

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian journal of transport engineering <http://t-s.today/>

2016, Том 3, №1 / 2016, Vol 3, No 1 <http://t-s.today/issues/vol3-no1.html>

URL статьи: <http://t-s.today/PDF/02TS116.pdf>

DOI: 10.15862/02TS116 (<http://dx.doi.org/10.15862/02TS116>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Углова Е.В., Саенко С.С. Обзор инструментов управления состоянием дорожных конструкций // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 3, №1 (2016) <http://t-s.today/PDF/02TS116.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Uglova E.V., Saenko S.S. [Review of tools for the road structure state management] Russian journal of transport engineering, 2016, Vol. 3, no. 1. Available at: <http://t-s.today/PDF/02TS116.pdf> (In Russ.)

УДК 625.76

Углова Евгения Владимировна

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Россия, Ростов-на-Дону¹
Заведующий кафедрой «Автомобильные дороги»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: uglova.ev@yandex.ru

Саенко Сергей Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Россия, Ростов-на-Дону
Доцент кафедры «Автомобильные дороги»
Кандидат технических наук
E-mail: svkube@mail.ru

Обзор инструментов управления состоянием дорожных конструкций

Аннотация. Ограничение финансовых ресурсов на поддержание в работоспособном состоянии сети автомобильных дорог требует от дорожных агентств повышения качества управления активами. Для этих целей в развитых странах мира используют специализированное программное обеспечение, учитывающее существующие особенности технического регулирования. В статье представлен обзор систем управления состоянием дорожных конструкций. Системы управления состоянием принято разделять на системы сетевого уровня, используемые для планирования сроков проведения ремонтных работ, прогноза изменений эксплуатационного состояния во времени и бюджетного планирования; и системы проектного уровня, в задачи которых входит выбор мероприятий для обеспечения требуемых потребительских свойств дороги. Проведен анализ инструментов и задач, решаемых наиболее известными в мире системами управления состоянием. Установлено, что для управления состоянием большинство систем использует инструменты прогнозирования структурных либо функциональных показателей, как правило представляющие эмпирические модели. В статье рассмотрены недостатки методики управления состоянием ОДН 218.0.006-2002. Ставится вопрос о необходимости развития существующих в России подходов к управлению состоянием дорожных конструкций на проектном уровне, совершенствования блоков экономического анализа для управления жизненным циклом.

Ключевые слова: система управления состоянием; прогнозирование; жизненный цикл; эксплуатационное состояние; диагностика; управленческое решение; планирование; ремонтные мероприятия

¹ 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая 162

Дорожные конструкции представляют собой объекты крупнейших капиталовложений в любой развитой дорожной сети. Поддержание требуемого транспортно-эксплуатационного состояния связано с решением вопросов выбора последовательности, времени и вида мероприятий, которые следует использовать для удержания затрат на разумном уровне. Долгие годы единственной практикой управления состоянием дорожных конструкций была практика улучшения эксплуатационного состояния при достижении им критических (близких к критическим) величин. Такой подход возможен на дорогах с невысокой интенсивностью движения или при отсутствии ограничений в финансировании.

Весьма распространенным явлением за рубежом на протяжении нескольких десятилетий является использование для управления жизненным циклом автомобильных дорог систем управления состоянием дорожных конструкций (Pavement Management System, Asset Management System) (СУС ДК), основной задачей которых является повышения эффективности принятия решений, обеспечение обратной связи и согласованности решений, принятых на различных уровнях в рамках одной организации [1].

Наиболее часто информация систем управления дорожными конструкциями используется при планировании ремонтных мероприятий в дорожных ведомствах, кроме того, она может быть использована отделами контроля для оценки выбранных методов ремонта и инженерными группами для оценки проектных решений.

В системах менеджмента состояния конструкций выделяют [2] два уровня:

- **сетевой уровень** (network level) для бюджетных оценок и прогнозирования эксплуатационного состояния;
- **проектный уровень** (project level) для планирования превентивного содержания, выбора мероприятий в рамках ремонта или капитального ремонта.

На рисунке 1 представлен график изменения эксплуатационного состояния дорожной конструкции в течение жизненного цикла и вопросы, решаемые системами управления состоянием на сетевом и проектном уровнях.

