

Е. В. Кашевская, канд. техн. наук, доцент, докторант, БНТУ

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ ИХ СОСТОЯНИЯ

Control systems which are now in use in a world practice of highways' quality on the basis of their condition are considered in this article. Their merits and demerits are analyzed; the comparative analysis of problems which allow solving the given systems is made.

Введение. Как правило, основной проблемой обеспечения высокого уровня качества автомобильных дорог все специалисты дружно называют недостаточное финансирование.

Перед подобной проблемой в 70–80 годах XX века оказались многие страны. Для оптимального распределения имеющихся средств на ремонт дорог в развитых странах Западной Европы, США, Канаде и других начали развиваться системы управления состоянием покрытий – PMS (Pavement Management Systems). В бывшем СССР также проводились работы по созданию систем управления дорожным хозяйством на стадии эксплуатации автомобильных дорог. Специалисты дорожной отрасли Беларуси достигли при этом больших успехов [1].

1. Задачи управления состоянием дорожных покрытий. В широком смысле система управления состоянием дорожных покрытий – это координированная совокупность всех видов деятельности, связанных с планированием, проектированием, строительством, текущим содержанием и оценкой состояния дорог, а также с научными исследованиями в области дорожных одежд. Часто термин применяют в более узком смысле – как взаимосвязанную совокупность процедур и моделей сбора и обработки данных о состоянии покрытия, а также разработанное на их основе программное обеспечение [2].

Система позволяет обеспечить поступление информации для ответа на вопрос об очередности ремонта дорог и принятия наилучших решений. Инструментом получения информации является мониторинг. Красиков О.А. полагает, что «...применительно к автомобильным дорогам, под мониторингом (monitoring) следует понимать систему наблюдений и контроля за состоянием объекта, состоящую из трех основных этапов: наблюдения, оценки состояния и прогноза возможных изменений» [2]. Конечной целью мониторинга является возможность оптимального управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог за счет выбора стратегии решения задач ремонта и содержания. О. А. Красиков предложил структурную схему мониторинга автомобильных дорог с выходом на решение задач содержания и ремонта автомобильных дорог, приведенную на рис. 1 [2], которая фактически представляет собой систему управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог. Но возникает новая проблема: какая

именно информация необходима? Ответ зависит от тех целей, которые необходимо достичь с помощью системы управления.

Принято выделять четыре основные цели.

1. Увеличение протяженности дорог в хорошем состоянии. Необходимо рассчитать состояние конкретных дорог, определить, какое состояние для них будет хорошим. Данная цель является узкой, так как не учитывает время, в течение которого дороги остаются в хорошем состоянии.

2. Увеличение остающегося срока эксплуатации. Эта цель показывает, какой срок эксплуатации имеется в запасе у дорожной сети, и прогнозирует состояние дорог в будущем.

3. Увеличение эффективности ремонта дорог. Как правило, эффективность измеряется путем анализа различия в состоянии дорог и при отсутствии ремонта и в результате проведения программы ремонта.

4. Снижение чистой текущей стоимости совокупных транспортных затрат. Необходимо рассчитать затраты на эксплуатацию транспорта и собственные издержки дорожной организации. Совокупные транспортные затраты (СТЗ) равны сумме затрат на эксплуатацию транспорта и собственных издержек. Чистая текущая стоимость – это разница между СТЗ при отсутствии ремонта дороги и СТЗ после осуществления ремонтных работ. Для Республики Беларусь актуальными являются две последние цели.

О. А. Красиков предлагает выделять следующие задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

– диагностика автодорог, формирование и постоянное обновление банка данных об их транспортно-эксплуатационном состоянии, интенсивности и составе движения транспорта, о дорожно-строительных материалах и их характеристиках, о нормативных требованиях к дорогам и т. п.;

– планирование очередности ремонтных мероприятий на текущий момент с учетом ограниченных ресурсов;

– прогнозирование состояния дорог и планирование очередности ремонтных мероприятий на перспективу с обоснованием стоимости их выполнения;

– регулирование и организация дорожного движения транспорта;

– реализация планов дорожно-ремонтных работ с выбором оптимальных технологий;

– обеспечение качества дорожно-ремонтных работ [2].



Рис. 1. Структурная схема мониторинга автомобильных дорог с выходом на решение задач по управлению их состоянием

В настоящее время в мире имеется множество систем управления, среди которых можно отметить RoSy PMS, BMS (Дания, Швеция, Норвегия и др.), ROMAPS (Великобритания), AASHTO (США), Dighton (Канада), Davasema (Литва), Visage, Argus, (Франция).

