.

– После внедрения системы УРРАН стало проще анализировать состояние участков пути на дистанции по параметрам геометрии рельсовой колеи и выявлять предотказное состояние, – пояснил главный инженер Ярославль Главный дистанции пути Антон Калев. – В результате отказы по

геометрии рельсовой колеи снизились в три раза, и отказов по дефектным рельсам в августе допущено не было.

Одна из возможностей, открываемых УРРАНом перед руководителями путевого комплекса, – определение стоимости составляющих жизненного цикла пути. Это позволяет осуществлять перераспределение денежных средств между капитальным ремонтом и текущим содержанием пути.

Как это функционирует на практике, демонстрируют работы, проведенные в прошлом году на участке Фирино – Уткино Северной магистрали. С учетом показателей системы УРРАН были разработаны две стратегии жизненного цикла данного участка пути. Согласно первой, назначен капитальный ремонт на новых материалах стоимостью 12,8 миллиона рублей за километр. При этом текущее содержание составляло 9,6 миллиона рублей за километр. По второй стратегии (на ней в конечном итоге остановило свой выбор руководство дистанции) проведена реконструкция пути стоимостью 18,2 миллиона рублей за километр с применением мало обслуживаемых конструкций пути на упругих скреплениях и рельсов иностранного производства с наработкой в 1 миллиард тонн километров брутто. При этом затраты на текущее содержание сократились до 4,2 миллиона рублей за километр. Перераспределение затрат с текущего содержания на реконструкцию позволило увеличить продолжительность жизненного цикла на пять лет, или на 300 миллионов тонн километров.

Однако не на всех магистралях внедрение методологии проходит без пробуксовок. Поэтому прошедшая видеоконференция явно не станет последней. И повторить пройденное придется еще не раз. Так же, как и отчитаться перед старшим вице-президентом об успехах или провалах в работе УРРАНа.

## Приоритетная задача специалистов отрасли

Поиску эффективных мер предупреждения нарушений безопасности движения была посвящена очередная XIV научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов», которая проходила под председательством вице-президента ОАО «РЖД» Шевкета Нургалиевича Шайдуллина. В ее работе приняли участие первый вице-президент ОАО «РЖД» Вадим Николаевич Морозов, начальники департаментов управлений и структурных подразделений ОАО «РЖД», руководящий состав и ведущие специалисты железных дорог: Московской, Октябрьской, Северной, Свердловской, Приволжской, Калининградской, Куйбышевской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Западно-Сибирской, Юго-Восточной, Горьковской, Северо-Кавказской, Южно-Уральской, Забайкальской и Дальневосточной, а также специалисты железных дорог Казахстана и Украины, ученые и специалисты транспорта.

Открывая конференцию, ректор МИИТа Борис Алексеевич Левин подчеркнул значение и роль этой масштабной площадки по обмену опытом для улучшения положения с обеспечением безопасности движения. Он сообщил, что среди почти 500 участников конференции присутствуют представители всех девяти университетов отрасли, подготовлено около 100 заказных докладов. Отдельно остановился на творческом взаимодействии по вопросу безопасности движения между учеными и специалистами МИИТа и ВНИИЖТа.

Значимость проведения данного мероприятия проверена на деле и подтверждается приоритетными положениями,



ложенными в Стратегии обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса. Об этом говорили в своих выступлениях все участники пленарного дня. Отмечалось, что в целом положение с аварийностью и общими показателями безопасности движения существенно улучшилось. Достижение позитивных показателей стало возможно благодаря началу активной реализации положений, заложенных в уже упомянутой Стратегии. Сегодня на уровне функциональных филиалов наметилось снижение количества отказов, а это один из элементов надежности наряду с достаточно высоким уровнем организации перевозочного процесса.



Однако в выступлении Вадима Николаевича Морозова прозвучала обеспокоенность все еще высоким уровнем аварийности, несмотря на наметившуюся тенденцию ее снижения. По его мнению, одним из основных путей решения проблем является рост инвестиций в инфраструктурные проекты. Средства нужны для строительства путепроводов в местах пересечения стальной колеи с автотрассами, внедрения современных средств диагностики и мониторинга подвижного состава, оснащения техники приборами геонавигации, и многого другого. Поэтому важно обеспечить доходность работы отрасли.



О ситуации на переездах, где за десять месяцев этого года зафиксировано более 300 чрезвычайных происшествий, что на четверть больше, чем за весь 2012 год, говорил начальник отделения ГИБДД Юрий Алексеевич Лещев. Он считает, что нужно принять государственную целевую программу по модернизации мест пересечений автомобильного и железнодорожного транспорта. Одновременно надо повышать дисциплину автовладельцев. В прошлом году за нарушение ПДД на переездах сотрудники ГИБДД выписали свыше 107 тысяч штрафов.

По словам вице-президента ОАО «РЖД» Шевкета Нургалиевича Шайдуллина, за девять месяцев нынешнего года на инфраструктуре ОАО «РЖД» всего зафиксировано свыше 6,8 тысячи различных нарушений в сфере безопасности перевозок. Причем 38% из них допустили сторонние организации. Продолжаются поставки некачественного подвижного состава и контрафактных деталей. В этом году произошло 36 изломов боковых рам тележек грузовых вагонов в процессе перевозки, что в полтора раза больше, чем в предыдущем году.



Начальник управления Госжелдорнадзора Геннадий Борисович Сарафанов подчеркнул, что много нарушений допускается при продлении срока службы подвижного состава. Кроме того, специалисты этого ведомства выявили 80 контрафактных автосцепок и отставили от движения более 600 вагонов, на которые были оформлены поддельные документы.

Об участии коллектива ОАО «ВНИИЖТ» в решении проблем обеспечения безопасности движения, в том числе на высокоскоростных магистралях, рассказал его генеральный директор Борис Моисеевич Лapidус. Разработанная здесь комплексная система управления безопасностью

получила название «менеджмент безопасности». Ближайшая задача – создание нормативов этой системы. В том числе, положения о проведении служебных расследований и ряд других. Только для обеспечения безопасности скоростного и высокоскоростного движения предстоит переработать более 70 стандартов и сводов правил. Перспективная же задача обеспечить ежедневный контроль за состоянием каждого вагона с обязательной экономической ответственностью за допущенные нарушения в его содержании.

По мнению первого заместителя генерального директора ОАО «НИИАС» Ефима Наумовича Розенберга, для обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге «РЖД» существует многоуровневая система с использованием рельсовых цепей и радиоканала. Главное, чтобы обеспечивалось ее надлежащее обслуживание. При этом есть целый ряд особенностей при обеспечении безопасности движения на станциях, в том числе с точки зрения оценки рисков и управления ими. Варианты выбора правильных решений должны опираться на спутниковую навигацию и бессветофорное движение.

Много любопытной информации содержалось в выступлениях главного инженера по конфигурации систем компании «Сименс» в России и Центральной Азии Дитриха Шуккманна, начальника Восточно-Сибирской железной дороги Василия Федоровича Фролова, заместителя руководителя РОСЖЕЛДОРА Игоря Владимировича Мицука и других.

Затем конференция продолжилась на заседаниях секций и круглых столов по четырем направлениям. В обсуждении 357 опубликованных тезисов докладов приняли участие свыше 400 специалистов и ученых. В том числе ответственные работники железных дорог, функциональных филиалов ОАО «РЖД», их структурных подразделений, сотрудники научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений.

Так, участвовавшие в работе круглого стола по направлению «Стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге «РЖД» на современном этапе» заслушали 25 докладов и выступлений, среди которых наиболее важными были:

- перспективы организации скоростного и высокоскоростного движения в системах управления;
- методика определения потенциально опасной продукции в ОАО «РЖД» на примере литых деталей тележек грузовых вагонов; – обеспечение безопасного функционирования выпускаемой железнодорожной продукции ОАО «НПК «УРАЛВАГОНЗАВОД» на всех этапах «жизненного цикла»;
- деятельность «РЖДстрой» по строительству и модернизации объектов ж.д. транспорта и взаимодействие с ОАО «РЖД» в области обеспечения безопасности движения поездов при производстве работ;
- комплексный подход к организации эксплуатации железнодорожного транспорта как элемент обеспечения безопасности движения;
- комплексная оценка возможности снятия ограничений на роспуск с сортировочных горок железнодорожных станций вагонов с опасными грузами 2-го класса опасности (сжиженными углеводородными газами) с учетом обеспечения безопасности движения.

Среди почти трех десятков рекомендаций участников круглого стола, которые предлагается реализовать в ближайшие два-три года, особенно актуальными являются следующие:

– проводить на постоянной основе работы по поддержанию в актуальном состоянии информационных продуктов: АСКМ «Транспортировка опасных грузов», подсистемы «Ликвидация аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам», включенные в перечень-минимум оперативного дежурного Ситуационного центра ОАО «РЖД»;

– разработать программу и организовать внедрение современных технических средств защиты котлов цистерн и арматуры, эластомерных поглощающих аппаратов типа 73ZW и их модификаций, ограничителей саморасцепа и др. на вагонах для перевозки опасных грузов;

– разработать технологические указания по роспуску и организации формирования отцепов прикрытия на сортировочных путях для вагонов с опасными грузами;

– разработать технологию и в опытном порядке под гарантию разработчиков организовать на автоматизированной сортировочной горке роспуск вагонов с опасными грузами 2-го класса;

– обеспечить условия для создания и внедрения системы менеджмента безопасности движения в вверенных подразделениях с разработкой адресного плана организационно-технических мероприятий на 2014–2015 гг. по реализации положений по созданию СМБД, утвержденных распоряжением ОАО «РЖД» от 03.07.2013 № 1498р;

– подготовить и заключить договор на выделение вагонов-цистерн для перегруза в случае возникновения аварийных ситуаций с опасными грузами;

– рекомендовать систему МАЛС к тиражированию в рамках инвестиционных программ ОАО «РЖД» на сортировочных грузовых и пассажирских станциях с маневровой работой и другие.