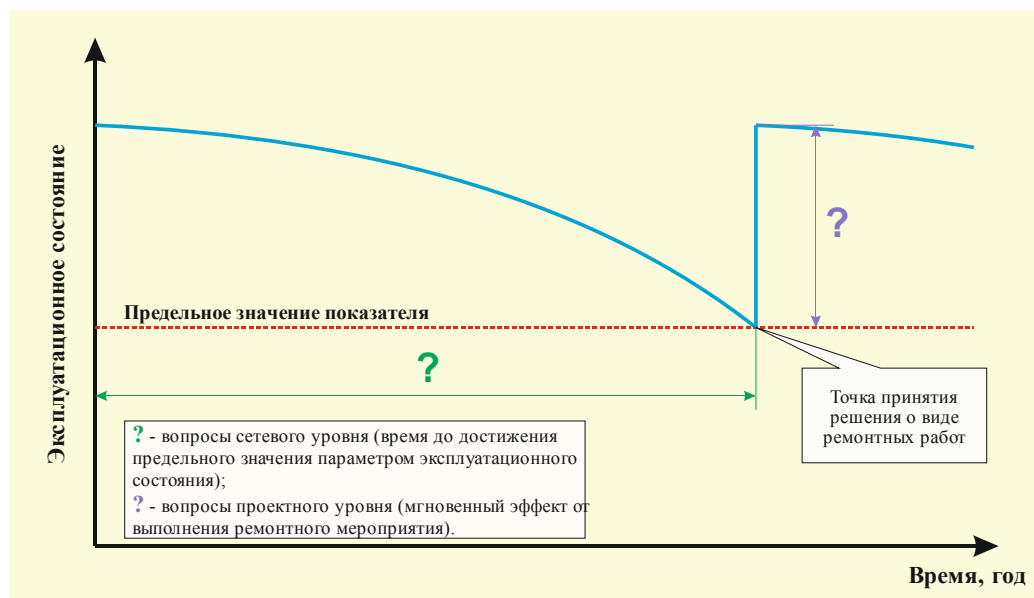


Рисунок 1. Элемент жизненного цикла дорожной конструкции с вопросами, решаемыми системами управления состоянием (разработано авторами)

Fig. 1. Element of the road construction lifecycle with questions solvable by the state management system (developed by the authors)

В качестве ключевых инструментов на обоих уровнях используются различные модели деградации (deterioration models) или модели прогнозирования эксплуатационного состояния (pavement prediction models). На сетевом уровне состояние конструкции описывается, как правило, структурным или функциональным показателем. На уровне проекта возможна более детальная оценка тяжести и степени влияния отдельных дефектов для принятия более взвешенного решения. Например, на сетевом уровне деградация конструкции может быть оценена международным индексом ровности (IRI), а на проектном – дефектностью.

Другой важной составляющей систем управления состоянием конструкций являются экономические модели, позволяющие в совокупности с моделями деградации эксплуатационного состояния выбрать наиболее приемлемый сценарий управления.

В общем виде системы управления состоянием включает четыре основных компонента: инвентаризация сети, оценка состояния конструкций, модели прогнозирования эксплуатационного состояния и методы планирования [3].

Инвентаризация сети. В рамках данной компоненты СУС ДК осуществляется разбивка дорог сети на секции/участки, используемые в дальнейшем как единица управления при выборе мероприятий в рамках содержания или ремонта/капитального ремонта. При разбивке учитываются несколько факторов: дорожная конструкция, транспортная нагрузка, исторические данные и состояние.

Оценка состояния конструкций. Состояние конструкций может быть оценено как структурными, так и функциональными показателями. Сбор данных подразумевает получение информации посредством как простого, визуального обследования, так и использования сложных диагностических систем, измеряющих ровность, шероховатость, сцепление и проч. Структурная оценка базируется на несущей способности или соответствии конструктивным требованиям, в то время как функциональные показатели базируются на инструментальной оценке величин, связанных с комфортабельностью при движении, безопасностью, дефектностью и проч. Оценка этих характеристик выражается затем в виде показателя качества.

Комфортабельность при движении оценивается путем измерения ровности. Может быть представлена в форме Riding Comfort Index (RCI), Riding Comfort Rating (RCR), или International Roughness Index (IRI). Безопасность оценивается по величине сцепления колеса с дорогой. Дефектность покрытия на основе визуальной оценки деформаций и разрушений (тип, степень тяжести, протяженность) выражается через Surface Distress Index (SDI), Distress Manifestation Index (DMI), или Pavement Condition Index (PCI).

Несущая способность в форме Structural Adequacy Index (SAI) отражает способность дорожной конструкции выдерживать транспортную нагрузку без образования структурных разрушений. Цель структурной оценки заключается в определении допустимой нагрузки на конструкцию для прогнозирования срока службы в условиях фактического нагружения и оценки фактической прочности [4].

База данных и анализ, как правило, созданы с использованием коммерчески доступного программного обеспечения, ее размер меняется в зависимости от количества дорог и длины сегментов, используемых для анализа. Большинство программ имеют индивидуальные экраны ввода, пакеты для анализа и, в зависимости от потребностей агентств, формы отчетов.

Модели прогнозирования эксплуатационного состояния. Инструменты анализа систем управления дорожными конструкциями пытаются предсказать долговечность элементов конструкции при определенном виде ремонта в заданных условиях нагружения, климате и других факторах. Этот анализ основан, прежде всего, на историческом опыте, включая

данные о затратах за предшествующий период эксплуатации. Более сложные пакеты анализа также прогнозируют ежегодные затраты на ремонт и ожидаемое эксплуатационное состояние. В целом, цель анализа заключается в выявлении наиболее экономически эффективных способов поддерживать систему дорог в удовлетворительном состоянии. По завершении нескольких циклов сбора данных, эти системы могут предсказать состояние конструкции в конкретных условиях с большой точностью [5].

