



# РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЕ управление дорожными активами

Весьма существенную часть богатства страны составляют дорожные активы — автомобильные дороги, мосты, путепроводы, тоннели, автовокзалы, автостоянки, системы водоотвода и другие объекты дорожной инфраструктуры. От качества управления ими зависит благосостояние граждан, эффективность организаций, экономическая мощь государства.

И. Н. Антоненко, к.т.н., начальник отдела ООО «НПП «СпецТек»

Поэтому неслучайно управлению дорожными активами уделяется пристальное внимание. В частности, широкую известность получили работы по трансформации управления дорожными активами в рамках Программы Центральноазиатского регионального экономического сотрудничества (ЦАРЭС) [1]. Весомый вклад в эту деятельность вносят ученые России и стран СНГ [2,3].

В силу ограниченности ресурсов возникает задача рационального распределения средств, ежегодно выделяемых на работы по ремонту, содержанию и реконструкции автомобильных дорог (далее — дорожные работы). Эта задача состоит в том, чтобы средства были оптимально распределены на конкретные автодороги или участки автодорог и на конкретные виды дорожных работ. При этом критерием оптимизации является максимум получаемого эффекта в рамках действующих бюджетных ограничений. Под эффектом понимается повышение безопасности, снижение суммы затрат на дорожные работы и затрат пользователей автодорог на автомобильные перевозки.

Второй задачей управления дорожными активами является определение оптимального плана ежегодного финансирования на перспективу, который обеспечит достижение минимально приемлемого или целевого уровня обслуживания (состояния) автомобильных дорог к определенному сроку.

При этом рассматриваются не краткосрочный, а среднесрочный и долгосрочный горизонт планирования — на перспективу 3–5 лет и более (например, на 20-летний

период). В процессе планирования на последующие годы учитываются результаты, достигаемые за предыдущие годы.

Центральным элементом при решении указанных задач является система управления дорожными активами (СУДА). Ее реализация неотделима от применения цифровых технологий [1], обеспечивающих:

- ◆ Сбор, хранение и предоставление статических данных, т.е. редко изменяющихся. Это инвентаризационные данные дорожных активов (электронная карта дорог).

- ◆ Сбор, хранение и предоставление динамических данных, которые требуют регулярного обновления. Например, это текущее состояние автодорог, интенсивность движения, места и количество ДТП, выполненные дорожные работы и их стоимость.

- ◆ Анализ данных с целью обоснования приоритетов, ранжирования дорог и участков дорог по приоритетности и распределения финансирования дорожных работ по приоритетности автодорог и по различным видам работ.

При этом для реального управления дорожными активами СУДА должна быть интегрирована в институциональную структуру (организационная структура, компетентные кадры, ответственность, процедуры сбора данных и принятия решений, система подготовки персонала), систему планирования сети автодорог, процедуры финансирования и бюджетных ассигнований для автодорожного сектора и в реализацию работ по содержанию автомобильных дорог (рисунок 1).

В частности, критически важное значение имеют данные. Если они



Рисунок 1. Структура управления дорожными активами [1]

неполные, неточные, фрагментированные, то их не могут использовать лица, принимающие решения. Работа с данными требует системности и методологически выверенного подхода [4].

В итоге СУДА дает ответы на следующие вопросы [2]:

- ◆ Где, в какой очередности, какие и с какой стоимостью дорожные работы необходимо выполнить в пределах отведенных денежных средств? Насколько при этом повысится транспортно-эксплуатационное состояние сети дорог, отдельной дороги, участка?

- ◆ Сколько требуется денежных средств для выполнения полного перечня дорожных работ, необходимых для доведения эксплуатационного состояния до заданных нормативных требований, с указанием где, в какой последовательности, какие и с какой стоимостью работы необходимо произвести?

- ◆ Как изменится состояние дорог при различных сценариях финансирования и стратегиях ремонта, в том числе с прогнозом на сколько лет?