Второе направление «Управление рисками в инфраструктурном комплексе ОАО «РЖД» на основе технологий диагностики и мониторинга» включает в себя четыре секции: «Инженерные сооружения», «Путь и путевое хозяйство», «Информационные и спутниковые навигационные системы в обеспечении безопасности движения», «Железнодорожная автоматика и телемеханика». Соответственно, на заседании круглого стола были заслушаны и обсуждены доклады по тематике обеспечения безопасности устройств железнодорожной инфраструктуры (пути, контактной сети, СЦБ и связи) на основе внедрения современных технологий и средств диагностики и мониторинга. По итогам его работы предложены следующие рекомендации:

– разработать и утвердить «Положение о диагностических комплексах инфраструктуры «ЭРА» и «ИНТЕГРАЛ» с включением требований по планированию ремонтных работ по фактическому состоянию путевой инфраструктуры;

– завершить разработку методики определения предотказных состояний в рамках концепции УРРАН устройств и элементов пути на основе результатов диагностики и мониторинга диагностическими комплексами «ЭРА» и «ИНТЕГРАЛ». Особое внимание обратить на прогнозирование возможности возникновения выброса бесстыкового пути;

– в целях оптимизации норм текущего содержания пути в условиях сложного плана и профиля определить Восточно-Сибирскую железную дорогу экспериментальным полигоном с привле-

чением специалистов научно-исследовательских институтов для проведения испытаний с различными нормами по ширине колеи в кривых участках на разных типах скреплений;

– продолжить модернизацию средств дефектоскопии рельсов и элементов стрелочных переводов методами неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики (ТД), в том числе разработать и внедрить дефектоскоп для автоматизированной проверки сварных стыков при выходном контроле в РСР.

Свои рекомендации приняли и участвующие в работе секций. Их тоже около трех десятков, поэтому приведем лишь некоторые:

– разработать алгоритм кластерного анализа в дефектоскопии состояния поверхности металлоконструкций, применяемых на железнодорожном транспорте;

– разработать методические рекомендации и конструкцию по снижению рисков на карстоопасных участках Горьковской ж.д. – филиала ОАО РЖД;

– разработать регламенты «Транспортное строительство в сейсмических районах» (разделы: Сейсмостойкость мостов, Сейсмостойкость тоннелей, Сейсмостойкость насыпей);

– разработать технологический процесс усиленного капитального ремонта железнодорожного пути на участках укладки защитных слоев подшпального основания с объемной георешеткой;

– рекомендовать оснастить ПМС контрольно-измерительным и диагностическим оборудованием для осуществления пооперационного контроля при выполнении работ по формированию защитных слоев подшпального основания;

– провести экспериментальные исследования на опытных участках с модернизированным скреплением АРС на перегонах Малиногорка – Козулька (3974–3976) – первый путь Красноярской ж.д., Ангасолка – Слюдянка (5292 км) – первый путь Восточно-Сибирской ж.д., Углеуральская – Шестаки (129–134 км) – Северо-Кавказская ж.д. на предмет расширения поля допусков по ширине колеи в кривых малого радиуса;

– представить на рассмотрение в ЦБТ ОАО «РЖД» результаты инициативной разработки по обнаружению несанкционированных переходов на основе анализа данных спутниковой съемки;

– считать бортовые средства технической диагностики неотъемлемой частью бортовых устройств безопасности, разработать технические требования к ним;

– рассмотреть возможность использования участка Адлер – Альпика Сервис как полигона для проведения испытаний новых технологий и систем связи, управления движением поездов;

– с целью объективной оценки состояния устройств инфраструктуры участка Москва – Санкт-Петербург выполнить расчет допустимых и проектных значений интенсивности отказов технических средств и утвердить их в ОАО «РЖД».

В рамках проведения круглого стола по третьему направлению «Управление рисками при эксплуатации подвижного состава ОАО «РЖД» на основе технологий диагностики» прошли заседания трех секций: «Комплексная оценка текущего состояния элементов конструкции подвиж-

ного состава и пути», «Локомотивы и локомотивное хозяйство», «Вагоны и вагонное хозяйство».

Всего на заседаниях этого круглого стола и секций было заслушано свыше 80 докладов. Большинство из них затрагивали проблемы долговечности и безотказности технических устройств и подвижного состава, совершенствования их конструкций, диагностики и контроля за буксовыми узлами и ходовыми частями вагонов. Анализировались современные технологии измерений и контроля за геометрическими параметрами колес и рельсов как важного фактора в обеспечении безопасности движения.

По итогам состоявшейся дискуссии решено разработать методику расчета и анализа показателей надежности с целью определения ресурса и срока службы ответственных деталей подвижного состава и объектов инфраструктуры на основе результатов неразрушающего контроля. А также разработать автоматизированный комплекс управления рисками и ресурсами на основе анализа надежности ответственных деталей подвижного состава и объектов инфраструктуры. Намечено продолжить оснащение станций и локомотивов маневровой автоматической локомотивной сигнализацией (МААС) и вести поэтапную установку путевых устройств САУТ-ЦН/НСП для замены путевых устройств САУТ-Ц, обеспечивающих прицельную остановку поезда при приеме на пути, не оборудованные путевыми устройствами автоматической локомотивной сигнализации.

Среди других важных задач намечено продолжить разработку и внедрение локомотивного устройства безопасности на базе модульной структуры с расширенными функциями «БЛОК» и безопасный локомотивный объединенный комплекс нового поколения «БЛОК-М». Провести факторный анализ причин, влияющих на излом боковых рам тележек. А также продолжить работу и в 2014 году обеспечить проведение на Горьковской железной дороге приемочных испытаний постовой системы диагностики ходовых частей подвижного состава для выявления дефектов в литых деталях тележек грузовых вагонов на ходу поезда. Завершить эксплуатационные испытания интеллектуальных комплексов контроля литых деталей тележек грузовых вагонов методом затухающих свободных колебаний с выработкой заключения о целесообразности их использования в эксплуатационных и ремонтных вагонных депо.

Принимая во внимание увеличение объема неразрушающего контроля (при производстве и ремонте), решено рекомендовать к применению профильным предприятиям ж.-д. транспорта стенд лазерного сканирования и дефектоскопии «Робоскоп ВТМ-3000» для диагностики ответственных деталей подвижного состава (колесных пар, автосцепных устройств, литых деталей тележек грузовых вагонов и др.). Продолжить теоретические и экспериментальные исследования по увеличению межремонтного пробега грузовых вагонов до 250 тыс. км за счет модернизации тележки 18-100.

В рамках четвертого направления «Внедрение культуры безопасности движения. Технологическая среда и человек» работали три секции:

- «Организация перевозок пассажиров и грузов»;
- «Развитие кадрового потенциала»;
- «Особенности человеческого фактора в системе управления безопасностью движения».

Было заслушано 54 доклада, в их обсуждении приняли участие 96 человек.

По результатам работы секции «Организация перевозок пассажиров и грузов» выработаны такие рекомендации:

– продолжить работу по оборудованию тупиковых путей пассажирских станций устройствами УЗ-220 вместо тормозных башмаков;

– продолжить работу по определению величины и места нахождения «барьерной» группы на путях сортировочного парка в зависимости от энергетической высоты горки, длины и веса отцепы, распускаемого на соответствующий путь;

– в ежегодную «Программу повышения безопасности движения» включить мероприятия по обновлению горочных технических средств, обеспечению безопасности роспуска (замена старых типов вагонных замедлителей на современные);

– пересмотреть вопрос размещения светофоров на спускной части горки (пучковых) в условиях автоматизации для повышения пропускной и перерабатывающей способности;

– рекомендовать к использованию на сети железных дорог замедлители TDJ как возможность безлюдной технологии закрепления подвижного состава (по опыту Забайкальской железной дороги).

Участовавшие в заседании секции «Развитие кадрового потенциала» обсудили следующие вопросы:

– актуальные задачи служб управления персоналом в сфере обеспечения безопасности движения поездов с учетом реализации корпоративных стратегий обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса и развития кадрового потенциала;

– международный опыт работы с персоналом в сфере обеспечения безопасности движения поездов;

– факторы, влияющие на поддержание безопасности перевозочного процесса в сфере управления персоналом, в том числе в разрезе различных категорий персонала;

– развитие корпоративной культуры безопасности на основе внедрения корпоративных компетенций и развития современных форм вовлечения персонала в мероприятия по поддержанию должного уровня безопасности движения поездов;

– мотивация работников компании к обеспечению безопасности движения.

Вот некоторые пункты, которые предложено включить в рекомендации конференции:

– разработать комплекс мер по стимулированию преподавателей и научных работников к получению информации об изменении нормативной базы, внедрении новой техники и технологий, корпоративных событиях, а также порядок передачи нормативной и технической документации, не содержащей коммерческой тайны, для использования в учебном процессе;

– проработать вопрос о подготовке специалистов для железнодорожного транспорта по программам прикладного бакалавриата и магистратуры;



– подготовить предложения по внедрению единых правил проведения входного, промежуточного и итогового контроля знаний обучающихся во всех УЦПК;

– рассмотреть возможность участия причастных руководителей ОАО «РЖД» в мероприятиях МСЖД, на которых рассматриваются вопросы влияния человеческого фактора на безопасность движения;

– использовать конкурсы профессионального мастерства, викторины и аналогичные мероприятия для внедрения культуры безопасности в структурных подразделениях.

И, наконец, в рамках заседания секции «Особенности человеческого фактора в системе управления безопасностью движения» приняли участие 63 человека из Департамента здравоохранения, Дирекции медицинского обеспечения, региональных дирекций медицинского обеспечения на железных дорогах, негосударственных учреждений здравоохранения ОАО «РЖД», кафедры железнодорожной медицины РАПС МГУПС (МИИТ), Воронежской ГМА, Алтайского ГМУ.

Заслушав 21 доклад, участники заседания обсудили вопросы продления профессионального долголетия, профилактики утомления у работников локомотивных бригад, профилактики употребления наркотических средств и психотропных веществ работниками ОАО «РЖД», внесения необходимых изменений в нормативные правовые документы, регламентирующие деятельность по психофизиологическому обеспечению безопасности движения поездов. В результате были приняты следующие рекомендации.

Во-первых, создать рабочую группу Департамента здравоохранения, Департамента по организации, оплате и мотивации труда, Дирекции тяги и Департамента безопасности движения поездов с целью разработки предложений по внесению изменений в действующую нормативно-правовую базу, регламентирующую режимы и условия труда и отдыха работников локомотивных бригад, с учетом результатов проводимых НУЗ «Научный клинический центр ОАО «РЖД» научно-исследовательских работ.

Во-вторых, продолжить в 2014 г. проведение следующих научно-исследовательских работ:

– «Разработка и обоснование методики по расчету режимов труда и отдыха работников локомотивных бригад ОАО «РЖД» при различных видах движения с учетом сложности рабочих плеч и сменного графика работы (с ночными сменами). Разработка методов и рекомендаций по сохранению здоровья и высокой работоспособности, работающих с ночными сменами»;

– «Разработка методических рекомендаций по профилактике утомления и сохранению профессиональной работоспособности в процессе трудовой деятельности работников локомотивных бригад ОАО «РЖД».

