

УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМИ АКТИВАМИ: ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ

С.Б. Мирзозода

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан

В статье рассмотрены теоретические и прикладные аспекты управления дорожными активами автомобильных дорог с учетом современных требований к организации содержания, ремонта и планирования развития дорожной инфраструктуры. Обосновано, что в современных условиях объектом управления целесообразно рассматривать дорожные активы, включающие дорожную сеть, дорожные одежды, мосты и водопропускные сооружения, элементы обустройства, а также данные инвентаризации, диагностики и мониторинга. Систематизированы сетевой, программный, проектный и эксплуатационный уровни управления, определены их основные функции, используемые данные и характер принимаемых решений. Особое внимание уделено роли диагностики технического состояния дорог, цифровой паспортизации, ГИС, автоматизированных банков данных и мониторинга в информационном обеспечении управленческих процессов. Рассмотрена необходимость перехода от реактивного устранения дефектов к превентивному управлению дорожными активами на протяжении их жизненного цикла. Показано, что при ограниченных финансовых ресурсах приоритезация мероприятий должна учитывать фактическое состояние объектов, прогноз деградации, транспортную значимость, риски, стоимость работ и последствия отсрочки ремонта. Сделан вывод о необходимости формирования интегрированной системы управления дорожными активами, обеспечивающей взаимосвязь диагностики, планирования, финансирования, реализации мероприятий и последующего мониторинга результатов.

Ключевые слова: автомобильные дороги, дорожные активы, жизненный цикл, диагностика состояния, ремонт и содержание, ГИС, мониторинг.

САТҲИ ИДОРАКУНИИ ДОРОИҲОИ РОҲ: ҶАНБАҲОИ ТАШКИЛӢ, ТЕХНИКӢ ВА ИТТИЛОӢ

С.Б. Мирзозода

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола ҷанбаҳои назариявӣ ва амалии идоракунии дороиҳои роҳ бо дарназардошти талаботи муосир ба ташкили нигоҳдорӣ, таъмир ва банақшагирии рушди инфрасохтори роҳ баррасӣ шудаанд. Асоснок карда шудааст, ки дар шароити муосир ҳамчун объекти идоракунии баррасӣ намудани дороиҳои роҳ мувофиқ мебошад, ки шабакаи роҳҳо, либоси роҳ, кӯпрӯкҳо ва иншооти обгузар, унсурҳои ободониҳои роҳ, инчунин маълумоти инвентаризатсия, таъхис ва мониторингро дар бар мегиранд. Сатҳҳои шабакавӣ, барномавӣ, лоиҳавӣ ва истифодабарии идоракунии ба низом дароварда шуда, вазифаҳои асосӣ, маълумоти истифодашаванда ва хусусияти қарорҳои қабулшаванда муайян гардидаанд. Ба нақши таъхиси ҳолати техникии роҳҳо, шиносномакунии рақамӣ, СИЧ (ГИС), бонкҳои автоматикунонидашудаи маълумот ва мониторинг дар таъмини иттилоотии раванди идоракунии диққати махсус дода шудааст. Зарурати гузариш аз бартарафсозии реактиви нуксонҳо ба идоракунии пешгирикунандаи дороиҳои роҳ дар тамоми давраи хизмати онҳо баррасӣ шудааст. Нишон дода шудааст, ки дар шароити маҳдудияти захираҳои молиявӣ афзалиятбандии чорабиниҳо бояд ҳолати воқеии объектҳо, пешгӯии фарсудашавӣ, аҳамияти нақлиётӣ, хавфҳо, арзиши корҳо ва оқибатҳои ба таъхир гузоштани таъмиро ба назар гирад. Хулоса шудааст, ки ташаққули низомӣ ҳамгирошудани идоракунии дороиҳои роҳ зарур буда, он бояд робитаи мутақобилаи таъхис, банақшагирӣ, маблағгузорӣ, иҷрои чорабиниҳо ва мониторинги минбаъдаи натиҷаҳо таъмин намояд.

Калидвожаҳо: роҳҳои автомобилгард, дороиҳои роҳ, давраи хизмат, таъхиси ҳолат, таъмир ва нигоҳдорӣ, СИЧ (ГИС), мониторинг.