2. Модели систем управления. Большое внимание проблеме содержания и ремонта дорог уделяют мировые финансовые институты, в первую очередь Мировой Банк. При его поддержке разработана инженерно-экономическая Модель Стандартов Проектирования и Содержания Автодорог (HDM (Highway Development and Management Tools)). В HDM отсутствует только полноценный банк данных, в остальном система обладает всеми качествами хорошо разработанной PMS. В настоящее время разработана уже четвертая версия HDM-IV. Область применения данной версии значительно расширилась по сравнению с традиционной оценкой

проектов, в настоящее время эта мощная система анализа управления автомобильными дорогами и инвестициями используется многими странами для управления сетью национальных дорог. С использованием HDM-IV можно решать следующие задачи:

- анализ и уточнение проектных решений на основе вариантного проектирования;
- оценка эффективности вложений инвестиций по вариантам проектных решений, в т. ч. по вариантам развития сети дорог;
- планирование и прогнозирование инвестиций на ремонт и содержание сети дорог (текущее и долговременное планирование);
- оценка эффективности технических решений и технологий ремонта дорог;
- анализ деятельности дорожных предприятий и др.

В HDM-IV учитываются следующие затраты пользователей дорог:

– затраты на эксплуатацию автомобилей (покрышки, масло, запасные части, амортизация и утилизация автомобилей и т. п.);

– затраты времени для пассажирских и грузовых перевозок;

– экономические затраты, связанные с несчастными случаями (летальный исход, травмы пользователей дорог, повреждение автомобилей и придорожных объектов);

– социальные и экологические факторы, учитывающие выхлоп автомобилей, потребление энергии, шум транспорта, а также социальные преимущества населения, обслуживаемого дорогами.

Экономические выгоды от дорожных инвестиций определяются сравнением общих затратных потоков на различные варианты дорожных и строительных работ с базовым вариантом («ничего не делать»), который обычно предусматривает минимальные затраты на текущий ремонт и содержание. HDM-IV позволяет проводить сравнительные оценки затрат и экономический анализ различных инвестиционных предложений. Она оценивает затраты на большое количество вариантов на любой заданный пользователем период времени.

В качестве критериев оптимизации модель использует:

– *чистый дисконтированный доход NPV (net present value)* – это общий финансовый итог от реализации проекта (инженерно-технического решения), определяемый как разность между отдачей капитала и вложенным капиталом с учетом дисконтирования. Если $NPV > 1$, то денежные поступления обеспечивают получение прибыли выше ожидаемого уровня доходности; при условии $NPV = 0$ – денежные поступления равны сумме вложенных средств и обеспечивают минимальный уровень доходности, при условии $NPV < 1$ – проект не обеспечивает получения прибыли;

– *внутренняя норма доходности (прибыли) IRR (internal rate of return)* – это значение ставки дисконтирования, при которой дисконтированные денежные поступления равны дисконтированной стоимости отчислений денежных средств, т. е. в этом случае обеспечен нулевой чистый дисконтированный доход ($NPV = 0$);

– *индекс выгодности инвестиций PI (profitability index)* – отношение отдачи (рентабельности) капитала к вложенному «капиталу»;

– *дисконтный период окупаемости DPP (discounted payback period)* – период времени, требуемый для возврата первоначального капиталовложения;

– *дисконтирование* – это оценка денежных средств во времени с расчетом будущей стоимости средств, инвестируемых сегодня.

Система управления состоянием дорог и мостов RoSy PMS, BMS (Road Systems Pavement,

Bridg Management System), используемая в Дании, Швеции, Чехии, Норвегии и других состоит из следующих основных модулей [4]:

– RoSy BASE – формирование базы данных по дорогам и их электронная обработка;

– RoSy BMS – формирование базы данных по мостам, обоснование и назначение ремонтных работ;

– RoSy Plan – выработка возможных оптимальных способов содержания и обслуживания дорожной сети;

– RoSy Design – проектирование усиления дорожных конструкций.

Данная система позволяет учитывать влияние холодного климата и основные особенности HDM-IV.

В системе RoSy PMS также учтен процесс прогнозирования развития указанных повреждений покрытия во времени в отличие от HDM. В системе RoSy более детально проработан вопрос вариантного назначения конструктивных слоев усиления дорожной одежды. Вместе с тем экономическая сторона вопроса при обосновании оптимальной стратегии выполнения дорожно-ремонтных работ уступает модели HDM. Следует отметить, что при вариантной проработке усиления дорожных одежд используется европейская методика расчета усиления, которая отличается от методики СНГ, что сказывается на толщинах слоев усиления [2].