Данные модели, что было отмечено ранее, могут использоваться как на сетевом, так и проектном уровнях для анализа состояния и выбора мероприятий содержания и ремонта.

На сетевом уровне они используются для прогнозирования состояния, бюджетного планирования, планирования работ по диагностике и рабочего планирования. На проектном уровне – для выбора альтернатив ремонтных мероприятий с учетом ожидаемого трафика и климатической нагрузки, а также анализа затрат в течение жизненного цикла при сравнении различных вариантов содержания и ремонта.

Модели деградации могут быть получены путем прямой экстраполяции, регрессией, механо-эмпирически, методом наименьших квадратов, S-образной кривой, распределением вероятностей и Марковским анализом [3]. Другой метод, который может быть использован, предложен Zimmerman [6] – моделирование. Эта техника обычно используется, когда нет достаточного количества данных, чтобы создать подходящую модель деградации.

Методы планирования. Заключительным компонентом СУС ДК является модуль планирования, позволяющий агентствам определить какие действия по содержанию и/или ремонту/капитальному ремонту должны быть выполнены с учетом фактического и прогнозного состояний конструкций и финансов, имеющихся в распоряжении.

Экспертные системы представляют собой сложные компьютерные программы, управляющие знаниями, фактами и рассуждениями в попытке эффективно решить проблему, подобно высококвалифицированному специалисту [7].

В табл. 1 представлены наиболее известные системы управления состоянием дорожных конструкций [8-17]. Все представленные модели имеют экономические инструменты для оценки затрат агентств, эффекта от выполнения работ. Отдельные модели имеют возможность расчета социально-экономического эффекта (HERST-ST, MARCH PMS, RONEC, SMEC и др.), влияния на окружающую среду (HDM-4, HERST-ST), затрат на содержание (MicroPAVER, PAVEMENTview, RoSy). Модели, используемые исключительно для экономического анализа (не имеющие моделей деградации эксплуатационного состояния), имеют в графе «Оценка состояния покрытий» пометку «Затраты/Экономические выгоды» (RealCost, SMEC, SMART). Некоторые СУС ДК (HIMS, dTIMS, Asset Manager NT, Exor Highways, INSIGHT) имеют гибкую структуру – по заказу пользователя в них могут быть встроены различные инструменты анализа (как экономического, так и модели деградации эксплуатационного состояния).

Представленные СУСДК имеют различные сферы применения: некоторые из них, как например PMDSS, BlockviewPMS, используются только на проектном уровне, другие только на сетевом (Asset Manager NT, RoSy® (PMS), RONEC и др.), есть системы, которые могут быть использованы на обоих уровнях (AgilAssets®Pavement Analyst, ICON, HDM-4 и др.). Большая часть рассматриваемых экспертных систем предоставляет инструменты для использования как на сетевом уровне (при прогнозировании эксплуатационного состояния), так и на проектном (выбор подхода к увеличению/остановлению переменных параметров в рамках капитального ремонта или ремонта).

Norwegian Public Roads Administration разработала систему управления состоянием дорожных конструкций (Norwegian PMS) в период с 1986 по 1990 гг. [18]. Система может

использоваться как на проектном, так и на сетевом уровнях. Norwegian PMS состоит из инструментов для обследования конструкций, паспортизации, банка данных, проектного планирования и оптимизация работ на сетевом уровне (включая прогнозирование продольной и поперечной ровности), расчет стоимости жизненного цикла, подготовку тендеров, построение статистики.

Таблица

**Перечень наиболее известных систем управления состоянием дорожных конструкций
(составлено авторами)**

Table

**A list of the best known management systems of the road construction state
(compiled by the authors)**

Экспертная система	Область применения	Тип дорожной одежды	Оценка состояния конструкции
ROSE	Дороги	Нежесткие	Дефектность
SCEPTRE	Дороги	Нежесткие	Дефектность
PERSERVER	Дороги	Нежесткие	Дефектность
ERASME	Дороги	Нежесткие	Дефектность
EXPEAR	Дороги	Жесткие	Дефектность, Качество езды, Безопасность езды, Прочность
PAVEMENT EXPERT	Дороги	Жесткие	Дефектность
PARES	Дороги	Нежесткие	Дефектность
PAVER	Дороги, Аэродромы	Нежесткие, Жесткие	Дефектность
PMAS	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды
PMDSS	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды
uniPAVEMENT	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность
AgilAssets®Pavement Analyst	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды, Безопасность езды, Прочность
PAVEMENTview	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды, Безопасность езды, Прочность
PERS	Дороги	Нежесткие	Качество езды, Безопасность езды, Прочность
ICON	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды, Прочность
BlockviewPMS	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды
PMSPRO™	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды, Прочность
PMS 4.0	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность
HPMA	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды, Безопасность езды, Прочность
RoadMatrix™	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды, Безопасность езды, Прочность

