

Батракова А.Г.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ИНДЕКСА ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ СЕТИ ДОРОГ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ ФИНАНСИРОВАНИИ

Разработана постановка и предложена укрупненная схема численной реализации задачи оптимизации индекса технико-эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог при ограничениях по финансовым ресурсам. Задачу оптимизации составляют соотношения, определяющие: минимальную (максимальную) протяженность участков дорог с различным технико-эксплуатационным состоянием после проведения ремонтных работ; объем финансовых ресурсов, необходимых для выполнения ремонтных работ; ограничения, накладываемые на целевую функцию.

Ключевые слова: сеть дорог, технико-эксплуатационное состояние, распределение ресурсов.

Постановка проблемы

Современное состояние транспортной инфраструктуры Украины характеризуется наличием сформировавшейся сети автомобильных дорог. Поэтому основные задачи дорожной отрасли состоят в поддержании нормативного транспортно-эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог общего пользования, находящихся в эксплуатации длительный срок. С другой стороны, рост стоимости ресурсов и ограниченность финансирования приводят к дефициту средств на содержание и ремонт автомобильных дорог, что вынуждает дорожные организации ограничивать объемы и виды проводимых ремонтных работ. Это приводит к ухудшению транспортно-эксплуатационного состояния сети, росту аварийности, увеличению себестоимости перевозок.

В этих условиях эффективность ремонтной стратегии определяется, в первую очередь, уровнем развития систем управления состоянием покрытия. Поэтому развитие и усовершенствование систем управления состоянием покрытия в части разработки и реализации новых стратегий распределения финансовых ресурсов на ремонт и содержание с целью обеспечения нормативного технико-эксплуатационного состояния сети дорог общего пользования является чрезвычайно *актуальной и практически значимой задачей*. Решение этой задачи должно осуществляться с учетом, как мирового опыта, так и условий эксплуатации автомобильных дорог в Украине.

Анализ последних исследований и публикаций

Системы управления состоянием покрытия включают подсистему оптимизации мероприятий по

ремонту и содержанию дорожных одежд, основу которой составляют модели назначения сроков и вида ремонтных работ. В работе [1] показано, что экономическая эффективность ремонтных работ определяется не только видом работ, но и сроком их проведения. В рамках такой модели, как и во всех моделях оптимизации на сетевом уровне, предполагается формирование целевой функции и сведение задачи к поиску ее экстремумов [2-11]. В работе [12] вопросы оптимизации рассмотрены в соответствии с принципами классической теории исследования операций. Концепция оптимизации распределения ресурсов на эксплуатацию сети автомобильных дорог как части дорожно-транспортной системы подразумевает минимизацию суммарных затрат общества на функционирование этой системы. В работах [13-14] развит подход, основанный на исследовании процесса формирования дорожной сети как системной модели на примере конкретной концессионной автомобильной дороги. В рамках такой модели, как и во всех моделях оптимизации на сетевом уровне, предполагается формирование целевой функции и сведение задачи к поиску ее экстремумов.

Изложение основного материала

Основные трудности, возникающие при решении задачи, заключаются не только в сложности исходных функциональных зависимостей, но и в наличии системы различных ограничений. Для оценки эффективности принятых решений применяют интегральные показатели транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, определяемые методами математического моделирования [15] либо полученные по результатам диагностики. Поэтому, в рамках постановки задачи оценки состояния

дорожних одежд, предлагается развитие интегрального показателя – индекса транспортно-эксплуатационного состояния (J) [12]. Данный показатель должен включать в себя как результаты визуальной оценки состояния дорожной одежды, определяющие в значительной степени потребительские свойства дороги, так и технико-эксплуатационные показатели, определяющие техническое состояние конструкции дорожной одежды.