Планируется завершить модернизацию автоматизированной системы предрейсовых медицинских осмотров (АСПО) на Приволжской, Свердловской, Западно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорогах; продолжить внедрение медицинской информационной системы «Электронный ВЭК»; организовать проверки НУЗ ОАО «РЖД» по медико-психологическому обеспечению безопасности движения поездов на Московской, Куйбышевской и Горьковской железных дорогах; продолжить работу по подготовке врачей негосударственных учреждений здравоохранения ОАО «РЖД» по разделу «Медицинское обеспечение безопасности

движения поездов» (по экспертизе профессиональной пригодности лиц, непосредственно связанных с движением поездов и маневровой работой; предрейсовым медицинским осмотром).

Для подведения итогов конференции ее участники вновь собрались на заключительное пленарное заседание, чтобы заслушать сообщения руководителей секций о проделанной работе. По мнению председателя конференции Шевкета Нургалиевича Шайдуллина, ее работа заслужила удовлетворительной оценки. Он выразил сожаление по поводу того, что не присутствовали на этом ответственном форуме вагоностроители, к которым было высказано немало претензий. А также призвал провести тщательную работу над ошибками. Как он выразился, «надо быть впереди тех вопросов, которые рассматривали», и посоветовал обратить главное внимание на качественную и безусловную реализацию всех намеченных мероприятий и рекомендаций.

Председательствующий выразил удовлетворение по поводу прозвучавшей на конференции инициативы создать Совет по безопасности перевозок, в состав которого, помимо специалистов отрасли, должны войти представители органов власти и участники транспортного рынка. Такая мера позволит лучше координировать деятельность различных структур в области безопасности движения.

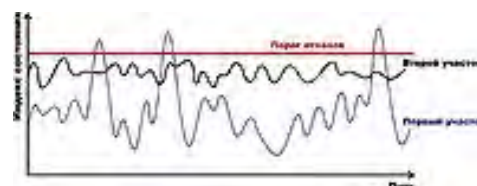
## Комплексный подход к мониторингу железнодорожной инфраструктуры на основе технологии УРРАН

Вопросам комплексного подхода к мониторингу железнодорожной инфраструктуры на основе технологии УРРАН посвящена статья генерального директора НПЦ ИНФОТРАНС И.К. Михалкина, первого заместителя генерального директора по научно-технической политике О.Б. Симанова, заместителя генерального директора по инновационным проектам Ю.А. Седелкина, главного специалиста, д.т.н., профессора В.В. Ершова, старшего специалиста В.В. Атапина.

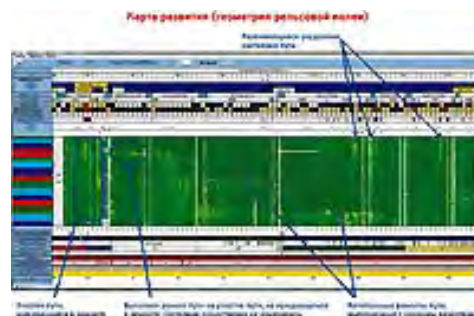
В настоящее время одним из основных вопросов железнодорожного транспорта является оптимизация инвестиций, поступающих в железнодорожную инфраструктуру, в части решения текущих и перспективных задач перевозки грузов. Необходимость развития ускоренного, скоростного и высокоскоростного движения, строительства новых магистралей требует значительных дополнительных вложений. Поэтому сейчас становится особенно актуальным обеспечить поступательное развитие инфраструктуры, ее соответствие требованиям времени в условиях ограниченного финансирования за счет рационального содержания, опирающегося на фактическое состояние инфраструктуры.



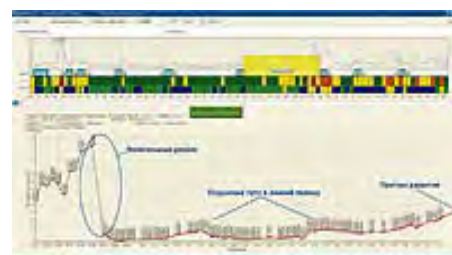
Одним из ориентиров инновационного развития железнодорожной отрасли являются требования к безотказности, эксплуатационной готовности, ремонтпригодности и безопасности, в первую очередь, ее инфраструктуры.



Рост цен на материалы и увеличение себестоимости ремонтов требуют дифференцированного подхода к назначению ремонтов. Функционирование скоростных магистралей и участков с высокой грузонапряженностью накладывает дополнительные технологические ограничения на дичность и интенсивность выполнения ремонтных работ. В результате нарастает протяженность участков пути и число других объектов инфраструктуры с просроченными ремонтами различного вида.



Выходом в создавшихся условиях может стать применение технологии комплексного управления надежностью и рисками на железнодорожном транспорте с использованием методологии обеспечения безотказности, готовности, ремонтпригодности и безопасности (RAMS). В ОАО «РЖД» эта методология была дополнена и распространена на стоимость жизненного цикла. Эта доработанная технология получила название «УРРАН» (УРРАН – Управление Ресурсами, Рисками на этапах жизненного цикла и Анализ Надежности). Работы по разработке и совершенствованию технологии УРРАН ведутся под руководством старшего вице-президента по инновационному развитию главного инженера ОАО «РЖД» В.А. Гапановича.



Главной задачей любой транспортной системы является задача обеспечения заданного перевозочного процесса на заданном уровне рисков с заданной системой обслуживания. Оптимизация затрат на решение этой задачи позволяет обеспечить эффективное управление инфраструктурой. Знание реального состояния объектов инфраструктуры дает возможность рационально управлять ресурсами, вкладываемыми в ее содержание, оценивать потребные затраты при изменении заданного перевозочного процесса (повышение скоростей движения, увеличение грузонапряженности), варьировать риски, совершенствовать систему обслуживания.



Диагностика и мониторинг фактического технического состояния железнодорожной инфраструктуры – одна из наиболее актуальных задач, включающих в себя не только создание новых высокоточных автоматизированных средств диагностики, но и разработку программных комплексов и систем для хранения, обработки и анализа получаемой информации. В итоге, создается контур диагностики как инструмент наблюдений, оперативного контроля и анализа, результатом которых является эффективное планирование содержания и ремонтов инфраструктуры.

В настоящее время основными поставщиками диагностической информации являются автоматизированные средства диагностики. Особое место в ряду диагностических средств занимают диагностические комплексы контроля состояния технических объектов железнодорожной инфраструктуры АДК-И «ЭРА». Актуализация базовой диагностической информации по геометрии рельсовой колеи с достаточно высокой периодичностью обследований осуществляется путеобследовательскими станциями модельного ряда КВЛ-П.

Диагностический комплекс «ЭРА» обеспечивает в рамках одной проверки контроль более 120 различных параметров с привязкой к путевой железнодорожной и геодезической системам координат. Система георадиолокационного зондирования подповерхностных слоев насыпи и

балластной призмы АДК-И «ЭРА», благодаря использованию антенн с различными частотами излучения, позволяет обнаруживать не только деформации основной площадки земляного полотна, но и нарушения границ конструктивных слоев. Данные системы пространственного сканирования в сочетании с информацией комплексного видеонаблюдения позволяют осуществлять контроль очертания балластной призмы и земляного полотна с выявлением мест с излишками или недостатками щебня в шпальных ящиках, наличием растительности. Видеоконтроль рельсошпальной решетки позволяет определять места подвижек рельсовых плетей относительно «маячных» шпал и состояние рельсовых креплений. Реализованы современные решения в диагностике контактной сети, устройств автоматики и телемеханики, связи. Все эти возможности объединяет ключевой фактор, характеризующий современный уровень сложного технического изделия, – автоматизация процесса диагностики.

Современные решения в диагностике при безусловном обеспечении единства измерений позволяют сегодня при анализе и планировании комбинировать информацию с различных средств диагностики и эффективно использовать хронологию поколений диагностических данных. Расширение диагностических возможностей определило требования к комплексному представлению результатов контроля объектов железнодорожной инфраструктуры и послужило толчком к развитию и уточнению нормативно-технической базы.

Одними из базовых параметров в методологии УРРАН-RAMS являются отказы технических средств и объектов инфраструктуры. Произошедшие отказы фиксируются в различных автоматизированных системах ОАО «РЖД». На их основе оценивается интенсивность отказов, наработка на отказ, рассчитывается коэффициент готовности и т.д. Использование в расчетах отказов как произошедших событий, накладывающих эксплуатационные ограничения на перевозочный процесс, эффективно при работе на представительном статистическом материале: с оценкой на большом временном интервале значительного по протяженности участка пути (на полигоне дороги или, как минимум, дистанции).

При попытке детализации на уровне перегона или километра приходится сталкиваться с тем, что отказов за ограниченный период наблюдения на этих участках может и не быть. Как в этом случае определить интенсивность отказов и осуществить прогнозирование развития такого ограниченного участка для своевременного принятия мер по недопущению его перехода в опасное состояние? А вместе с тем каждый участок непрерывно изменяется, живет своей жизнью и не помнит о себе, при таком подходе, только после возникновения отказа. И в этом случае необходимо определить, является ли этот отказ случайным или же является закономерным следствием особенностей развития участка. Ответ на этот вопрос определяет комплекс мер, которые должны быть приняты подразделением, занимающимся обслуживаем участком, и, в конечном итоге, ресурсные затраты.

С целью решения этих проблем ОАО «РЖД» была поставлена задача определения наступления предотказного состояния любого участка пути (вплоть до отдельного километра или даже пикета) для организации его своевременного ремонта и обеспечения ранжирования различных участков пути для мотивации обслуживающего персонала. Для этого надо было перейти от методики, фиксирующей уже произошедшие отказы, к методике, опирающейся на фактическое состояние инфраструктуры и своевременное определение ее предотказного состояния.

Очевидно, что нецелесообразно вести какой-либо анализ развития и осуществлять прогнозирование для объектов, имеющих случайный характер отказов, связанных, в основном, с дефектами изготовления. В целом, эта задача может эффективно решаться только для тех технических объектов инфраструктуры, в первую очередь, протяженных, в которых формируются и развива-

ются деградационные процессы, обусловленные, прежде всего, процессами взаимодействия с подвижным составом, а это:

- геометрия рельсовой колеи;
- рельсы (короткие неровности на поверхности катания, износы, наклон поверхности катания, подуклонка, внутренние дефекты, связанные с усталостными процессами);
- рельсошпальная решетка (скрепления, шпалы);
- рельсовые цепи;
- балласт;
- земляное полотно;
- контактная сеть (эластичность подвески, натяжение контактного провода, его износ).

Эти же объекты, в свою очередь, в основном и определяют безопасность и готовность инфраструктуры к обеспечению перевозочного процесса и требуют наиболее значительных ресурсных вложений.