Экспертная система	Область применения	Тип дорожной одежды	Оценка состояния конструкции
GPMS™	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность
StreetSaver™	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность
MicroPAVER	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды, Прочность
TAMS	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды
HIMS	Линейная инфраструктура	-	По требованию пользователя
RoSy® (PMS)	Дороги	Нежесткие	Качество езды, Прочность
RealCost	Дороги	-	Затраты/Экономические выгоды
RONET	Дороги	Нежесткие	Качество езды
dROAD/dTIMS	Линейная инфраструктура	-	По требованию пользователя
MARCH PMS	Дороги	Нежесткие	Дефектность
WDM	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды, Безопасность езды, Прочность
Asset Manager NT	Дороги	Нежесткие	По требованию пользователя
HDM-4	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды
SMEC	Дороги	-	Затраты/Экономические выгоды
Stantec PMS/RoadMatrix	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды, Прочность
Exor Highways	Дороги	Нежесткие	По требованию пользователя
INSIGHT	Дороги	Нежесткие	По требованию пользователя
SMART	Дороги	-	Затраты/Экономические выгоды
HERST-ST	Дороги	-	Затраты/Экономические выгоды
АБДД «Дорога»	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды, Безопасность езды, Прочность
HIPS	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды
RoadSoft®-GIS	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность
PMS91	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды, Прочность
Vejman.dk	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды, Прочность
Norwegian PM System	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды
PMS Objekt	Дороги	Нежесткие	Прочность
MEPDG	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды, Прочность
FHWA HPMS	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Качество езды
CCPMS	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды
LBPMS	Дороги	Нежесткие	Качество езды
RSMS99	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Качество езды

Экспертная система	Область применения	Тип дорожной одежды	Оценка состояния конструкции
CTL PMS	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Качество езды
dROADLOG	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Качество езды
Dynatest PMS	Дороги	Нежесткие	Качество езды, Прочность
PMSpro 2000	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды, Прочность
Visual/PMS™	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Качество езды, Безопасность езды, Прочность
PMIS (раннее название PES)	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Качество езды (по запросу), Безопасность (по запросу)
LVR-PMS	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды
DSS	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Прочность
MPMS	Дороги	Нежесткие, Жесткие	Дефектность, Прочность
Swedish PMS	Дороги	Нежесткие	Дефектность, Качество езды

Программное обеспечение dTIMS (Deighton's Total Infrastructure Management System) разработано для государственных агентств Австралии (Local Government Agencies) [19]. Имеет инструменты анализа управления активами и отчетности, которые могут адаптироваться к специальным условиям для конкретных дорожных сетей. Этот проект ориентирован на удовлетворение стратегической составляющей при управлении состоянием дорожных конструкций. Результаты могут быть использованы в качестве основы для разработки плана работ, имеются инструменты прогноза эксплуатационного состояния (в том числе для мгновенного эффекта от проведения мероприятий). Окончательный план работ генерируется на всю дорожную сеть с изложением работ, которые нужно выполнить, и затрат, которые будут понесены с учетом имеющегося бюджета. Система может быть использована для управления состоянием линейной инфраструктуры, например, трубопроводов [20].

Mobility PMS или MPMS заменила в 2004 г. ранее разработанную Washington State County Road Administration Board (CRAB) систему County Road Information System, включавшую в качестве модуля СУС сетевого уровня [21]. В качестве основного инструмента используется блок сбора и анализа данных (включая прогнозирование состояния) по данным визуального осмотра с расчетом показателя Pavement Structural Condition rating (PSC).

Система управления состоянием дорожных конструкций MicroPAVER была разработана US Army Corps of Engineers для ВМС, ВМФ и Армии США, Федеральной авиационной администрации и Федеральной дорожной администрации США [22]. Оценка состояния дорожной конструкции производится с помощью показателя PCI. Модуль прогнозирования деградации состояния покрытия помогает разделить сеть на однородные участки [23]: со схожими характеристиками транспортной нагрузки, погоды, дорожной конструкции и т.п. По накопленным (историческим) данным строятся кривые деградации индекса PCI и используются в дальнейшем для его прогнозирования.

HIPS (Highway Investment Programming System) разработана Finnish National Road Administration (FinnRA) для стратегического планирования на сетевом уровне [15]. Используется совместно с системой PMS91 – работающей на проектном уровне. Финская

СУС ДК базируется на вероятностном подходе [24], используя модели Маркова [25]. Прогнозируют два основных параметра – продольную и поперечную ровности.

Другая система управления состоянием дорожных конструкций, также использующая вероятностный подход, японская Pavement Management Accounting System (PMAS) [26]. PMAS состоит из двух подсистем: Pavement Management Accounting (PMA), для регистрации изменений в стоимости дорожных активов в течение финансового года и Maintenance Management System (MMS) для определения стратегий ремонта дорожных конструкций с учетом бюджета текущего года.