С учетом привлечения средств подповерхностного зондирования для оценки состояния дорожной одежды индекс технико-эксплуатационного состояния представим в виде:

$$J = \Phi \left\{ \begin{array}{l} K_{np} = f(E_{об}^t, E_{троб}) \\ S = f\left(\sum_{i=1}^n h_i, E_{об}^t, E_{зр}, \Phi_{зр}\right); \\ K_{сц} = f(\Phi_{факт}, \Phi_n) \\ \text{-----} \\ E_{об}^t = f(h_i, E_i, E_{зр}, \Phi_{зр}, c_{зр}) \\ E_i = f(D_i); \\ E_{зр} = f(W_{зр}) \\ \Phi_{зр} = f(W_{зр}) \\ c_{зр} = f(W_{зр}) \end{array} \right\}. \quad (1)$$

Первые три строки модели представляют собой косвенные параметры отклика конструкции дорожной одежды на внешнее воздействие, оцениваемые по результатам инструментальной оценки ($K_{np}, S, K_{сц}$). Каждый из косвенных параметров, в свою очередь, является функцией прямых параметров модели ($E_{об}^t, E_i, E_{зр}, \Phi_{зр}, c_{зр}$), оцениваемых по результатам георадарного обследования (строки модели под чертой) и позволяющих установить факторы, определяющие состояние конструкции дорожной одежды в фиксированный момент времени.

Постановка задачи оптимизации индекса технико-эксплуатационного состояния сети дорог подразумевает обоснование основных показателей (объем финансирования, стоимость ремонтных мероприятий), на основе которых формируются наборы ограничений и целевых функций.

Определим набор общих показателей, к которым будем относить:

а) Π – множество временных интервалов продолжительностью один год каждый, в течение которых проводится оптимизация. Максимальный срок службы автомобильной дороги до

капитального ремонта либо реконструкции составляет T лет;

б) D_i – множество временных интервалов финансирования, где минимальный интервал, в течение которого выделяется финансирование – один год;

в) C – множество возможных состояний конструкции: 5 – отличное; 4 – хорошее, 3 – удовлетворительное; 2 – неудовлетворительное; 1 – крайне неудовлетворительное (конструкция разрушена);

г) C_1 – первое подмножество состояний (1 – крайне неудовлетворительное, 2 – неудовлетворительное, 3 – удовлетворительное);

д) C_2 – второе подмножество состояний (4 – хорошее, 5 – отличное);

е) $M_{n,l}$ – набор мероприятий. Первый индекс (n) означает состояние участка, к которому они применяются, второй (l) – группа мероприятий. Число возможных мероприятий примем равным пяти: $l=1$ – реконструкция; $l=2$ – капитальный ремонт; $l=3$ – текущий средний ремонт; $l=4$ – текущий мелкий ремонт; $l=5$ – мероприятия по эксплуатационному содержанию.

Параметры модели:

а) $Y_{l,m}$ – удельные затраты на 1 км одной полосы движения в грн. на проведение мероприятий l -ой группы (1-5) в течение m -го периода;

б) $K_{n,m}$ – протяженность (в км) участков (полос движения) в состоянии n в начале периода m . Очевидно, что конечное состояние в результате проведенных на данном этапе мероприятий будет начальным состоянием следующего этапа;

в) $P_{n,n-1}$ – скорость разрушения дорожных одежд, т.е. доля участков, переходящих в течение года из состояния n в состояние $n-1$. Для множества участков, на которых проводилось инструментальное обследование, эта величина известна точно (является детерминированной). Для остальных участков она может быть вычислена с вероятностью путем обобщения данных по обследованным участкам, либо с помощью моделей прогнозирования, привлекающих аппарат поглощающих марковских цепей с дискретным состоянием и временем;

г) $T_{n,m}$ – требуемое минимальное количество участков (километров полос движения) второго подмножества (C_2) в состоянии n на конец периода m .

В отношении участков первого подмножества

(находящихся в разрушенном, неудовлетворительном и удовлетворительном состояниях) $T_{1-3,m}$ регулирует максимально допустимую протяженность;

д) $X_{l,m}$ – общее количество средств, затраченных на проведение мероприятий l -го типа в течение периода m .

В рамках данной модели $X_{l,m}$ является так называемой решающей переменной, а $K_{n,m+1}$ – зависимой, то есть оптимизируется величина затраченных средств ($X_{l,m}$) при определенном наборе ограничений, затем на основании этих результатов вычисляются данные о состоянии участков сети на начало следующего периода или, что эквивалентно, на конец текущего периода.