Рельсовая колея – составная часть рельсошпальной решетки, является самым нагруженным и активным объектом железнодорожной инфраструктуры, участвующим в перевозочном процессе, и в значительной степени зависит от пропущенного тоннажа. Ее состояние определяется не только взаимодействием с подвижным составом, но и состоянием балластной призмы и всего земляного полотна. В силу этих причин рельсошпальная решетка подвержена постоянным изменениям и нуждается в постоянном контроле. По геометрии рельсовой колеи на всех российских дорогах накоплена огромная база данных, собранная за несколько лет по результатам измерений путеизмерителей КВЛ-П. Поэтому в качестве первой очереди разрабатываемой системы определения предотказного состояния инфраструктуры была выбрана именно геометрия рельсовой колеи.

Для геометрии рельсовой колеи был разработан интегральный параметр – индекс состояния пути, который был сформирован на основе данных по нестабильности положения пути. Чем больше степень расстройств пути, тем выше индекс. Примером могут служить графики индексов состояния для двух разных участков пути. Второй участок, несмотря на то, что на нем ПОКА нет отказов, на самом деле находится в гораздо более худшем состоянии, чем первый, на котором УЖЕ зафиксированы отказы. И если первый участок можно привести в порядок в рамках технического обслуживания, убрав локальные неисправности, то на втором необходимо срочно планировать проведение ремонта.

График индекса состояния пути позволяет сравнивать между собой различные участки пути, а динамика развития индекса во времени позволяет не только выявить участки с деградацией пути, но и увидеть участки с «самовосстанавливающимися» расстройствами пути после проведенных ремонтов. Такие случаи указывают на то, что истинная причина развивающихся нарушений в процессе ремонта не была устранена.

В методику формирования индекса состояния заложены возможности учета установленных скоростей движения и индивидуальных особенностей конструкции и устройства железнодорожного пути. Недостаточно просто иметь возможность сопоставления различных участков пути

между собой, необходимо знать, насколько они близки к критическому состоянию и способны эффективно выполнять свою задачу по обеспечению перевозочного процесса.

Установленная в итоге связь между реально зафиксированными отказами и индексом позволила определить корреляционную зависимость индекса состояния пути и выйти на определение уровня предотказности. Причем уровень предотказного состояния может быть определен уже не только для всей дороги в целом или для дистанции пути, но и для каждого перегона, километра или даже пикета.

На основе анализа предотказных состояний появляется возможность осуществлять прогнозирование развития состояния пути, прогнозирование вероятных сроков наступления нежелательного или недопустимого состояния пути, своевременное планирование необходимых ремонтных работ с целью недопущения перехода пути в состояние, при котором может произойти отказ.

Отработка методики определения предотказного состояния рельсовой колеи велась на полигоне Северной железной дороги. В отработке участвовали данные за трехлетний период, полученные с путеобследовательских станций КВЛ-II и диагностического поезда «ЭРА». Найденные решения были реализованы в программном обеспечении автоматизированного расчета предотказного состояния по результатам контроля геометрии рельсовой колеи ПГРК-УРРАН, которые могут иметь различные экранные формы по динамике предотказного состояния с функцией прогнозирования и карты развития предотказного состояния.

На базе разработанной технологии определения предотказного состояния пути по геометрии рельсовой колеи была разработана технология определения качества рельсовых скреплений. Как показали проведенные исследования, данный метод позволяет выявлять дефекты скреплений не только в кривых участках пути, но и в прямых. Технология прошла тестирование, на определенных ПГРК-УРРАН участках с нестабильными скреплениями были проведены натурные осмотры и получены подтверждения.

По результатам обработки формируются локальные ведомости с процентом нарушенных рельсовых скреплений на участках различной протяженности (перегон/станция, км, пикет).

В рамках дальнейшего развития системы мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры на основе методологии УРРАН, а также совершенствования системы контроля бесстыкового пути специалистами НПЦ ИНФОТРАНС были проработаны возможности комплексной оценки состояния бесстыкового пути.

Бесстыковой путь – это железнодорожный путь, состоящий из сварных рельсовых плетей и отличающийся своим температурно-напряженным состоянием. Условием нормальной работы рельсовой плети является равнонапряженное состояние по всей длине закрепленной плети. Но на практике в связи с различными причинами данное условие нарушается. Основными факторами, которые влияют на это, являются нарушение технологии закрепления рельсовой плети и угон рельсовой плети, связанный с разгонами и торможениями подвижного состава и ненадлежащим состоянием рельсовых скреплений, которые оказываются не в состоянии удержать плеть от продольных перемещений.

Но для того чтобы произошел выброс пути, недостаточно только нарушения нормальной работы рельсовой плети. Выброс пути происходит там, где также ослаблены удерживающие силы рельсошпальной решетки от поперечного сдвига. На это, прежде всего, влияют наличие неподбитых шпал, состояние плеча балластной призмы и заполнение шпальных ящиков.

Были определены основные факторы, оказывающие наибольшее влияние на состояние бесстыкового пути:

- отступления от равномерного (расчетного) распределения продольных температурных сил (угон рельсовых плетей);
- состояние рельсовых креплений;
- состояние пути в плане;
- наличие неподбитых и отрясенных шпал;
- состояние плеча балластной призмы;
- заполнение шпальных ящиков.

Особую опасность вызывает сочетание данных факторов, возникающих в одном месте на незначительном по длине участке. Действие этих факторов изменяет соотношение сил, пытающихся сдвинуть рельсошпальную решетку и удержать ее, т.е. изменяет поперечную устойчивость бесстыкового пути.

Таким образом, комплексный подход и оценка по каждому из влияющих факторов позволят обеспечить наиболее полный анализ состояния бесстыкового пути в любой момент времени в целях заблаговременного определения участков пути с повышенным риском выброса и принятия необходимых корректирующих действий.

Эта работа по определению предотказного состояния железнодорожной инфраструктуры становится особенно актуальной сейчас, когда ставится задача рационального содержания инфраструктуры, ее эффективного обслуживания, так как позволяет осуществить переход от планирования по отработанному ресурсу к планированию по фактическому состоянию при безусловном обеспечении заданного перевозочного процесса.



## Построение системы управления рисками в ОАО «РЖД» на базе платформы SAS

**SAS Forum Russia**  
13 октября 2011. Москва

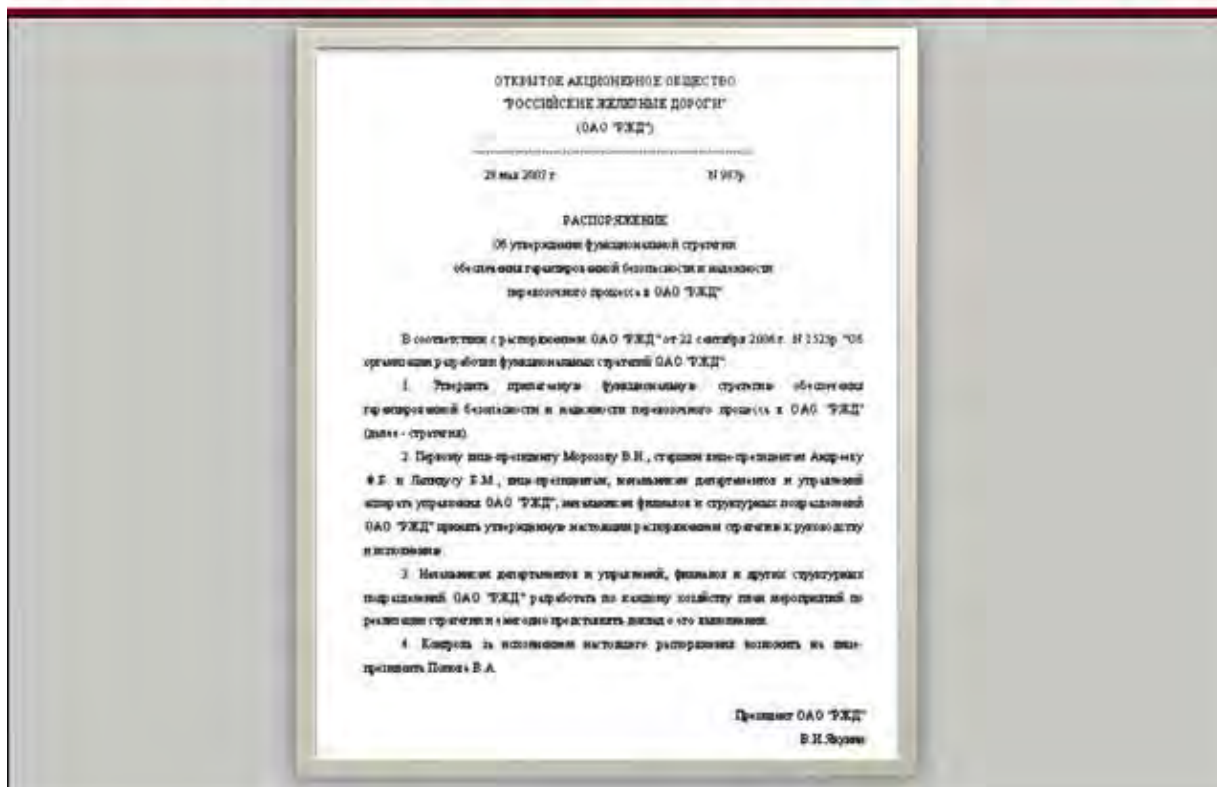
Замышляев Алексей Михайлович  
Синицина Евгения Викторовна

### ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ОАО «РЖД» НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ SAS

- 1. ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ  
В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ОАО «РЖД»**
- 2. УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ  
ИНФРАСТРУКТУРЫ ОАО «РЖД»**
- 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ДВИЖЕНИЯ В ИКСАР СЦ**
- 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ  
ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АС УРРАН**



## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАРАНТИРОВАННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ОАО «РЖД»



### ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ

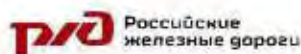
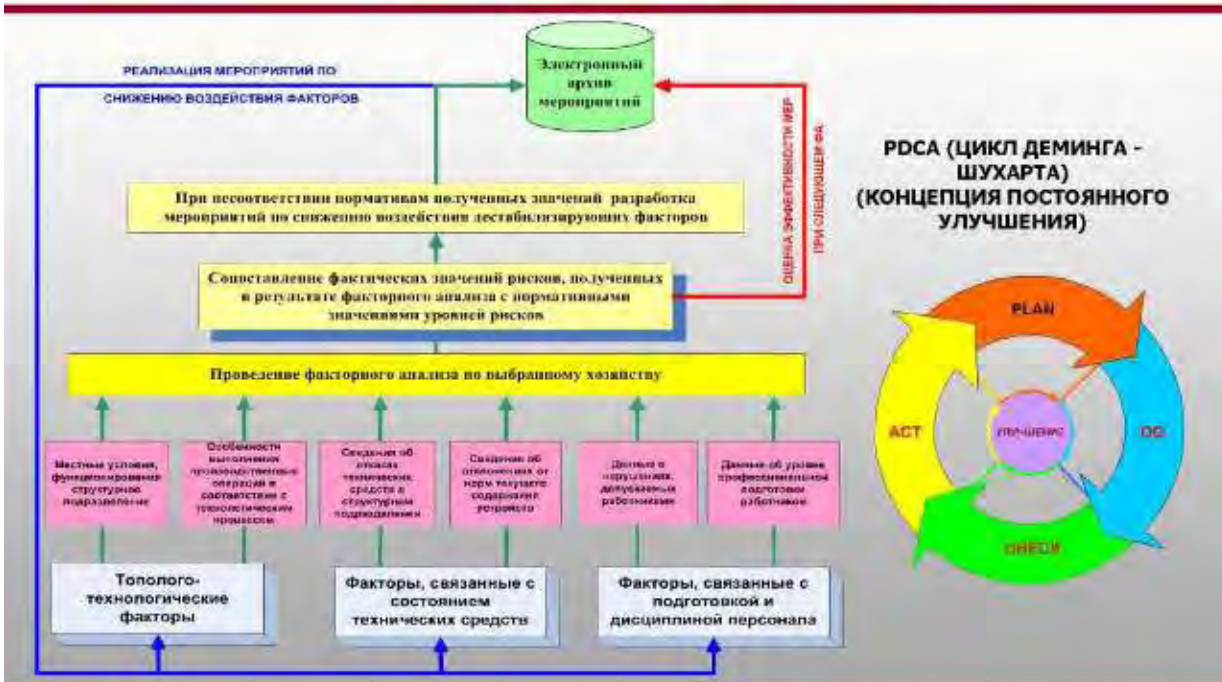
1. **ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ РИСКА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ХОЗЯЙСТВ ОТРАСЛИ**
2. **ОБОСНОВАНИЕ НОРМ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ НА ФЕДЕРАЛЬНОМ И ОТРАСЛЕВОМ УРОВНЕ С УЧЕТОМ ГАРМОНИЗАЦИИ ИХ С МЕЖДУНАРОДНЫМИ ДОКУМЕНТАМИ**
3. **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО УРОВНЯ КОНТРОЛЯ СОБЛЮДЕНИЯ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**
4. **ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ДЛЯ ЕГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ ПЕРЕВОЗОК ПассажиРОВ И ГРУЗОВ**
5. **ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**
6. **РАЗРАБОТКА И ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЗА РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРОГРАММ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**
7. **ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИТУАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ЗА ОПЕРАТИВНОЙ РАБОТОЙ И КООРДИНАЦИЯ РАБОТЫ ХОЗЯЙСТВ В СЛУЧАЯХ НАРУШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ**

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ОАО «РЖД» НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ SAS

# ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ОАО «РЖД»



## ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА



## ПРИМЕР ФРАГМЕНТА МАТРИЦЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

	Нарушение технологии производства работ			Некачественное техническое обслуживание объектов																																																																																																
	Нарушение технологии производства работ	Нарушение технологии производства работ	Нарушение технологии производства работ	Некачественное техническое обслуживание объектов					Некачественное техническое обслуживание объектов																																																																																											
Нарушение технологии производства работ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1. Нарушение технологии производства работ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
2. Нарушение технологии производства работ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
3. Нарушение технологии производства работ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИНДЕКСОВ ОЦЕНКИ СИТУАЦИИ

Хозяйство ОАО «РЖД»	Прогнозируемые виды транспортных происшествий	Количество факторов влияющих на возникновение транспортных происшествий				
		Всего	Технические факторы	Тополого-технологические факторы	Подготовка персонала	Прочие факторы
Хозяйство пути и сооружений	10	113	73		7	33
Хозяйство автоматики и телемеханики	6	85	45		11	29
Хозяйство электроснабжения и электрификации	9	84	61		9	14
Локомотивное хозяйство	13	72	21	16	23	12
Вагонное хозяйство	5	60	12	27	14	7
Хозяйство управления движением	12	73	35	28	10	

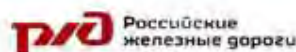
## ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

**1 ЭТАП** ПРОВЕДЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА В РУЧНОМ РЕЖИМЕ. РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И СОБЫТИЙ В СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ.

**2 ЭТАП** ВНЕДРЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ОПАСНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА.

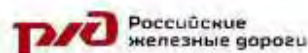
**3 ЭТАП** ПЕРЕХОД ОТ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДАМ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ.

**4 ЭТАП** РАЗРАБОТКА ТИПОВОГО ПЕРЕЧНЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И СОБЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ.



## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ОАО «РЖД» НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ SAS

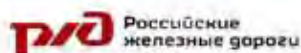
## УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОАО «РЖД»



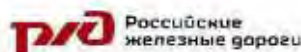
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКА В СООТВЕТСТВИИ С МЕТОДОЛОГИЕЙ RAMS

В соответствии с IEC 62278  
(международный стандарт по RAMS):

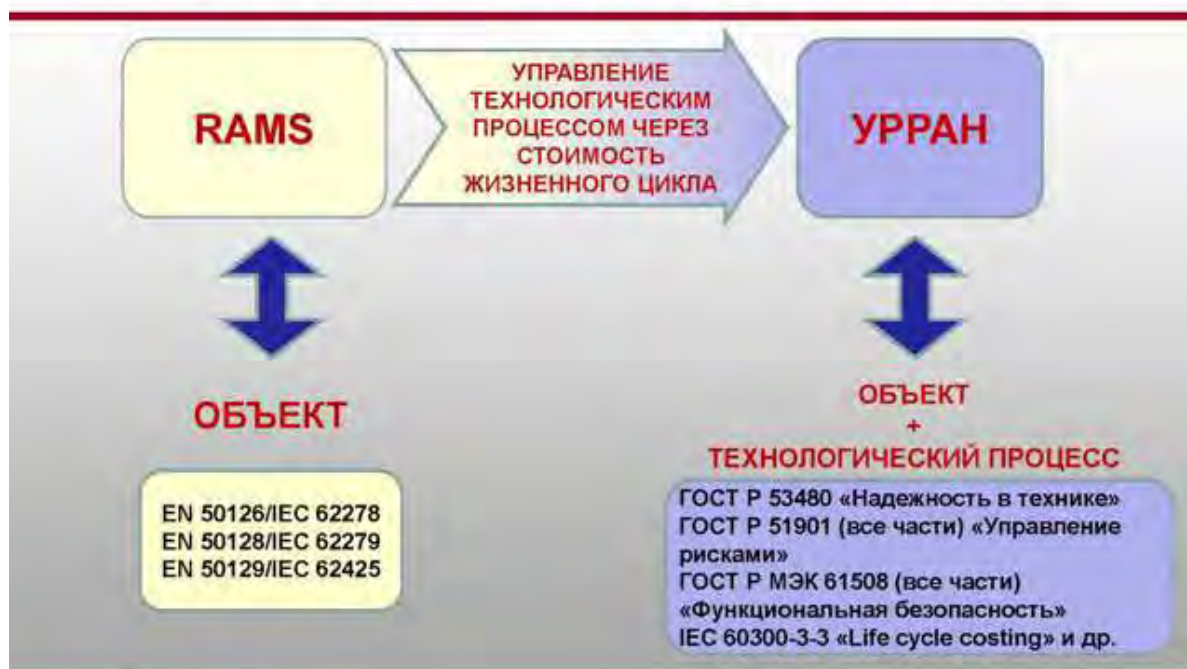
**РИСК** – это вероятность возникновения опасной ситуации, являющейся причиной ущерба, и размер данного ущерба



### ЧТО ТАКОЕ RAMS?



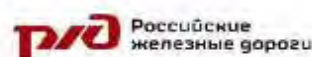
## РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ RAMS ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СПЕЦИФИКЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА



## ЦЕЛИ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ УРРАН

**Управление Ресурсами, Рисками на этапах жизненного цикла и Анализ Надежности (УРРАН)** – методология эффективного управления содержанием инфраструктуры и подвижного состава на основании экономических критериев, показателей надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла

<b>В путевом хозяйстве</b>	Снижение стоимости жизненного цикла путевой инфраструктуры за счет перераспределения ресурсов при условии обеспечения требуемого уровня эксплуатационной надежности и допустимого уровня безопасности перевозочного процесса
<b>В хозяйстве автоматики и телемеханики</b>	Повышение эксплуатационной надежности систем железнодорожной автоматики и телемеханики при обеспечении допустимого (требуемого) уровня безопасности перевозочного процесса на основе оптимизации использования ресурсов и стоимости жизненного цикла
<b>В хозяйстве электроснабжения и электрификации</b>	Увеличение жизненного цикла систем электроснабжения на основе оценки рисков при условии обеспечения требуемого уровня эксплуатационной надежности и допустимого уровня безопасности перевозочного процесса

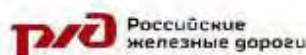


## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕТОДОЛОГИИ УРРАН

- I **Переход от комплексного управления надежностью и безопасностью объекта к комплексному управлению надежностью и безопасностью технологического процесса с помощью разработанных информационных технологий**
- II **Управление надежностью и безопасностью технологического процесса на основе разработанной системы показателей эксплуатационной надежности и эксплуатационной безопасности объектов и процессов**
- III **Управление инвестициями на основе оценки рисков с учетом стоимости жизненного цикла, долговечности и технического обслуживания объектов железнодорожного транспорта по фактическому состоянию**
- IV **Управление капитализацией компании за счет повышения экономической эффективности содержания инфраструктуры**
- V **Обоснование потребностей в затратах на проведение реконструкции/ модернизации перед курирующими министерствами и ведомствами**