Такой подход представляет собой значительный шаг вперед по сравнению с традиционным подходом,

нацеленным на 100% освоение ежегодного бюджета и выполнение как можно большего объема дорожных работ в рамках имеющихся ограничений финансирования. Тем не менее, имеются и недостатки, а значит, потенциал улучшения. В частности, приоритетность определяется постфактум: на основе данных о концентрации ДТП определяются аварийно-опасные места, на основании данных о снижении интенсивности движения выявляются проблемные места с точки зрения экономической эффективности. Современный подход к управлению активами, в том числе дорожными, основан на оценке рисков.

### ПОДХОД СТАНДАРТОВ СЕРИИ ГОСТ Р 55.0.00/ИСО 55000

В 2014 году были приняты первые три стандарта серии ISO 55000 Asset management. Преимущественная область их применения — управление физическими активами, такими как оборудование, машины, объекты инфраструктуры, недвижимости. В России разработаны и введены в действие идентичные стандарты серии ГОСТ Р 55.0.00.

В последующем эта серия стандартов была расширена и обновлена. В настоящее время технический комитет ISO/TC251 работает над пересмотром терминологического стандарта (ISO 55000) и стандарта, устанавливающего требования к системам управления активами (ISO 55001). В России этой работой занимается ТК 86 — Технический комитет по стандартизации «Управление активами» (секретариат ТК 86 ведет НПП «СпецТек»).

Если окинуть взглядом эти стандарты, то можно выделить основные идеи, принципы, элементы, требования. Но если существует некий краеугольный камень, на котором стоит все здание, то вот он: управление активами преобразует цели организации в относящиеся к активам решения, планы и виды деятельности, используя подход, основанный на оценке рисков [5, п. 2.1].

Таким образом, стандарты устанавливают риск-ориентированный подход к управлению активами, и для принятия решений, связанных с активами, организация должна оценить риски. А оценив риски, она должна найти баланс между

затратами и рисками с одной стороны и требуемой производительностью — с другой [5, п. 2.4.1]. Нахождение баланса иллюстрируется на рисунке 2. Улучшение одного из трех факторов приводит к ухудшению по крайней мере одного другого. Нахождение непосредственно на одной из сторон треугольника означает, соответственно, нулевой риск, нулевые затраты, максимальную производительность. Если отдать предпочтение, например, снижению риска, то точка баланса приблизится к горизонтальной стороне треугольника и удалится от других сторон, что эквивалентно увеличению затрат и/или снижению производительности.

Общее представление об управлении активами признает изменчивость указанного баланса и декларирует необходимость его нахождения в разные периоды времени, в том числе на этапе эксплуатации [5, п. 2.4.1]. Организация, эксплуатирующая дорожные активы (эксплуатант), должна на постоянной основе оценивать риски, связанные с активами, и принимать решения с учетом оценки рисков. Для этого эксплуатант должен определить и использовать критерии принятия решений [6, п. 4.2], основанные на оценке риска и величины потерь [7, п. 10.3.1]. Разработать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии процессы для инициирования предупреждающих действий и диагностики, выполняемых до того, как риски станут неприемлемыми. Эти процессы должны учитывать выявленные потенциальных отказов, повреждений, дефектов, тенденций их развития и рисков, использование технологий, соразмерных с риском, величиной потерь и ожидаемым эффектом, изменения в планах управления активами с учетом предупреждающих действий [7, п. 10.3.1].

Когда речь идет о рисках, говорится о будущем. Таким образом, подход состоит в предупреждении возможных в будущем неблагоприятных событий (снижение безопасности движения, появление мест концентрации ДТП, снижение интенсивности движения), а не о реагировании постфактум.

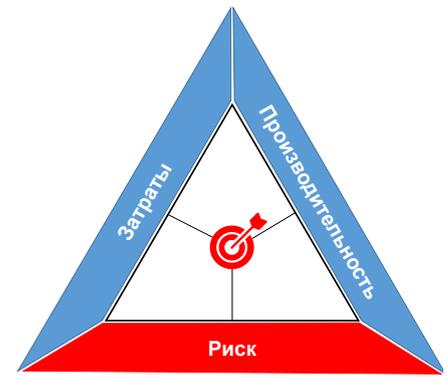


Рисунок 2. Балансировка затрат, рисков и производительности

Для принятия решений в данном случае необходимы соответствующие методики, инструменты, которые позволяют провести количественную оценку рисков и ранжирование (приоритизацию) дорог и участков дорог по убыванию риска в СУДА.

### ИНДЕКСЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Поскольку риск — это сочетание вероятности события и его последствий, необходимы инструменты и методики для измерения его составляющих. Весьма востребованным инструментом в этой связи стал так называемый индекс технического состояния (ИТС).

Основные свойства ИТС:

- ◆ это безразмерная нормированная величина, как правило, от 0 до 100, или от 0 до 1, где 0 — наихудшее значение ИТС, а 100 (или 1) — наилучшее;
- ◆ это интегральный показатель, который объединяет разнородные результаты оценки технического состояния активов (данные технической диагностики, инструментального контроля, измерений, осмотров) в единую величину;
- ◆ это показатель, который посредством весовых коэффициентов может учитывать влияние той или иной составляющей на результирующее значение ИТС;
- ◆ это масштабируемая величина, которая применима на всех уровнях разукрупнения активов, и которая принимает одинаковое значение при одинаковом уровне технического состояния.

Указанные свойства ИТС позволяют создать единую шкалу, которая служит основой для ранжирования



активов, объективного сравнения их технического состояния, определения приоритетов. В простейшем случае ранжирование активов может быть проведено по величине ИТС, что позволит выделить активы в наилучшем состоянии и определить для них соответствующую стратегию дорожных работ. Поскольку вероятность неблагоприятного события связана с техническим состоянием актива, величина ИТС используется в моделях расчета вероятности и прогнозирования риска с целью выработки предупреждающих воздействий. Механизм ИТС показал свою универсальность, что подтверждается активным его использованием в различных отраслях. Прежде всего это энергетика, основой которой являются объекты электрических станций и сетей. В стандарте CNAIM [8] в качестве аналога ИТС применяется Health Score, на основе которого рассчитывается вероятность отказа (PoF). Последствия отказа (CoF) берутся из обширных справочных данных в приложениях к стандарту. Объединение PoF и CoF дает показатель риска, выраженный в денежном выражении. В российской энергетике внедрены и действуют методики [9, 10], основанные на ИТС. Для прогнозирования ИТС используется простейшая линейная модель, а оценка вероятности отказа связана с ИТС через постоянный коэффициент. Известны проекты [11] создания вычислительной платформы, обеспечивающей расчет, оперативный перерасчет и мониторинг ИТС корпоративного уровня. Действует отраслевая система мониторинга. Примерами разработки и применения аналогичного ИТС может быть нефтегазовая отрасль [12], водопроводно-канализационное хозяйство [13]. Имеется аналог ИТС и в дорожной отрасли. Это индекс состояния дорожного покрытия Pavement Condition Index (PCI) [14] и методики интеграции PCI с оценкой риска [15]. Индекс PCI обеспечивает оценку текущего состояния дорожного покрытия на основе повреждений, наблюдаемых на его поверхности. Он обеспечивает объективную и рациональную основу для определения потребностей и приоритетов в техническом обслуживании и ремонте.

То есть обеспечивает ранжирование дорог и участков дорог по приоритетности их ремонта.

### О РОЛИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Очевидно, что по сравнению с описанной вначале СУДА, роль цифровых технологий при риск-ориентированном подходе многократно возрастает. Это связано с необходимостью сбора и обработки больших данных (Big Data) о техническом состоянии, мониторинга рисков, реализации моделей их прогнозирования.

С этой целью могут использоваться как функциональные модели, точность которых невысока, так и модели на основе искусственного интеллекта [16].