Pavement Management Information System (PMIS) в ранней версии PES (Pavement Evaluation System) используется Техасским департаментом транспорта (TxDOT) с начала 1980 г. Система используется для управления состоянием жестких и нежестких дорожных конструкций. Для прогнозирования состояния используют S-образные кривые деградации показателей дефектности.

Система управления состоянием дорожных конструкций Соединенного Королевства Великобритания WIM включает два основных компонента [27]: ukPMS Manager и Visual Inspection Manager (VIM). Прогнозные модели дефектности строятся по накопленным историческим данным с учетом возраста дорожной конструкции [28].

Система RoadMatrix это более совершенная модель Stantec PMS. Она представляет собой инструмент для управления и графического отображения информации об активах, структурном состоянии и других доступных данных. Пользователь может выбрать индивидуальный показатель оценки и прогнозирования состояния из следующего перечня: Surface Distress Index (SDI), Structural Adequacy Index (SAI) или Ride Comfort Index (RCI) [29]. Используются S-образные кривые деградации данных показателей во времени, построенные на основе исторических данных [30].

The Highway Design and Maintenance Standard Model (HDM-III) разработана Мировым Банком и использовалась как инструмент экономического и технического анализов для подготовки инвестиционных программ и анализа стратегий содержания и ремонта [9]. Изначально система разрабатывалась как инструмент для развивающихся стран. Однако впоследствии HDM стала применяться и в развитых индустриальных странах. В рамках международной стадии The International Study of Highway Development and Management (ISOHDM) был разработан инструмент HDM-4. Конечной целью при прогнозировании ухудшения состояния дорожных покрытий является ровность в единицах IRI, получаемая как результат суммирования увеличения неровности за счет структурной деградации, трещин, колеобразования, образования выбоин и погодных воздействий.

Программа RNET (Road Network Evaluation Tools) является разработкой Мирового Банка и использует упрощенную модель деградации ровности HDM-4 [31].

Датская система управления vejman.dk разработана Danish Road Directorate и используется для планирования и оптимизации работ по ремонту и содержанию дорог. В программе используются несколько моделей: ровности (IRI), прочности (для выбора ремонтных мероприятий на проектном уровне) экономическая модель (расчет затрат на проведение ремонтных мероприятий) и модель для расчета остаточного ресурса [32].

В Российской Федерации в качестве руководства к управлению состоянием дорожных конструкций используется ОДН 218.0.006-2002. Документ представляет собой систему управления состоянием дорожных конструкций, совмещающую возможности сетевого и проектного уровня. С одной стороны, методика позволяет выявить участки, требующие проведения ремонтных мероприятий и определить очередность выполнения работ (вопросы

сетевого уровня), с другой стороны предлагает алгоритм выбора вида ремонта и инструмент прогнозирования мгновенного эффекта от выполнения работ (вопросы проектного уровня).

Действующий документ имеет ряд недостатков, в том числе обусловленных датой утверждения документа: так, например, ОДН 218.0.006-2002 не позволяет проводить оценку эксплуатационного состояния по показателю IRI.

С другой стороны, модели прогнозирования мгновенного эффекта весьма слабы. Рассмотрим следующий пример. В случае неудовлетворительной ровности в ОДН 218.0.006-2002 предлагается несколько вариантов ремонта: «устройство выравнивающего слоя с поверхностной обработкой или восстановление верхнего слоя методами термопрофилирования и регенерации». Таким образом, отдельные мероприятия, как например фрезерование и укладка нового слоя, устройство новых слоев и др., виды работ по K_{pc6} не предполагают. Кроме того, в качестве мгновенного эффекта отмечается увеличение коэффициента обеспеченности расчетной скорости до нормативного значения, независимо от выбранного мероприятия.

Согласно, например, ДМД 02191.5.011-2011 мгновенный эффект определяется исходной ровностью (до проведения ремонтных работ) и видом ремонтного мероприятия.

На рисунке 2 представлена схема анализа стратегий при принятии решений на проектном уровне. Оставляя без внимания мгновенный эффект может быть принято неверное управленческое/проектное решение, приводящее к быстрому ухудшению состояния актива и удорожанию мероприятий по обеспечению требуемого состояния в течение жизненного цикла; без учета последующей деградации показателя принятое решение может приводить к неоправданному увеличению затрат на поддержание эксплуатационного состояния на должном уровне.

Окончательное решение о стратегиях управления состоянием дорожных конструкций невозможно без экономического анализа с учетом затрат дорожных агентств и пользователей в течение жизненного цикла конструкции.

На сегодняшний день разработаны новые документы (СТО АВТОДОР 2.4-2013, ОДМ 218.9.003-2015) для принятия управленческих решений на сетевом уровне, ОДМ 218.9.003-2015 имеет блок экономического анализа.