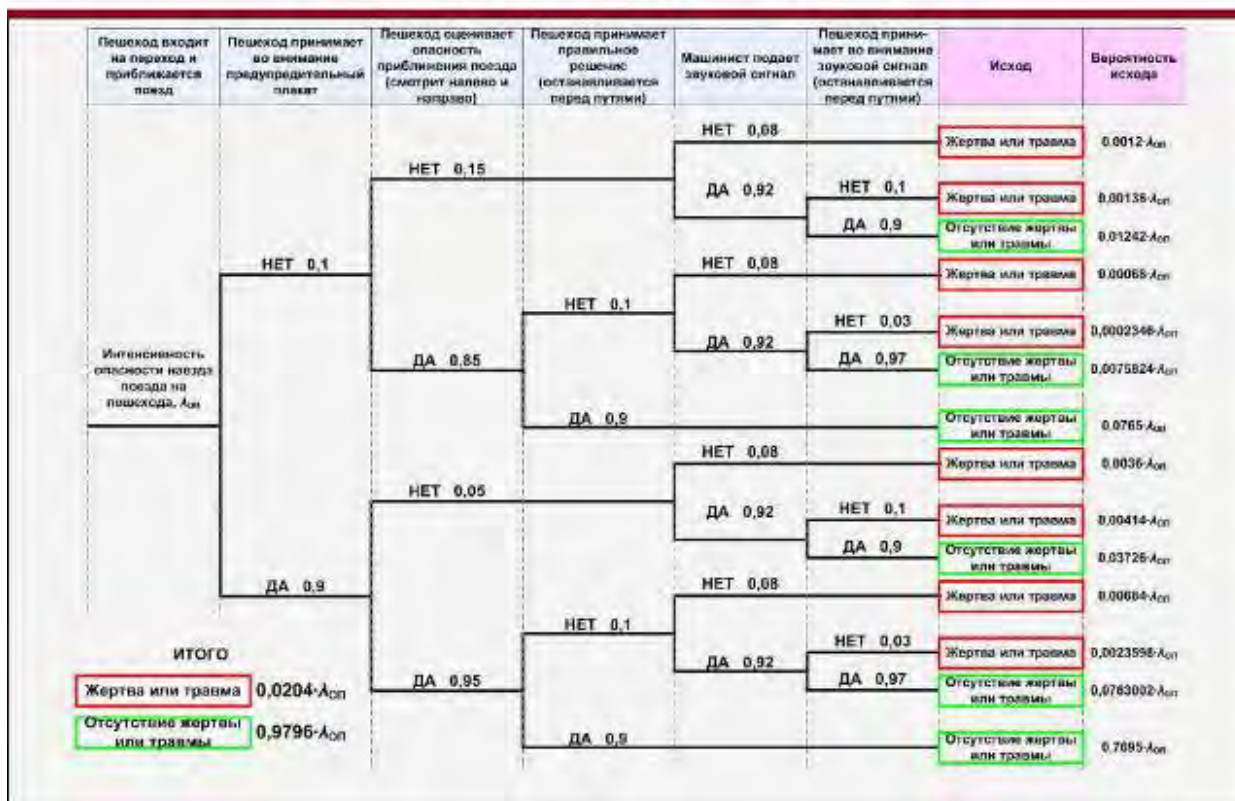
## КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ, РИСКАМИ И СТОИМОСТЬЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ



## ПРИМЕР МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКА ТРАВМАТИЗМА ПЕШЕХОДОВ НА ОДНОУРОВНЕВЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ



## ДЕРЕВО СОБЫТИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ТРАВМАТИЗМА ПЕШЕХОДА НА ПЕШЕХОДНОМ ПЕРЕХОДЕ 3-Й КАТЕГОРИИ





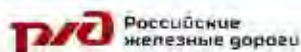
## ПРИМЕР МАТРИЦЫ РИСКОВ ТРАВМАТИЗМА НА ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

		РАЗМЕР ПОСЛЕДСТВИЙ (УЩЕРБА)				
		1 и более незначительных травм	1 серьезная травма	1 жертва (2-10 серьезных травм)	От 2 до 5 жертв	>5 жертв
ЧАСТОТА		Не принимаемый в расчет (незначительный)	Серьезный	Критический	Катастрофический	Бедственный
		1	2	3	4	5
$Ч \geq 10^{-1}$	Частое	Ч1	Ч2	Ч3	Ч4	Ч5
$10^{-2} \leq Ч < 10^{-1}$	Вероятное	В1	В2	В3	В4	В5
$10^{-3} \leq Ч < 10^{-2}$	Случайное	С1	С2	С3	С4	С5
$10^{-4} \leq Ч < 10^{-3}$	Редкое	Р1	Р2	Р3	Р4	Р5
$10^{-5} \leq Ч < 10^{-4}$	Крайне редкое	К1	К2	К3	К4	К5
$Ч < 10^{-5}$	Маловероятное	М1	М2	М3	М4	М5

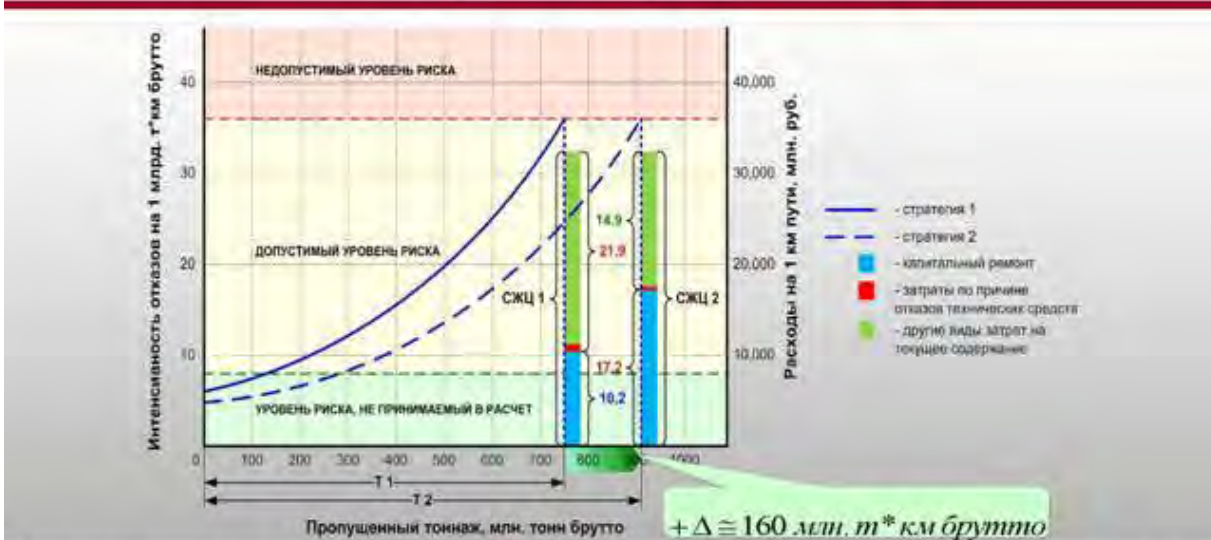


## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ РИСКА

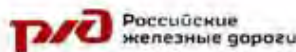
Класс риска	Категория риска	Описание
I	Ч4, Ч5, В4, В5, С4, С5, Р4, Р5, К4, К5, М4, М5	<b>Недопустимый</b> - Немедленно должны быть предприняты краткосрочные действия по уменьшению риска. Соответствующие меры по контролю риска должны быть осуществлены, чтобы уменьшить или устранить риск. Должны быть разработаны среднесрочные / долгосрочные планы по уменьшению риска. Должны проводиться тщательное наблюдение и частый анализ планов уменьшения риска - с целью повышения эффективности. <b>Рекомендации:</b> <i>Необходимо строительство 2-ух уровневых пешеходного перехода.</i>
II	Ч1, Ч2, В2, В3, С3, С4, Р4, Р5, К5	<b>Нежелательный</b> - Краткосрочные действия по уменьшению риска должны быть предприняты сразу же, как только это практически возможно. Соответствующие меры по управлению риском должны быть осуществлены, если необходимо, риск должен быть уменьшен. Должны быть разработаны среднесрочные / долгосрочные планы по уменьшению риска, и они должны периодически оцениваться на предмет их эффективности. <b>Рекомендации:</b> <i>Необходимо переоборудование существующего пешеходного перехода на пешеходный переход более высокой категории.</i>
III	В1, С1, С2, Р2, Р3, К3, К4, М4, М5	<b>Допустимый</b> - Для уменьшения риска могут быть предприняты соответствующие действия. Должны быть разработаны среднесрочные / долгосрочные планы по уменьшению или устранению риска, и они должны периодически оцениваться на предмет их эффективности. <b>Рекомендации:</b> <i>Допускается рассмотреть возможность переоборудования существующего пешеходного перехода на пешеходный переход более высокой категории.</i>
IV	Ч1, Ч2, В1, В2, М1, М2, М3	<b>Не принимаемый в расчет</b> - Риск можно считать приемлемым; никакие дополнительные действия управления риском не требуются. Соответствующие меры управления риском могут быть осуществлены для дальнейшего уменьшения или устранения риска. Риск должен отслеживаться в журнале регистрации последствий опасности. <b>Рекомендации:</b> <i>Нет существенной необходимости в переоборудовании существующего перехода.</i>



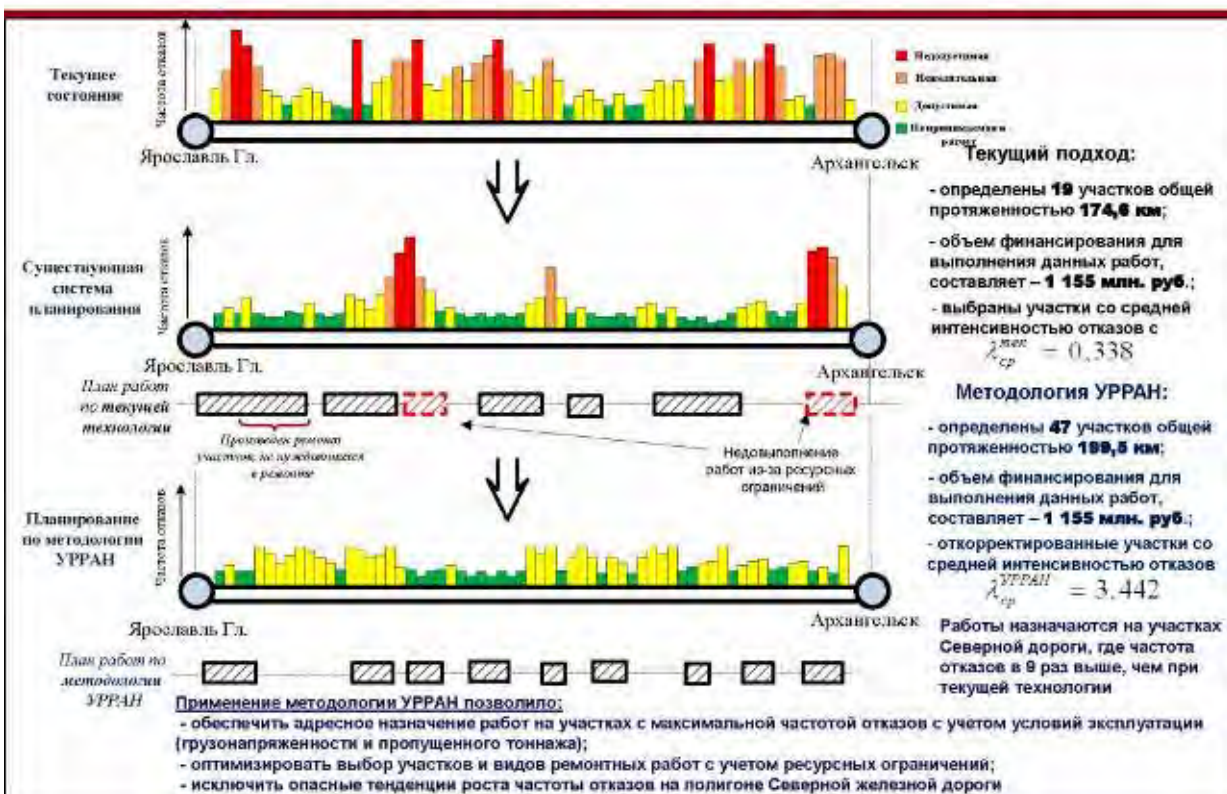
## ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ МЕЖДУ КАПИТАЛЬНЫМ РЕМОНТОМ И ТЕКУЩИМ СОДЕРЖАНИЕМ УЧАСТКА ПУТИ



Снижение расходов на текущее содержание с 21,9 млн. руб. до 14,9 млн. руб. при одновременном увеличении затрат на капитальный ремонт с 10,2 млн. руб. до 17,2 млн. руб., в соответствии с усовершенствованной методологией RAMS, позволит при одинаковой стоимости жизненного цикла увеличить максимальную наработку пропущенного тоннажа на 15% - 20%.



## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРРАН ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЛАНОВ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ПУТИ



## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ОАО «РЖД» НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ SAS

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ИКСАР СЦ



## ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

### Интеграция данных

Загрузка и  
обработка данных  
по возмещим  
транспортным  
происшествиям



Загрузка и  
обработка данных  
по мониторингу  
состояния  
безопасности  
движения

### Анализ данных

Определение  
перечня  
действующих  
факторов

Определение  
текущего уровня  
позиционирования  
транспортных  
происшествий

Формирование  
плана мероприятий  
по предотвращению  
возникновения  
происшествий

### Публикация отчетов

Общая оценка  
состояния  
безопасности  
движения

Уровни  
возникновения  
транспортных  
происшествий

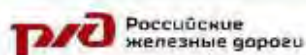
Действующие  
факторы

План  
мероприятий

### Принятие решений

Анализ состояния  
безопасности  
движения

Предотвращение  
возникновения  
транспортных  
происшествий



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ИКСАР СЦ КОМПОНЕНТОВ SAS 9.2

### SAS Data Integration Studio:



- ETL - сбор данных из АСУ
- Мэппинг факторов и данных АСУ
- Расчет уровней безопасности
- Формирование витрин

### SAS Olap Cube Studio:

- Создание OLAP-кубов

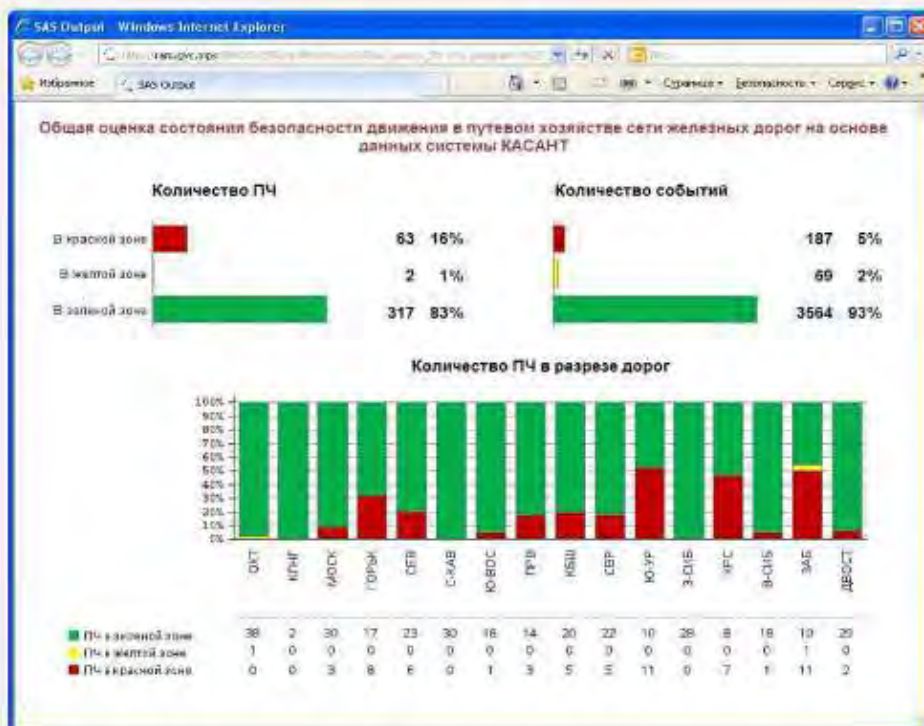
### SAS Web Report Studio + SAS Enterprise Guide + Portal:

- Предоставление отчетности пользователям

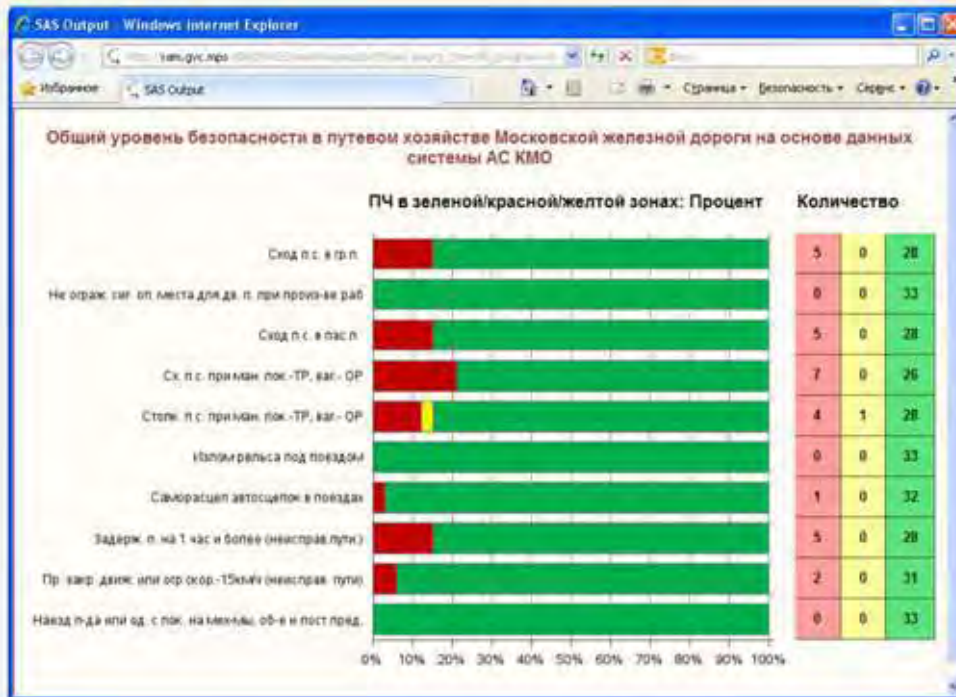
### SAS EGRC Solution:

- Ведение эталонных матриц факторного анализа
- Настройка мэппинга факторов и данных АСУ
- Ведение перечней корректирующих мероприятий
- Контроль выполнения корректирующих мероприятий

## ОТЧЕТНЫЕ ФОРМЫ ПО ОЦЕНКЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ИКСАР СЦ



## ОТЧЕТНЫЕ ФОРМЫ ПО ОЦЕНКЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ИКСАР СЦ



## ОТЧЕТНЫЕ ФОРМЫ ПО ОЦЕНКЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ИКСАР СЦ

**Определение индексов влияния факторов и уровней возникновения транспортных происшествий на подразделениях путевого комплекса Горьковской железной дороги на основе данных системы КАСАНТ**

Подразделение	Сход п.с. в тр.п.	Не ображ. ваг. оп. места для д.п. при произ-ве раб.	Сход п.с. в пасп.	Сх. п.с. при ман. лок.-ТР, ваг.-ОР	Стопк. п.с. при ман. лок.-ТР, ваг.-ОР	Изнам. рельса под поездом	Саморасцепл. автоцепков в поездах	Задержк. п. на 1 час и более (неисправ. пути)	Пр. экстр. движ. или экстр. скор.-15км/ч (неисправ. пути)	Наезд п.д. или од. с лок. на мез-ны. об-е и пост.пред.	Количество событий в "зеленой" зоне	Количество событий в "желтой" зоне	Количество событий в "красной" зоне
ПЧ-6 ГОРЬК	0	0	0.0105	0.00458	0.0105	0	0	0.00459	0.00291	0	3	0	
ПЧ-9 ГОРЬК	0	0	0.0105		0.0105	0	0			0	5	0	
ПЧ-10 ГОРЬК	0.01463	0	0.021	0.00915	0.021	0.04181	0		0.00291	0	5	4	
ПЧ-11 ГОРЬК	0	0	0.0105		0.0105	0	0	0.00459	0.00291	0	3	0	
ПЧ-12 ГОРЬК	0	0			0.0215	0	0			0	4	1	
ПЧ-15 ГОРЬК	0.01463	0	0.021	0.00915	0.021		0		0	0	4	4	
ПЧ-25 ГОРЬК	0	0	0.021		0.021	0.04181	0			0	4	2	
ПЧ-28 ГОРЬК	0.00731	0	0.0105	0.00458	0.0105	0.04181	0		0	0	3	0	

## ОТЧЕТНЫЕ ФОРМЫ ПО ОЦЕНКЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ИКСАР СЦ

SAS Output - Windows Internet Explorer

Определение индексов влияния факторов и уровней возникновения транспортных происшествий на подразделениях путевого комплекса Горьковской железной дороги на основе данных системы КАСАНТ

	Сход п.с. в грей.	Не ограж. сит. оп. места для дв. п. при проезде раб	Сход п.с. в т.с.п.	Сх. п.с. при вых. лок.-ТР, ваг.-ОР	Сход п.с. при мин. лок.-ТР, ваг.-ОР	Итого релисы под поездом	Саморазреш. автозаселок в поездах	Задерж. п. на 1 час и более (неисправл.путя)	Пр. зерж. донес. или охр.содор.-блн (неисправл.путя)	Инцид. п.д. или од. с лок. на мех.м.с. об-е и пост.пред.	Количество событий в "зеленой" зоне	Количество событий в "желтой" зоне	Количество событий в "красной" зоне
БАВДИНО	0.00731	0	0.0105	0.00452	0.0105	0	0	0.06450	0	0	10	0	
КОЖИЛЬ	0.00731	0	0.0105		0.0105	0	0	0.06450	0.00291	0	8	0	
КОСА-ФАЛЕНА		0			0.0105	0	0			0	1	0	

## ОТЧЕТНЫЕ ФОРМЫ ПО ОЦЕНКЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ИКСАР СЦ

SAS Output - Windows Internet Explorer

Действующие факторы возникновения нарушений безопасности движения в путевом хозяйстве на Забайкальской железной дороге на основе данных системы КАСАНТ