ROAD ASSET MANAGEMENT LEVELS: ORGANIZATIONAL, TECHNICAL AND INFORMATIONAL ASPECTS

S.B. Mirzozoda

Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan

The article examines theoretical and applied aspects of road asset management, taking into account modern requirements for organizing maintenance, repair, and planning the development of road infrastructure. It is substantiated that, under current conditions, road assets should be considered the appropriate object of management, including the road network, pavements, bridges and drainage structures, roadside facilities, as well as inventory, diagnostic, and monitoring data. Network, program, project, and operational management levels are systematized, and their main functions, information inputs, and types of management decisions are identified. Particular attention is paid to the role of road condition diagnostics, digital road passports, GIS, automated data banks, and monitoring in supporting management processes with reliable information. The need to move from reactive defect elimination to preventive road asset management throughout the asset life cycle is considered. It is shown that, under limited financial resources, prioritization should take into account actual asset condition, deterioration forecasts, transport significance, risks, work costs, and the consequences of postponing repairs. The article concludes that an integrated road asset management system is required to ensure consistent links among diagnostics, planning, financing, implementation of interventions, and subsequent monitoring of results.

Keywords: highways, road assets, life cycle, condition diagnostics, repair and maintenance, GIS, monitoring.

Введение (Introduction)

Развитие транспортной инфраструктуры выступает одним из базовых условий экономического роста, территориальной связности и социальной устойчивости государства. В этой системе автомобильные дороги выполняют не только транспортную, но и стратегическую функцию, обеспечивая доступ населения и хозяйствующих субъектов к рынкам, услугам, промышленным и сельскохозяйственным центрам. Однако сама по себе протяжённость сети не гарантирует качества транспортного обслуживания. Ключевое значение приобретает способность отрасли поддерживать дороги в работоспособном и безопасном состоянии на протяжении всего жизненного цикла [1, 3, 4, 8, 13].

В связи с этим в научной и управленческой практике всё более широко используется понятие управления дорожными активами. В отличие от традиционного подхода, ориентированного преимущественно на учет протяженности дорог и выполнение отдельных ремонтных работ, система управления дорожными активами рассматривает дорогу как совокупность взаимосвязанных материальных и информационных элементов, обладающих стоимостью, состоянием, сроком службы и потребностью в управленческих воздействиях. Такой подход предполагает увязку технических, экономических и организационных решений, а также их опору на достоверные данные диагностики, прогнозирования и оценки эффективности [2, 4, 5, 8].

Современные международные документы в области управления активами подчеркивают, что управление активами должно обеспечивать получение ценности от инфраструктуры, оптимизировать использование ресурсов, снижать риски и поддерживать требуемый уровень эксплуатационных характеристик. Для дорожного хозяйства это особенно важно, поскольку на практике органы управления вынуждены принимать решения в условиях старения сети, роста транспортных нагрузок и постоянного дефицита бюджетных средств [1, 2, 3, 8].

Материалы и методы (Materials and methods)

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена совокупностью факторов. Во-первых, в большинстве стран, включая государства с переходной экономикой, дорожная инфраструктура испытывает возрастающее воздействие интенсивного движения, осевых нагрузок, климатических факторов и естественного старения конструкций. Во-вторых, ограниченность финансирования не позволяет поддерживать всю сеть на одинаково высоком уровне, что требует строгой приоритизации вмешательств. В-третьих, традиционная система управления, основанная на разрозненных данных и локальных решениях, уже не обеспечивает требуемой эффективности [3, 4, 6, 8].

Особую значимость рассматриваемая тема приобретает применительно к условиям Республики Таджикистан, где значительная часть автомобильных дорог проходит в сложных горных условиях. Для таких дорог характерны повышенное воздействие природно-климатических факторов, сезонная неустойчивость эксплуатационного состояния, высокая вероятность развития деформаций, оползневых и селевых процессов, а также ускоренное разрушение отдельных элементов дорожной инфраструктуры. В этих условиях традиционный подход, основанный преимущественно на эпизодическом ремонте по факту возникновения повреждений, оказывается недостаточно эффективным, поскольку не позволяет своевременно учитывать реальные риски, прогнозировать ухудшение состояния и рационально распределять ограниченные ресурсы [5, 8, 9].

Дополнительную остроту проблеме придает ограниченность финансовых возможностей дорожной отрасли, высокая стоимость восстановления поврежденных участков в горной местности, а также неравномерность состояния автомобильных дорог по регионам и категориям. При этом отсутствие единой цифровой системы учета дорожных активов, интегрирующей данные диагностики, инвентаризации, мониторинга и планирования, затрудняет принятие обоснованных управленческих решений. В связи с этим для Республики Таджикистан особую актуальность приобретает формирование системы управления дорожными активами, основанной на цифровом учете объектов, приоритизации мероприятий по техническому состоянию и экономической целесообразности, а также на учете специфики горных условий эксплуатации автомобильных дорог [8, 9].