Тем не менее, назрела необходимость разработки методологического сопровождения процесса принятия решения для элементов жизненного цикла, связанных с выбором ремонтных мероприятий, т.е. вопросов проектного уровня систем управления состоянием дорожных конструкций. Кроме того, документ ОДН 218.0.006-2002 требует корректировки с учетом изменений последних лет в области технического регулирования в дорожном хозяйстве.

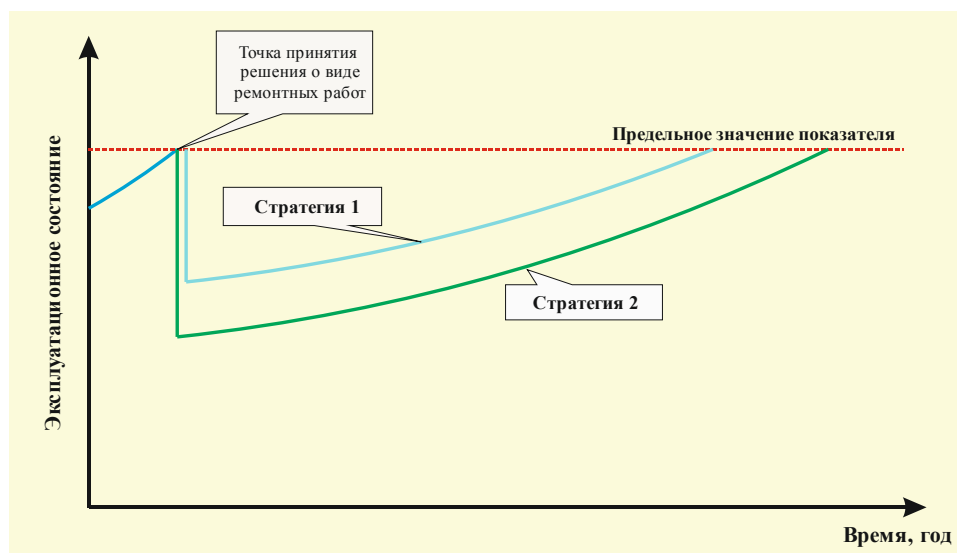


Рисунок 2. Стратегии улучшения эксплуатационного состояния на проектном уровне (разработано авторами)

Fig. 2. Strategies for improvement of the operational status at the project level (developed by the authors)

Оптимизация стратегий при принятии управленческих решений должна проводиться с учетом анализа стоимости жизненного цикла, включающем затраты дорожных агентств и пользователей, меняющихся при ухудшении параметров эксплуатационного состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hudson, S.W., Hudson, W.R, and Carmichael, R.F., 1992. "Minimum Requirements for Standard Pavement management Systems". In Pavement Management Implementation, eds F.B. Holt & W.L., Gramling, STP 1121, American Society for Testing and Material, Philadelphia, PA, pp. 19-31.
2. The State of New Jersey [Электронный ресурс]. URL: <http://www.state.nj.us/transportation/eng/pavement/pdf/PMSOverviews0709.pdf> (дата обращения 10.11.2014).
3. Shahin, M.Y., 1994. "Pavement Management For Airport, Roads, and Parking Lots". Chapman & Hall, New York. ISBN 0-412-99201-9.
4. Witczek, M.W., 1978. "Framework for Evaluation and Performance of Airport Pavements". Special Report 175, Transportation Research Board, pp. 69-75.
5. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/pmprimer.pdf> (дата обращения 10.11.2014).
6. Zimmerman, K., and Broten, M., 1999. "Development of Performance Models for Pavement Management System". Presented at 24th International Air Transportation Conference, ASCE.
7. Basri, NEA, 1999. "An Expert System for the Design of Composting Facilities in Developing Countries". PhD Dissertation, University of Leeds.
8. FHWA Pavement Management Catalog, 2002. 120 p.