	Несоответствие рельсовой колески установленным нормам на перегоне, станциях	Отсутствие рельсовой колески в плане	Прогулка	Несоответствие структурной отделочной стальной зазорам	Отсутствие норм содержания балласта	Кустовая густота аллюв	Мезантинное повреждение рельсов	Наличие деталей стрелочного перевода	Всего:
АМАЗАР						1			1
АРТЕШКА - ПЕНЬКОВАЯ			1		1	3			5
ВЕНДАТ ПРЫ - КСЕНЬСКОЯ	1		2				1		4
КИСЛЫЙ КЛЮЧ - АРТЕШКА						1			1
КСЕНЬСКОЯ - КИСЛЫЙ КЛЮЧ	1	1	3		1	3			9
МОГОЧА								1	1
МОГОЧА - ТАПУТАРЫ				1					1
ПЕНЬКОВАЯ - МОГОЧА	2			1		1			4
СЕБГА - КИЗДАТ ПРЫ			1						1
<b>Всего:</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>27</b>

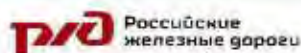
## ОТЧЕТНЫЕ ФОРМЫ ПО ОЦЕНКЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ИКСАР СЦ

ЛП-123АБ	<ul style="list-style-type: none"><li>Спланировать график движения поездов с учетом состояния железнодорожного транспорта по всем направлениям, не допуская перегрузки, оптимизация маршрутов, аварийных ситуаций</li><li>Следить за состоянием системы при маневре, задержках и других нарушениях, при нарушении безопасности немедленно вносить изменения в график движения поездов, если более сложными мерами решить</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Курсовая безопасность штурманов</li><li>Выявление опасных ситуаций</li></ul>	<ol style="list-style-type: none"><li>Провести инструктаж по вопросам обеспечения безопасности движения поездов с обучением инструкций ЦПТ-51 п.2.10</li><li>Провести инструктаж на территории обеспечения безопасности движения поездов с обучением инструкций ЦПТ-52 п.2.7, технологической карты № 7 (сборная от 10.10.2008г.)</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>Провести замесное обучение по вопросам обеспечения безопасности движения поездов с обучением инструкций ЦПТ-51 п.3.1.16, ИТУ, ЦПТ-1.3.9)</li><li>Провести замесное обучение по вопросам обеспечения безопасности движения поездов с обучением инструкций ЦПТ-51 п.3.2, ЦПТ-52 п.2.7, ЦПТ-410</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>Приобрести учебные части и расходные материалы для осуществления безопасной работы</li><li>Обеспечить комплексные инструкционные материалы для проведения аварийно-восстановительных работ</li><li>Провести комплексные работы по обеспечению пути</li><li>Организовать проведение квалификационных результатов работ на уровне специализированных дорожно-технических станций.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>Установка реферативная</li><li>Создание дорожной карты и формул на железнодорожных станциях</li><li>Исполнение при работе с использованием материалов</li><li>Создание многообъектного пути и схемы инженерных сетей</li><li>Реконструкция и модернизация железнодорожного пути</li><li>Обеспечить учебной частью комплексные программы, видеоматериалы, электронные материалы и другие технические средства и обеспечить проведение соответствующим образом занятий и выполнение работ</li><li>Комплектовать учебные материалы, содержащие пути по расписанию и заявки на работы соответствующим функциональным подразделениям на других работах</li></ol>
----------	--	--	---	--	---	---

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ОАО «РЖД» НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ SAS

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ В АС УРРАН

## ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АС УРРАН КОМПОНЕНТОВ SAS 9.2

### SAS Data Integration Studio:



- ETL - сбор данных из АСУ
- Построение эталонной объектно-элементной модели
- Расчет показателей надежности
- Определение уровней надежности
- Формирование витрин

### SAS Web Report Studio + SAS Enterprise Guide + Portal:

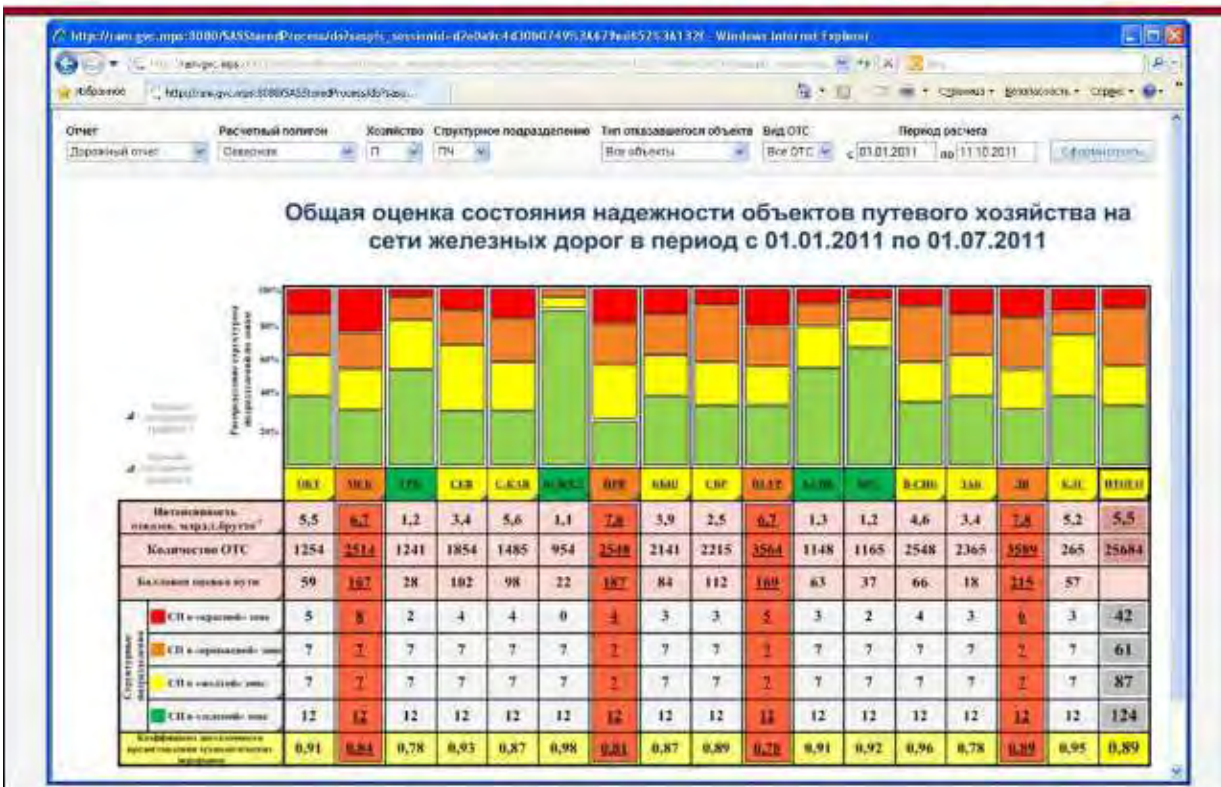
- Предоставление отчетности пользователям

### SAS EGRC Solution:

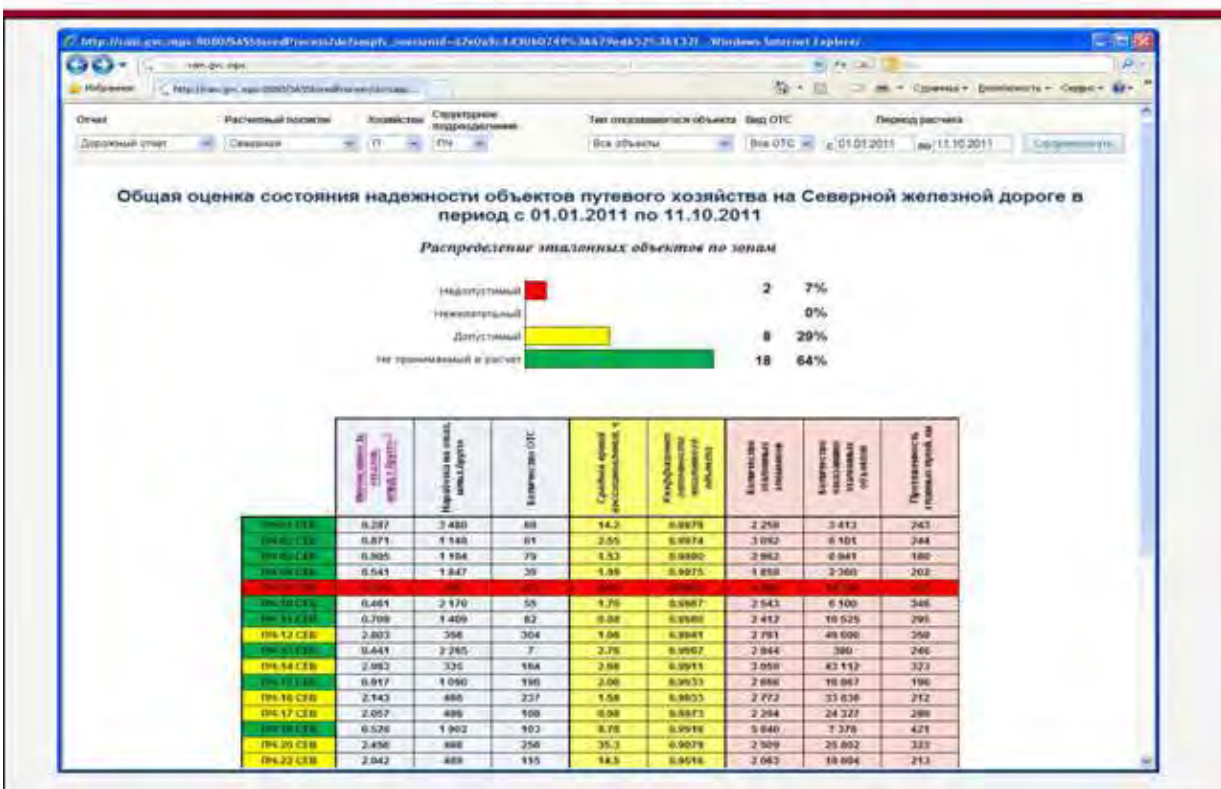
- Ведение переводных коэффициентов для эталонной модели
- Ведение матриц определения уровней надежности
- Ведение перечней корректирующих мероприятий
- Контроль выполнения корректирующих мероприятий



## ОТЧЕТНЫЕ ФОРМЫ ПО ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АС УРРА



## ОТЧЕТНЫЕ ФОРМЫ ПО ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АС УРРА



## ОТЧЕТНЫЕ ФОРМЫ ПО ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АС УРРАН