Сохранение реактивной модели, при которой ремонт выполняется преимущественно после значительного ухудшения состояния покрытия, приводит к росту совокупных затрат дорожных организаций и пользователей дорог. Мировой опыт показывает, что гораздо более эффективным

является переход к превентивному и жизненно-цикловому управлению, при котором решения принимаются заранее, на основе состояния, прогноза деградации и оценки экономических последствий различных стратегий вмешательства [1, 3, 4, 7, 8].

Поэтому исследование уровней управления дорожными активами, их информационной и методической базы, а также инструментов принятия решений имеет как научное, так и выраженное прикладное значение.

Целью статьи является систематизация представлений об уровнях управления дорожными активами автомобильных дорог и обоснование основных организационных, технических и информационных условий повышения эффективности такого управления. Для достижения поставленной цели использованы следующие методы исследования: анализ научной и нормативно-методической литературы; сравнительный анализ международных и отраслевых подходов к управлению активами; обобщение практики диагностики и мониторинга состояния дорог; логико-структурный анализ уровней управления дорожными активами; синтез рекомендаций по совершенствованию управленческих процедур в дорожной отрасли [1-8].

Результаты (Results)

Понятие дорожных активов и сущность управления ими

В современных условиях под дорожными активами целесообразно понимать не только линейную протяженность дорог, но и весь комплекс объектов, формирующих транспортно-эксплуатационные свойства сети. К ним относятся земляное полотно, дорожная одежда, мосты и трубы, водоотводные сооружения, средства организации движения, элементы обустройства, а также данные инвентаризации, диагностики, мониторинга и планирования. Такой расширенный взгляд соответствует международным принципам управления активами, согласно которым актив рассматривается как ресурс, создающий ценность и требующий управления на протяжении всего срока службы [2, 4, 5, 8].

С практической точки зрения управление дорожными активами представляет собой систему последовательных действий, охватывающих сбор и актуализацию данных, оценку состояния, прогнозирование изменения параметров, формирование альтернатив ремонтных воздействий, расчет затрат и эффектов, выбор приоритетов и контроль исполнения. В этом смысле управление дорожными активами выступает не отдельной функцией, а интегрированным управленческим циклом, объединяющим технический анализ, экономическое обоснование и организационное обеспечение [1, 3, 4, 8].

Принципиально важным является то, что такая система ориентирована не только на устранение уже возникших дефектов, но и на сохранение стоимости и потребительской ценности актива. Именно поэтому в развитых системах управления большое значение придается жизненно-цикловому подходу, контролю рисков, мониторингу показателей эффективности и связи технических решений с бюджетным планированием [1, 2, 8].

Уровни управления дорожными активами

Для целей дорожной отрасли управление дорожными активами целесообразно рассматривать по трем взаимосвязанным уровням: сетевому, программному и проектному; подобное разграничение согласуется с классической методологией управления дорожными покрытиями и современными руководствами по транспортному управлению активами [10, 11].

Сетевой уровень является стратегическим. На этом уровне объектом управления выступает вся сеть дорог, находящаяся в ведении соответствующего органа управления. Основными задачами являются инвентаризация активов, установление целевых показателей, формирование политики содержания и ремонта, распределение ресурсов между категориями дорог и определение допустимых уровней риска. Здесь принимаются решения о том, какие участки требуют первоочередного внимания, какова общая потребность в финансировании и как соотносятся интересы сохранения существующей сети с задачами нового строительства и реконструкции [1, 3, 4].

Именно на сетевом уровне особенно велика роль единой базы данных, цифровой паспортизации, показателей ровности, дефектности, прочности и аварийности. Без системного сбора и анализа этих сведений невозможно объективно оценить фактическое состояние сети и выстроить рациональную инвестиционную политику [3, 6].

Программный уровень связан с формированием среднесрочных и краткосрочных программ работ. Если сетевой уровень отвечает на вопрос, что происходит с сетью в целом, то программный уровень отвечает на вопрос, какие мероприятия и в какие сроки должны быть выполнены в рамках доступного бюджета. Здесь осуществляется выбор между вариантами содержания, профилактического ремонта, среднего ремонта, капитального ремонта или реконструкции; рассчитываются ожидаемые затраты и эффекты; сопоставляются альтернативные сценарии финансирования [1, 4, 7].