9. Ihs A., Sjögren L. An overview of HDM-4 and the Swedish Pavement Management System (PMS), 2003. 31 p.
10. Norlela Ismail, Amiruddin Ismail, Riza Atiq. An Overview of Expert Systems in Pavement Management. European Journal of Scientific Research. ISSN 1450-216X Vol.30 No.1 (2009), pp. 99-111.
11. Pavement Management [Электронный ресурс]. URL: http://pavementmanagement.org/other_references/Road_Management_Commercial_Off-The-Shelf_Systems_Catalog_v2009.pdf (дата обращения 12.11.2015).
12. Powell River [Электронный ресурс]. URL: <https://powellriver.civicweb.net/document/344/Pavement%20Management%20Program%20Report.pdf?handle=8B95F4DBC82A4FFBA4850AB34F108A0F> (дата обращения 12.11.2015).
13. Rohan Perera, A.S. Pulipaka, and S.D. Kohn. Pavement Management Catalog. January 2008. 177 p.
14. ROMDAS [Электронный ресурс]. URL: <https://romdas.com/sites/default/files/documents/HIMSBrochure.pdf> (дата обращения 12.11.2015).
15. Sikow C., Mannisto V.J., Tapio R.O. Strategic Tools in Finland. 3rd International Conference on Managing Pavements, 1994.
16. STANTEC [Электронный ресурс]. URL: <http://roadmatrix.stantec.com/Products/product.html> (дата обращения 12.11.2015).
17. Wiltshire Concil [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wiltshire.gov.uk/pothole-bid-app-c2-wdm-pavement-mgt-system.pdf> (дата обращения 12.11.2015).
18. Haugadegird T., Johansen J.M., Bertelsen D., Gabestad K. Norwegian Public Roads Administration: A Complete Pavement Management System in Operation. 3rd International Conference on Managing Pavements, 1994. pp. 25-33.
19. Hui Chen and Dr. Tim Martin dTIMS Asset Management Tool User Documentation. Contract report for WALGA, 2012, 79 p.
20. Deighton [Электронный ресурс]. URL: <http://www.deighton.com/index.html> (дата обращения 12.11.2015).
21. Hagenlock E., Zimmer D., Hillesland S. Overview of the Mobility Pavement Management System (MPMS), Washington, 2012. 10 p.
22. Shahin M.Y. Pavement Management-MicroPAVER Update. 5th International Conference on Managing Pavements, 2001.
23. MicroPAVER Implementation and Pavement Condition Index (PCI) Survey Project. State of the Streets Report including MicroPAVER Technical Documentation. Chicago. 34 p.
24. Lang J.M. Pavement Management Systems in Sweden. 5th International Conference on Managing Pavements, 2001.
25. Solberg, J.: Rewards on Markov Chains, Course handout, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2002.

26. Mitsuru Jido, Ryo Ejiri, Toshimori Otazawa, Kiyoshi Kobayashi. Road pavement management accounting system application. Journal of Infrastructure Systems. Volume 14, SPECIAL ISSUE: Advances in Infrastructure Condition Assessment, Deterioration Modeling, and Optimal Rehabilitation - Part II, 2008.
27. Knowledge of our Asset. [Электронный ресурс]. URL: https://www.surreycc.gov.uk/__data/assets/pdf_file/0009/168354/STAMP_Ch04.pdf (дата обращения 12.11.2015).
28. Phillips S.J. Development of United Kingdom Pavement Management System. 3rd International Conference on Managing Pavements, 1994.
29. Road Matrix Brochure [Электронный ресурс]. URL: <http://roadmatrix.stantec.com/Announcements/V31.pdf> (дата обращения 12.11.2015).
30. Jadoun F. Pavement Management City of Grande Prairie. Presentation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CDkQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.cityofgp.com%2Fmodules%2Fshowdocument.aspx%3Fdocumentid%3D7295&ei=jWtsVLPyA-L4ywPL9oKYBg&usg=AFQjCNG7d3JWO296wZXieUTAF88-62PSMw&cad=rjt> (дата обращения 12.11.2015).
31. Archondo-Callao R. RNET User Guide. Washington D.C.: The World Bank, 2009.
32. Romanowska D.K. Calculating condition of pavement Structure, 2012.

Uglova Evgenia Vladimirovna

Rostov State Civil Engineering University, Russia, Rostov-on-Don
E-mail: uglova.ev@yandex.ru

Saenko Sergey Sergeevich

Rostov State Civil Engineering University, Russia, Rostov-on-Don
E-mail: svkuba@mail.ru

Review of tools for the road structure state management

Abstract. Limitation of financial resources for maintenance of the road network in working order demands an improvement of asset management quality from the road agencies. For these purposes the developed countries of the world are using the specialized software that takes into account the existing features of the technical regulation. The article presents a review of the management systems of road structure state. The systems of state management can be divided into the network-level systems used to plan the timing of the repair work, forecast the changes of operational status through time and budget planning and systems of design level, tasks of which include selection of measures to provide the required consumer properties of the road. There was carried out analysis of tools and tasks solvable by the best known in the world systems of state management. It is found that for the state management the majority of systems use the forecasting tools of the structure or function coefficients usually representing the empirical models. The article describes disadvantages of the state management technique ODN 218.0.006-2002. The study addresses the question on the need for development of the existing in Russia approaches to the management of the road structures state at the project level and improvement of the economic analysis blocks for lifecycle management.

Keywords: system of state management, forecasting, lifecycle, operational status, diagnostics, management decision, planning, repair measures

REFERENCES

1. Hudson, S.W., Hudson, W.R, and Carmichael, R.F., 1992. "Minimum Requirements for Standard Pavement management Systems". In Pavement Management Implementation, eds F.B. Holt & W.L., Gramling, STP 1121, American Society for Testing and Material, Philadelphia, PA, pp. 19-31.
2. The State of New Jersey [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.state.nj.us/transportation/eng/pavement/pdf/PMSOverviews0709.pdf> (data obrashcheniya 10.11.2014).
3. Shahin, M.Y., 1994. "Pavement Management For Airport, Roads, and Parking Lots". Chapman & Hall, New York. ISBN 0-412-99201-9.
4. Witczek, M.W., 1978. "Framework for Evaluation and Performance of Airport Pavements". Special Report 175, Transportation Research Board, pp. 69-75.
5. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/pmprimer.pdf> (data obrashcheniya 10.11.2014).
6. Zimmerman, K., and Broten, M., 1999. "Development of Performance Models for Pavement Management System". Presented at 24th International Air Transportation Conference, ASCE.