Во втором случае на транспортных средствах с регулярными маршрутами, такие как мусоровозы и общественный транспорт,

устанавливаются камеры и датчики для фиксации дорожных дефектов. Многократно и регулярно проезжающие по одному и тому же маршруту транспортные средства фиксируют дефекты в развитии. Параллельно собираются местные наблюдения за погодой, чтобы учитывать условия развития дефектов. В дальнейшем ключевая роль отводится машинному обучению алгоритма прогнозирования, который обучается на эталонных данных в предположении, что в будущем дефекты будут развиваться аналогичным образом. Это позволяет алгоритму выявлять в собираемых данных известные тенденции и сигнатуры и прогнозировать развитие дефектов дорожного покрытия в режиме реального времени для последующего расчета рисков и определения приоритетности ремонта дорог. ■

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник передовых практик в области управления дорожными активами/ Азиатский банк развития, 2018. 52 с. [Электронный ресурс] URL: [www.carecprogram.org/uploads/Compendium-Best-Practices-RAM-ru.pdf](http://www.carecprogram.org/uploads/Compendium-Best-Practices-RAM-ru.pdf) (дата обращения 11.10.2023).
2. Красиков О.А., Косенко И.Н. Система управления дорожными активами (на примере дорог Республики Таджикистан) / Сб. науч. трудов ФАУ «Росдорнии». 2017. Вып. 37. С. 39–66.
3. Красиков О.А., Косенко И.Н., Касымов У.Ш. Обоснование упрощенного критерия в системе управления дорожными активами/ Сб. науч. трудов ФАУ «Росдорнии». 2018. Вып. 39. С. 26–36.
4. Антоненко И.Н. Семь шагов к эффективному управлению данными о производственных активах // Химагрегаты. 2022. № 2(58). С. 28–32.
5. ГОСТ Р 55.0.01–2014/ИСО 55000:2014. Управление активами. Национальная система стандартов. Общее представление, принципы и терминология. М.: Стандартинформ, 2015. 24 с.
6. ГОСТ Р 55.0.02–2014/ИСО 55001:2014. Управление активами. Национальная система стандартов. Системы менеджмента. Требования. М.: Стандартинформ. 2015. 16 с.
7. ГОСТ Р 55.0.03–2021. Управление активами. Системы менеджмента. Руководство по применению ИСО 55001. М.: Стандартинформ. 2021. 58 с.
8. DNO Common Network Asset Indices Methodology. 01 April 2021, Version 2.1. 233 p.
9. Приказ Минэнерго России от 26.07.2017 № 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей».
10. Приказ Минэнерго России от 19.02.2019 № 123 «Об утверждении методических указаний по расчету вероятности отказа функционального узла и единицы основного технологического оборудования и оценки последствий такого отказа».
11. Антоненко И.Н. Автоматизация расчета интегральных показателей технического состояния оборудования // Автоматизация в промышленности. 2021. № 10. С. 21–26.
12. Виноградов П.В., Литвиненко К.В., Валиахметов Р.И., Бахтегареева А.Н. Разработка модели ранжирования промысловых трубопроводов на основе оценки рисков эксплуатации // Нефтяное хозяйство. 2018. № 8. С. 84–86.
13. PAVB разработала по поручению Минстроя России концепцию индекса технического состояния коммунальной инфраструктуры. [Электронный ресурс] URL: [raww.ru/pressroom/association-news/1361-ravv-razrabotala-konceptziyu-indeksa-texnicheskogo-sostoyaniya-kommunalnoj-infrastrukturyi.html](http://raww.ru/pressroom/association-news/1361-ravv-razrabotala-konceptziyu-indeksa-texnicheskogo-sostoyaniya-kommunalnoj-infrastrukturyi.html) (дата обращения 11.10.2023).
14. D6433–23 Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. ASTM: 2023, 47 p.
15. Martin T., Kadar P., Sen R. Incorporation of the Pavement Risk Score into the Pavement Condition Index. NACOE: 2017, 18 p.
16. Writer S. AI sensors aimed at prioritising road maintenance being trialled. [Электронный ресурс] URL: [bigrigs.com.au/2022/07/14/ai-sensors-aimed-at-prioritising-road-maintenance-being-trialled](http://bigrigs.com.au/2022/07/14/ai-sensors-aimed-at-prioritising-road-maintenance-being-trialled) (дата обращения 11.10.2023).