Для этого уровня характерно использование моделей деградации, нормативных и фактических показателей состояния, а также методов оценки эффективности по жизненному циклу. Международная практика указывает, что приоритезация мероприятий должна опираться не только на текущую дефектность, но и на будущие последствия откладывания ремонта, включая рост стоимости восстановительных работ и ухудшение условий движения [3, 4, 7, 8].

Проектный уровень является операционно-техническим. На нем принимаются решения по конкретному участку дороги: выбирается технология ремонта, уточняются объемы работ, конструктивные решения, применяемые материалы, график выполнения и система контроля качества. В отличие от программного уровня, здесь важны уже не общие приоритеты сети, а инженерная обоснованность отдельных решений и соответствие проектных решений фактическому состоянию объекта [6].

Именно на проектном уровне обеспечивается переход от аналитической модели к реальному исполнению. Ошибки, допущенные на этой стадии, могут нивелировать преимущества качественного сетевого и программного планирования. Поэтому современная система управления дорожными активами должна обеспечивать преемственность между уровнями: от стратегии и программы — к конкретному проекту и обратно, через систему обратной связи, мониторинга и корректировки данных [1, 4, 8].

Управление дорожными активами представляет собой многоуровневую систему, в рамках которой управленческие решения принимаются последовательно — от оценки состояния всей дорожной сети до выбора конкретных проектных и эксплуатационных мероприятий на отдельных участках. Такая система основывается на взаимосвязи стратегического, программного, проектного и эксплуатационного уровней, а также на использовании единой информационной базы, обеспечивающей сбор, обработку и анализ данных о состоянии автомобильных дорог. Для наглядного представления структуры этой системы и взаимодействия ее основных элементов на рис. 1 приведена схема уровней управления дорожными активами.



Рисунок 1 – Схема взаимосвязи уровней управления дорожными активами. (Сгенерировано ИИ).
Figure 1 – Diagram of the relationship between the levels of road asset management. (Generated by AI).

Как видно из рис. 1, эффективное управление дорожными активами обеспечивается только при наличии устойчивой связи между уровнями принятия решений, информационной базой и процедурами мониторинга состояния дорог. Представленная схема показывает, что данные о состоянии дорожной сети служат основой для выбора приоритетов, разработки программ ремонта и содержания, а также для обоснования проектных решений по конкретным объектам. При этом важную роль играет обратная связь, позволяющая по результатам эксплуатации и повторной диагностики уточнять ранее принятые решения и повышать обоснованность последующих управленческих воздействий.

В целях систематизации функций, состава используемой информации и характера принимаемых решений на различных стадиях управления дорожными активами целесообразно выделить несколько взаимосвязанных уровней управления. Каждый из них отличается своими задачами, глубиной анализа, временным горизонтом планирования и ожидаемыми результатами. Для наглядного представления содержания этих уровней в таблице 1 приведена их сравнительная характеристика.

Таблица 1 – Характеристика уровней управления дорожными активами
Table 1 – Characteristics of road asset management levels

Уровни управления	Основные функции	Используемые данные	Основные управленческие решения	Ожидаемый результат
Сетевой уровень	Инвентаризация дорожных активов, оценка общего состояния сети, установление целевых показателей, распределение финансовых ресурсов по направлениям	Данные паспортизации дорог, протяжённость, категория дороги, интенсивность движения, результаты диагностики, показатели аварийности	Определение приоритетных направлений развития сети, формирование общей политики содержания и ремонта, распределение бюджета	Повышение обоснованности стратегического управления дорожной сетью и активами
Программный уровень	Формирование среднесрочных и краткосрочных программ работ, ранжирование объектов, выбор очередности вмешательств	Показатели эксплуатационного состояния, прогноз деградации, данные о стоимости работ, бюджетные ограничения, критерии эффективности	Выбор участков для ремонта, определение видов и сроков работ, оптимизация программы при ограниченных ресурсах	Повышение эффективности использования финансовых средств и снижение риска несвоевременного ремонта
Проектный уровень	Детализация объектов, инженерное обследование, технико-экономический анализ, выбор проектных решений	Результаты детальной диагностики, конструктивные параметры дорожной одежды, локальные дефекты, данные о нагрузках и материалах	Выбор технологии ремонта, конструктивных решений, объемов и очередности выполнения работ	Повышение технической обоснованности проектных решений и качества ремонта
Эксплуатационный уровень	Организация выполнения работ, контроль качества, мониторинг состояния после ремонта, актуализация данных	Результаты производственного контроля, данные повторных обследований, сведения о фактическом состоянии участка, эксплуатационные показатели	Корректировка мероприятий по содержанию, уточнение параметров состояния, обновление информационной базы	Поддержание требуемого эксплуатационного состояния дорог и формирование обратной связи для последующих решений