Оптимизационные решения в системе RoSy выполняются путем расчета по различным схемам назначения ремонтных работ с использованием критерия дисконтированных затрат за период 30 лет.

В Германии в настоящее время используется собственная система менеджмента сохранения дорог [3], унифицирующая разные системы федеральных земель. Основными элементами немецкого менеджмента сохранения автомобильных дорог являются:

– концепция сохранения дорог с учетом транспортной политики и экономических целей;

– системный порядок действий и функции управления в основе планирования работ по содержанию дорог;

– требования к дорогам и дорожным сооружениям;

– методы планирования и оптимизации;

– информационные связи в системном рассмотрении с учетом контроля за мероприятиями по содержанию.

Разработанная в Германии система PMS базируется на четырех показателях [4], которые определяются инструментально:

– продольная ровность дорожного покрытия;

– поперечная ровность (колея);

– сцепные качества;

– наличие трещин и других деформаций на покрытии.

Каждый из перечисленных параметров контролируется специализированной передвижной лабораторией. Продольная ровность, в отличие от общепринятой практики, оценивается не по международному показателю ровности IRI, а по спектральной плотности распределения неровностей по длине дороги. Колея также оценивается с использованием лазерного прибора. Сцепные качества определяются прицепной установкой типа ПКРС. Трещины и другие повреждения фиксируются на видео. При проведении исследований скорость передвижных лабораторий устанавливается не менее 80 км/ч, чтобы не создавать помех движению транспортного потока на обследуемой дороге.

По результатам выполненных измерений формируется база данных. Состояние дорог оценивается по каждому показателю четырехбалльной шкалы.

Американская система управления состоянием дорог и мостов AASHTO [5] является аналогом HDM и включает значительный перечень решаемых инженерных задач, в том числе транспортных, таких, как проезд большегрузных автомобилей с пересечением границ других государств, экономических – выбор оптимальных проектных решений, а также экологических и социальных. Функционирование системы осуществляется на основе анализа значительного объема информации и требований стандартов. Система предусматривает постоянный мониторинг дорог и мостов.

Английская система управления состоянием дорог RO-MAPS (Roughton International's Maintenance Planning System) используется в 12 странах [6]. Она является также аналогом HDM и *PMS*, в методологическом плане включает в себя две основные подсистемы MMM (Maintenance Management Methodology) и DBMS (Database Management System), которые в качестве функционирующих компонентов содержат RAdb (Road Asset inventory and condition database) и MPdb (Maintenance Planning application). Система не только совместима с *HDM*, но и включает отдельные ее подпрограммы. Существование этой системы, так же как, впрочем, и *PMS*, свидетельствует о том, что каждая страна стремится создать свою систему, которая бы учитывала новейшие достижения и специфические экономические, климатические, технологические и другие особенности исследуемого региона.

Система мониторинга и планирования ремонтных работ МАДИ разработана под руководством профессора А. П. Васильева [7].

В основу методики положены элементы системы диагностики автодорог. Выходным

параметром системы является обеспечиваемая дорогой скорость движения автомобиля с учетом влияния на нее состояния покрытия, обочин, интенсивности движения, прочности одежды и др. Существенным отличием системы являются показатели обеспечения расчетной скорости по наиболее важным параметрам дорог с использованием их при определении транспортных расходов. Значения этих показателей были пронормированы, что обеспечило возможность на предварительной стадии ранжировать участки дорог по степени их соответствия требованиям движения транспорта.

В Республике Беларусь для республиканских автомобильных дорог используется система управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог «Ремонт», разработанная в РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр». Система собирает данные в автоматизированный банк данных, на основании инженерного анализа производит оценку и прогнозирование состояния, позволяет обосновать выбор стратегии ремонта, а также рассчитать экономическую эффективность и оптимизировать затраты на ремонт [8].

Имеющиеся системы при всем их многообразии объединены общими принципами построения и функционирования. Схема системы управления состоянием автомобильных дорог, предлагаемая Г. М. Гасановым, приведена на рис. 2 [9].

3. Проблемы достоверности прогнозов. Большое значение с точки зрения эффективности управления системами имеет достоверность прогнозирования состояния системы в будущем. Для прогнозирования состояния используют разные методы моделирования. Вместе с тем следует согласиться с В. А. Кургановым, который считает, что процедура прогнозирования должна сочетать в себе все положительные качества различных методов получения информации, ...прогнозирование должно осуществляться в интерактивном режиме с участием экспертов, которые вносят поправки в результаты расчета, исходя из содержательного анализа причинно-следственных факторов [10].