7. Basri, NEA, 1999. "An Expert System for the Design of Composting Facilities in Developing Countries". PhD Dissertation, University of Leeds.
8. FHWA Pavement Management Catalog, 2002. 120 p.
9. Ihs A., Sjögren L. An overview of HDM-4 and the Swedish Pavement Management System (PMS), 2003. 31 p.
10. Norlela Ismail, Amiruddin Ismail, Riza Atiq. An Overview of Expert Systems in Pavement Management. European Journal of Scientific Research. ISSN 1450-216X Vol.30 No.1 (2009), pp. 99-111.
11. Pavement Management [Elektronnyy resurs]. URL: http://pavementmanagement.org/other_references/Road_Management_Commercial_Off-The-Shelf_Systems_Catalog_v2009.pdf (data obrashcheniya 12.11.2015).
12. Powell River [Elektronnyy resurs]. URL: <https://powellriver.civicweb.net/document/344/Pavement%20Management%20Program%20Report.pdf?handle=8B95F4DBC82A4FFBA4850AB34F108A0F> (data obrashcheniya 12.11.2015).
13. Rohan Perera, A.S. Pulipaka, and S.D. Kohn. Pavement Management Catalog. January 2008. 177 p.
14. ROMDAS [Elektronnyy resurs]. URL: <https://romdas.com/sites/default/files/documents/HIMSBrochure.pdf> (data obrashcheniya 12.11.2015).
15. Sikow C., Mannisto V.J., Tapio R.O. Strategic Tools in Finland. 3rd International Conference on Managing Pavements, 1994.
16. STANTEC [Elektronnyy resurs]. URL: <http://roadmatrix.stantec.com/Products/product.html> (data obrashcheniya 12.11.2015).
17. Wiltshire Concil [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.wiltshire.gov.uk/pothole-bid-app-c2-wdm-pavement-mgt-system.pdf> (data obrashcheniya 12.11.2015).
18. Haugadegird T., Johansen J.M., Bertelsen D., Gabestad K. Norwegian Public Roads Administration: A Complete Pavement Management System in Operation. 3rd International Conference on Managing Pavements, 1994. Pp. 25-33.
19. Hui Chen and Dr. Tim Martin dTIMS Asset Management Tool User Documentation. Contract report for WALGA, 2012, 79 p.
20. Deighton [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.deighton.com/index.html> (data obrashcheniya 12.11.2015).
21. Hagenlock E., Zimmer D., Hillesland S. Overview of the Mobility Pavement Management System (MPMS), Washington, 2012. 10 p.
22. Shahin M.Y. Pavement Management-MicroPAVER Update. 5th International Conference on Managing Pavements, 2001.
23. MicroPAVER Implementation and Pavement Condition Index (PCI) Survey Project. State of the Streets Report including MicroPAVER Technical Documentation. Chicago. 34 p.
24. Lang J.M. Pavement Management Systems in Sweden. 5th International Conference on Managing Pavements, 2001.

25. Solberg, J.: Rewards on Markov Chains, Course handout, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2002.
26. Mitsuru Jido, Ryo Ejiri, Toshimori Otazawa, Kiyoshi Kobayashi. Road pavement management accounting system application. Journal of Infrastructure Systems. Volume 14, SPECIAL ISSUE: Advances in Infrastructure Condition Assessment, Deterioration Modeling, and Optimal Rehabilitation - Part II, 2008.
27. Knowledge of our Asset. [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.surreycc.gov.uk/__data/assets/pdf_file/0009/168354/STAMP_Ch04.pdf (data obrashcheniya 12.11.2015).
28. Phillips S.J. Development of United Kingdom Pavement Management System. 3rd International Conference on Managing Pavements, 1994.
29. Road Matrix Brochure [Elektronnyy resurs]. URL: <http://roadmatrix.stantec.com/Announcements/V31.pdf> (data obrashcheniya 12.11.2015).
30. Jadoun F. Pavement Management City of Grande Prairie. Presentation [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CDkQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.cityofgp.com%2Fmodules%2Fsho_wdocument.aspx%3Fdocumentid%3D7295&ei=jWtsVLPyA-L4ywPL9oKYBg&usg=AFQjCNG7d3JWO296wZXieUTAF88-62PSMw&cad=rjt (data obrashcheniya 12.11.2015).
31. Archondo-Callao R. RNET User Guide. Washington D.C.: The World Bank, 2009.
32. Romanowska D.K. Calculating condition of pavement Structure, 2012.