Таким образом, представленная в таблице 1 характеристика показывает, что управление дорожными активами представляет собой не совокупность разрозненных мероприятий, а единую многоуровневую систему, в которой решения стратегического, программного, проектного и эксплуатационного характера взаимосвязаны между собой. В этой связи особое значение приобретает вопрос о том, какие именно инструменты и подходы обеспечивают согласованность указанных уровней и позволяют повысить обоснованность принимаемых решений. Прежде всего, такая роль принадлежит диагностике состояния автомобильных дорог, информационному обеспечению и современным методам анализа данных, которые формируют основу для эффективного управления дорожными активами.

Диагностика как основа принятия решений

Надежность любой системы управления дорожными активами определяется качеством данных о состоянии дороги. В отраслевых рекомендациях по диагностике подчеркивается, что оценка технического состояния должна базироваться на совокупности визуальных, инструментальных и расчетных методов, позволяющих выявлять дефекты покрытия, изменения ровности, прочности, колеяности, состояния обочин, водоотвода и других элементов [6, 8, 9].

Инструментальная диагностика дает возможность перейти от субъективного восприятия состояния дороги к измеряемым параметрам. При этом сама по себе регистрация дефектов еще не решает задачу управления. Необходима их интерпретация в контексте остаточного ресурса, категории дороги, интенсивности движения, климатических условий и допустимого уровня обслуживания. Именно поэтому современные системы управления дорожными активами объединяют инвентарные данные, показатели состояния и аналитические модели, а не ограничиваются только полевым обследованием [1, 3, 6, 8, 9].

Для практики дорожной отрасли особое значение имеют показатели, позволяющие сопоставлять состояние участков между собой. К их числу относятся показатели ровности, дефектности, несущей способности, безопасности и эксплуатационной надежности. При наличии ограниченного бюджета именно эти данные становятся основой ранжирования участков и выбора типа вмешательства. Иными словами, диагностика должна быть встроена в систему принятия решений, а не существовать отдельно от нее [4, 6, 8, 9].

Экономическая логика управления: от устранения дефектов к управлению жизненным циклом

Одним из важнейших отличий управления дорожными активами от традиционного содержания является смещение акцента с разовых работ на жизненный цикл актива. Международные документы в этой области подчеркивают, что решения должны приниматься исходя из совокупного эффекта на протяжении срока службы объекта, а не только из текущей сметной стоимости вмешательства [2, 4, 5, 8, 9-12].

Это означает, что при выборе между профилактическим ремонтом, усилением конструкции, капитальным ремонтом или отсрочкой вмешательства необходимо учитывать не только бюджет текущего года, но и изменение будущих расходов, риска отказов, стоимости для пользователей дороги и возможного снижения уровня безопасности. В материалах Всемирного банка и OECD особо отмечается необходимость применения методов сравнения альтернатив по жизненно-цикловым затратам и последствиям, поскольку именно такой подход позволяет более обоснованно распределять ресурсы [3, 4, 8, 9, 10].

Практически это ведет к переходу от простой схемы «обнаружили повреждение — устранили» к более рациональной модели: «оценили состояние — спрогнозировали ухудшение — сравнили варианты — определили момент вмешательства — выбрали наилучшее решение». Для стран с ограниченными ресурсами такой подход особенно важен, так как позволяет предотвращать ускоренное разрушение покрытия и сдерживать рост капиталоемких восстановительных работ [1, 3, 7, 8, 9-11].

Цифровизация и информационное обеспечение управления

Современный уровень управления дорожными активами невозможен без развитой информационной среды; качество данных, их интеграция и использование в планировании рассматриваются как ключевые элементы современных систем управления дорожными активами [10, 11]. Уже в ранних работах Всемирного банка по информационным системам для дорожного

управления подчеркивалось, что рост сложности дорожных сетей и ограниченность финансирования требуют перехода к объективным данным, интеграции информации о трафике, состоянии, материалах, нагрузках и экономических параметрах [3, 9].

В актуальных международных руководствах PIARC цифровизация рассматривается как составная часть управления активами. Она охватывает ведение инвентаря активов, сбор данных о состоянии, мониторинг показателей, моделирование деградации, риск-ориентированное планирование, формирование программ работ и коммуникацию со стейкхолдерами [1, 5].