Выводы. 1. Использование наколенных мировой практикой моделей управления качеством автомобильных дорог должно сопровождаться адаптацией к конкретным местным условиям.

2. Управление качеством и прогнозирование состоянием должно осуществляться на основе объективных критериев, полученных в процессе инструментальной диагностики объектов.

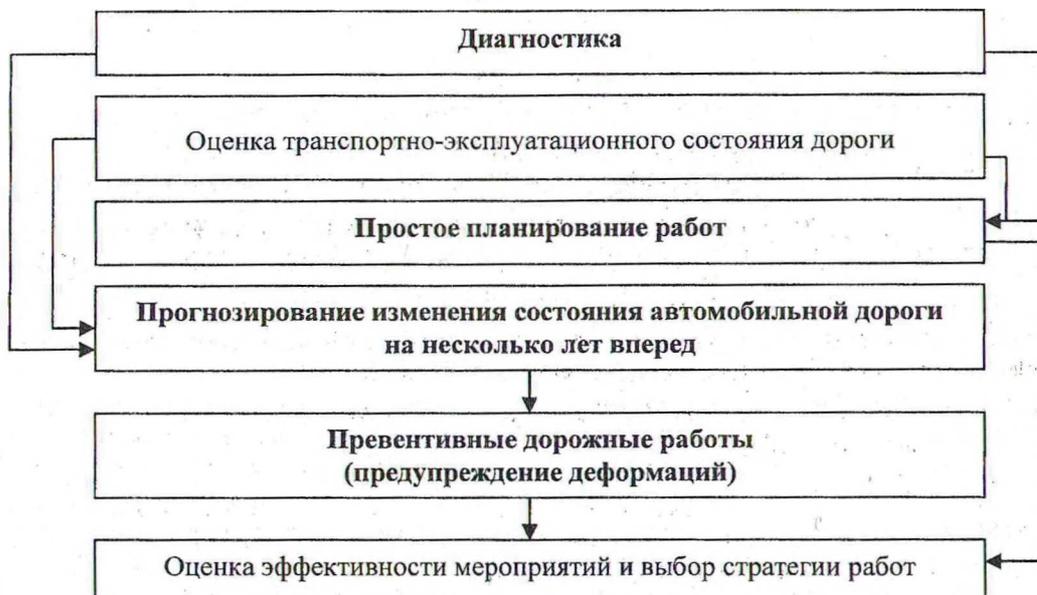


Рис. 2. Система управления состоянием автомобильных дорог

Литература

1. Комплексная система управления качеством в Миндорстрое БССР. – Минск, 1977.
2. Красиков, О. А. Мониторинг и стратегия ремонта автомобильных дорог / О. А. Красиков. – Алматы: КазгосИНТИ, 2004. – 263 с.
3. Автомобильные дороги Германии. Федеральное министерство транспорта Германии. Bundesministerium für Verkehr (BMV), Bonn, 1995.
4. Bergman – Syren, J. Anwendung von Pavement-Management-System für die Planung der Straßenerhaltung durch die Straßenbauverwaltung der Länder-Beispiel Hessen / J. Bergman – Syren // Deutscher Straßen- und Verkehrskongreß, Düsseldorf 1996; Kongreßbericht der FGSV, S. 91.
5. Anthony, R. United States Vision, for Total Highway Asset Management / R. Anthony, L. Jose, A. Aldayui // American Association of State Transportation Officials (AASHTO) – 444 N. Capitol St. NW, Suite 249 Washington. DC 20001. For presentation and publication an the 2nd International Conference on Bridge Maintenance/

Safety and Management, Kyoto Japan, October 19–22, 2004.

6. ROMAPS-PS. Rough ton Internationals Maintenance Planning System. Installation and Operations Manual. Volume 1 and 2/ 1998. Page 72 and 149.

7. Васильев, А. П. Комплексный метод оценки качества и состояния автомобильных дорог / А. П. Васильев // Автомобильные дороги. – 1989. – № 7. – С. 10–11; № 8. – С. 7–10.

8. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: учеб. пособие / И. И. Леонович [и др.]; под ред. И. И. Леоновича. – Минск: БНТУ, 2002. – 357 с.

9. Гасанов, Г. М. Управление транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог / Г. М. Гасанов. – М.: МАДИ (ГТУ), 2005. – 172 с.

10. Курганов, В. М. Управление автомобильными перевозками на основе ситуационного подхода: дис. д-ра техн. наук: 05.22.08: защищена 27.10.2004; утверждена 24.11.2004 / В. М. Курганов. – Москва, 2004. – 323 с.