На практике информационная система управления дорожными активами должна обеспечивать как минимум следующие функции: централизованное хранение данных; пространственную привязку объектов; накопление результатов обследований; анализ состояния по участкам и категориям дорог; прогноз изменения параметров; подготовку вариантов программ работ; контроль исполнения и обновление базы знаний. Технологически это предполагает использование ГИС, мобильных и стационарных средств диагностики, а также инструментов визуализации и аналитики [1, 3, 6, 8, 9, 11, 12].

Следует подчеркнуть, что цифровизация сама по себе не является конечной целью. Она эффективна только в том случае, если служит повышению качества решений. Поэтому внедрение ГИС, автоматизированных банков данных, мобильных диагностических комплексов и беспилотных средств обследования должно сопровождаться разработкой регламентов обновления данных, критериев качества информации и процедур ее использования в планировании [1, 5, 8, 9, 10, 12].

Международный опыт и его значение для дорожной отрасли

Международный опыт показывает, что успешные системы управления дорожными активами формируются не за счет одного программного продукта, а на основе сочетания организационной зрелости, нормативной базы, достоверных данных и устойчивых процедур планирования [11, 12]. В материалах PIARC подчеркивается, что практика управления активами может отличаться по степени зрелости между дорожными организациями, однако общими остаются требования к последовательности, прозрачности и ориентации на результат [1].

В документах OECD отмечено, что система управления активами должна интегрировать ранее разрозненные подсистемы для отдельных видов объектов, обеспечивать хранение инвентарной и условной информации, поддерживать выбор вариантов по жизненно-цикловым затратам и использовать показатели эффективности как инструмент обратной связи [4].

В руководящих документах ISO 55000 и ISO 55001 особое внимание уделяется связи управления активами со стратегическими целями организации, управлению рисками, постоянному улучшению и получению ценности от активов на протяжении их жизненного цикла [2, 5]. Для дорожной отрасли это означает необходимость перехода от фрагментарных решений к единой управленческой архитектуре, где технические службы, планово-экономические подразделения и руководящие органы работают в общей логике данных и целевых показателей.

Обсуждение (Discussions)

Основные проблемы действующих систем управления дорожными активами

Несмотря на развитие методик и цифровых инструментов, в практике многих дорожных администраций сохраняется ряд системных ограничений.

Прежде всего, это неполнота и несопоставимость данных о состоянии дорог. В отсутствие единой методологии обследований и централизованной базы данных результаты диагностики оказываются трудно сопоставимыми во времени и пространстве, что снижает качество приоритизации [3, 6, 8].

Вторая проблема заключается в разрыве между технической и финансовой логикой управления. Нередко программы работ формируются исходя преимущественно из текущей доступности средств, а не из реальной потребности сети и оценки последствий отсрочки вмешательств. В результате ресурсы направляются не туда, где достигается наибольший эффект от вложений [3, 4, 8].

Третья проблема связана с недостаточной институциональной зрелостью. Даже при наличии отдельных цифровых решений и результатов обследований отсутствие регламентов,

ответственных процедур, KPI (ключевые показатели эффективности) и системы контроля исполнения ограничивает возможность перехода к полноценному управлению активами [1, 5, 8, 9].

Наконец, существенным ограничением остается кадровый фактор. Для эффективной работы современной системы требуются специалисты, способные одновременно понимать инженерные аспекты состояния дороги, методы анализа данных, принципы ГИС и основы экономической оценки. Без такого междисциплинарного кадрового ядра цифровизация и методические нововведения не дают полного результата [1, 4, 8].

Направления совершенствования управления дорожными активами

На основе проведенного анализа можно выделить ряд приоритетных направлений повышения уровня управления дорожными активами.

Во-первых, необходимо нормативно и организационно закрепить переход от управления «дорожной сетью вообще» к управлению конкретными дорожными активами и их жизненным циклом. Это позволит увязать технические параметры, стоимость владения, остаточный ресурс и риски в единой модели принятия решений [2, 5, 8, 9].

Во-вторых, требуется создать единую информационно-аналитическую платформу дорожной отрасли, которая должна включать электронный банк данных, пространственный модуль, результаты обследований, инструменты прогноза и блок формирования программ работ. Такая платформа должна работать не как архив сведений, а как механизм поддержки управленческих решений [1, 3, 8].

В-третьих, необходимо расширять применение диагностических технологий и стандартов оценки состояния, обеспечивая регулярность мониторинга и сопоставимость данных. Для этого важны не только приборы и программное обеспечение, но и единая процедура верификации результатов обследований [6, 8].

В-четвертых, программы ремонта и содержания должны формироваться на основе многокритериальной оценки, учитывающей техническое состояние, функциональную значимость дороги, транспортную нагрузку, безопасность, климатические риски и экономическую эффективность мероприятий. Подобный подход особенно актуален для стран со сложными природно-географическими условиями и ограниченными бюджетами [1, 4, 7].

В-пятых, следует усиливать подготовку кадров в области управления активами, включая обучение методам диагностики, работе с ГИС, анализу данных, моделированию деградации и оценке жизненно-цикловых затрат. Подготовка специалистов должна ориентироваться не только на эксплуатацию дорог, но и на цифровое сопровождение всего управленческого цикла [1, 5, 8].

Заключение (Conclusions)

Проведенное исследование показало, что в современных условиях более обоснованным является использование категории «управление дорожными активами», а не только «управление дорожной сетью». Такой подход позволяет рассматривать автомобильные дороги как комплекс взаимосвязанных объектов и данных, требующих системного управления в течение всего жизненного цикла [1, 2, 4].

Установлено, что эффективная система управления дорожными активами должна функционировать на трех взаимосвязанных уровнях: сетевом, программном и проектном. На сетевом уровне формируются стратегические цели и параметры состояния сети; на программном – определяются очередность и состав работ при заданных ресурсных ограничениях; на проектном – реализуются конкретные инженерные решения по объектам [1, 4, 6].

Показано, что ключевой основой принятия решений выступают достоверные данные диагностики, интегрированные в единую информационную среду. Без инвентаризации активов, регулярного мониторинга, оценки состояния, анализа риска и прогноза деградации невозможно обеспечить рациональное распределение ограниченных финансовых ресурсов [3, 4, 6].

Сделан вывод, что дальнейшее развитие дорожной отрасли связано с переходом к жизненно-цикловому, риск-ориентированному и поддержанному цифровизацией управлению дорожными активами. Для этого необходимы совершенствование нормативно-методической базы, развитие автоматизированных систем учета и мониторинга, внедрение процедур

многокритериальной приоритизации ремонтов и подготовка квалифицированных специалистов нового профиля [1, 2, 5, 8, 9].

Предложения по адаптации к условиям Республики Таджикистан:

1. Адаптацию системы управления дорожными активами в Таджикистане целесообразно осуществлять с обязательным учетом горных условий эксплуатации и природных рисков. При классификации и приоритизации участков необходимо учитывать не только транспортное значение дорог, но и подверженность селевым, оползневым, эрозионным и иным опасным процессам, которые существенно влияют на темпы ухудшения их состояния и стоимость восстановительных работ [8, 9].

2. Систему диагностики и мониторинга следует расширить за счет показателей, отражающих специфику горных территорий. Наряду со стандартной оценкой покрытия необходимо обеспечить регулярный контроль состояния откосов, водоотводных устройств, защитных сооружений и участков повышенной геодинамической уязвимости, что позволит своевременно выявлять потенциальные угрозы и переходить от реактивных решений к превентивному планированию ремонтов [8, 9].

3. Необходимым условием повышения эффективности управления является создание единой цифровой системы учета дорожных активов. Такая система должна объединять данные инвентаризации, результатов обследований, истории ремонтов, интенсивности движения, эксплуатационных показателей и природных рисков в общей информационно-аналитической среде, обеспечивающей сопоставимость данных, обоснованность приоритизации и поддержку решений на сетевом, программном, проектно и эксплуатационном уровнях [8, 9].

4. Практическая реализация адаптированной системы должна сопровождаться развитием организационного и кадрового обеспечения. Для этого требуется внедрение единых регламентов сбора и обновления данных, поэтапное внедрение системы на наиболее значимых и уязвимых участках дорожной сети, а также подготовка специалистов, владеющих методами диагностики, цифрового учета, геоинформационного анализа и экономического обоснования дорожно-ремонтных мероприятий [8, 9, 11].

Рецензент: Расулов ТТ. — к.т.н. Главный инженер Центра реализации проекта Шогон-Зигар Министерства транспорта

Литература

1. PIARC. Asset Management Manual: A Guide for Practitioners. – World Road Association, 2024–2026.
2. ISO 55000:2024. Asset management – Vocabulary, overview and principles. – Geneva: International Organization for Standardization, 2024.
3. Paterson, W.D.O. Information Systems for Road Management / W.D.O. Paterson, T. Scullion, E.R. Brown et al. – Washington: World Bank, 1987.
4. OECD. Asset Management for the Roads Sector. – Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2001.
5. PIARC. Guidelines for the Implementation of ISO 55001 in Road Organizations. – World Road Association, 2024.
6. ОДМ 218.4.039-2018. Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог. – М.: Росавтодор, 2018.
7. Highway Development and Management Model (HDM-4): Road Use Costs Model Documentation. – Washington: World Bank.
8. Мирзозода, С.Б. Система управления дорожными активами (СУДА): монография / С.Б. Мирзозода, О.А. Красиков, Б.Б. Каримов. – Душанбе: Ирфон, 2023. – 264 с.
9. Мирзозода, С.Б. Цифровизация дорожной отрасли Таджикистана / С.Б. Мирзозода // Международный научный журнал ВАК при Президенте Республики Таджикистан «Фурӯғи илм» («Сияние науки»). – Душанбе: Издательство ООО «Сармат-компания», 2025. – № 4 (08). – С. 79–86.
10. Haas, R. Modern Pavement Management / R. Haas, W.R. Hudson, J.P. Zaniewski. – 2nd ed. – Malabar, FL: Krieger Publishing Company, 1994. – 583 p.
11. AASHTO. Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation. – 2nd ed. – Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2020.
12. Mikolaj, J. Road Asset Value Calculation Based on Asset Performance, Community Benefits and Technical Condition / J. Mikolaj, L. Remek, M. Kozel // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, No. 7. – Art. 4375. – DOI: 10.3390/su14074375.
13. Бердиев, Д. А. Теоретические аспекты и физико-механическое обоснование использования холодного асфальтобетона в условиях Таджикистана / Д. А. Бердиев, Р. Х. Сайрахмонов, С. С. Умаров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2025. – № 2(70). – С. 114–121.

References

1. PIARC. Asset Management Manual: A Guide for Practitioners. – World Road Association, 2024–2026.
2. ISO 55000:2024. Asset Management – Vocabulary, Overview and Principles. – Geneva: International Organization for Standardization, 2024.
3. Paterson, W.D.O. Information Systems for Road Management / W.D.O. Paterson, T. Scullion, E.R. Brown et al. – Washington, D.C.: World Bank, 1987.
4. OECD. Asset Management for the Roads Sector. – Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2001.
5. PIARC. Guidelines for the Implementation of ISO 55001 in Road Organizations. – World Road Association, 2024.
6. ODM 218.4.039-2018. Recommendations for the Diagnosis and Assessment of the Technical Condition of Motor Roads. – Moscow: Rosavtodor, 2018.
7. Highway Development and Management Model (HDM-4): Road Use Costs Model Documentation. – Washington, D.C.: World Bank.
8. Mirzozoda, S.B. Road Asset Management System (RAMS): Monograph / S.B. Mirzozoda, O.A. Krasikov, B.B. Karimov. – Dushanbe: Irfon, 2023. – 264 p.
9. Mirzozoda, S.B. Digitalization of the Road Sector of Tajikistan / S.B. Mirzozoda // International Scientific Journal of the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Tajikistan “Furughi Ilm” (“Radiance of Science”). – Dushanbe: Sarmat-Kompaniya LLC Publishing House, 2025. – No. 4 (08). – P. 79–86.
10. Haas, R. Modern Pavement Management / R. Haas, W.R. Hudson, J.P. Zaniewski. – 2nd ed. – Malabar, FL: Krieger Publishing Company, 1994. – 583 p.
11. AASHTO. Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation. – 2nd ed. – Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2020.
12. Mikolaj, J. Road Asset Value Calculation Based on Asset Performance, Community Benefits and Technical Condition / J. Mikolaj, L. Remek, M. Kozel // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, No. 7. – Art. 4375. – DOI: 10.3390/su14074375.
13. Berdiev, D.A. Theoretical Aspects and Physicomechanical Justification of the Use of Cold Asphalt Concrete under the Conditions of Tajikistan / D.A. Berdiev, R.Kh. Sayrakhmonov, S.S. Umarov // Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research. – 2025. – No. 2 (70). – P. 114–121. [in Russian].

Сведения об авторе:

Мирзозода Сухроб Бегмат, доктор технических наук, доцент кафедры «Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9817-3633>. E-mail: sukhrob63@mail.ru.

Маълумот оид ба муаллиф:

Мирзозода Сухроб Бегмат, доктори илмҳои техники, дотсенти кафедраи Сохтмони роҳҳо, иншоот ва коммуникасияҳои нақлиётӣ Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9817-3633>. E-mail: sukhrob63@mail.ru.

Information about the author:

Mirzozoda Sukhrob Begmat, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Road, Structure and Transport Communications Construction, Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9817-3633>. E-mail: sukhrob63@mail.ru.