При постановке задачи оптимизации распределения финансовых ресурсов на ремонт сети дорог, направленной на достижение максимального индекса состояния сети, будем исходить из обоснованных ранее наборов показателей и переменных. В таком случае задача состоит в решении набора связанных уравнений.

Определим, что эту задачу составляют:

а) набор соотношений, обеспечивающих максимально высокую долю участков (общую длину полос движения), находящихся в состояниях второго подмножества – C_2 (отличное либо хорошее) и минимизацию протяженности участков первого подмножества – C_1 крайне неудовлетворительное, неудовлетворительное, удовлетворительное) после проведения в m -й период оптимальных мероприятий (т.е. в начале следующего периода).

Математически это можно записать как:

$$\begin{cases} (v_4 \cdot K_{4,m+1} + v_5 \cdot K_{5,m+1}) \rightarrow \max \\ (v_2 \cdot K_{2,m+1} + v_3 \cdot K_{3,m+1}) \rightarrow \min \\ K_{1,m+1} \rightarrow 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где $v_2 - v_5$ – весовые коэффициенты, предназначенные для ранжирования значимости соответствующих состояний;

$K_{2,m+1}, K_{3,m+1}, K_{4,m+1}, K_{5,m+1}$ – протяженность (км) участков (полос движения) в состоянии l в начале периода $m + 1$;

б) соотношения для определения объема финансовых ресурсов, необходимых для выполнения ремонтных работ на участках, находящихся в состоянии l при условии (ограничении), что требуемый объем финансовых ресурсов не превысит объема выделенного на

соответствующий период бюджета:

$$\begin{cases} \sum_{l=1}^5 X_{l,m} \rightarrow \min \\ \sum_{l=1}^5 X_{l,m} \leq D_m \quad \forall m \in \Pi \end{cases}, \quad (2)$$

где $X_{1,m}, X_{2,m}, X_{3,m}, X_{4,m}, X_{5,m}$ – соответственно общее количество средств, затраченных на проведение мероприятий l -го типа (первый индекс) в течение периода m ;

в) соотношения, определяющие удовлетворение обязательных требований о минимально необходимой протяженности участков, находящихся в соответствующем состоянии:

$$\begin{cases} K_{1,m} = 0; \\ K_{2,m} = 0; \\ K_{3,m} \leq T_{3,m+1} \\ K_{4,m} \geq T_{4,m+1} \\ K_{5,m} \geq T_{5,m+1} \end{cases} \quad \forall m, (m+1) \in \Pi, \quad (3)$$

где $T_{3,m+1}, T_{4,m+1}, T_{5,m+1}$ – требуемое заказчиком минимальное количество участков (километров полос движения) второго подмножества (C_2) в состоянии l на конец периода (года) $m + 1$.

Очевидно, что этапы (а–в) должны выполняться согласованно в рамках одного общего алгоритма. Поэтому проведение оптимизации в рамках предлагаемого подхода укрупнено может быть представлено схемой (рис. 1). Схемы распределения ресурсов имеют два основных компонента: собственно оптимизационный алгоритм и модель прогнозирования состояния сети дорог. Для решения этих задач предпринимались попытки привлечь различные математические методы: марковские модели [16], крупномасштабные линейные алгоритмы [17], марковские переходные вероятности [18], целевое программирование [19], сетевая оптимизация [5], генетические алгоритмы [20]. Все эти подходы были подчинены одной главной цели – определению наиболее эффективной программы обслуживания дорог с учетом набора требований, предъявляемых к системе. Однако каждому из этих подходов присущи свои недостатки и ограничения, вытекающие либо из сложности базовой модели, либо из ее недостаточной надежности или слишком высоких требований к объему и качеству исходной информации.

Окончательно постановка задачи оптимизации ресурсов на обслуживание сети дорог при финансовых ограничениях может быть записана в следующей компактной форме:



Рис. 1. Схема оптимизации распределения ресурсов на проведение ремонтных работ

$$\begin{cases}
 J \rightarrow \text{Max}, \\
 \begin{cases}
 (0.65 \cdot K_{4,m+1} + 0.35 \cdot K_{5,m+1}) \rightarrow \text{max} \\
 (0.4 \cdot K_{2,m+1} + 0.6 \cdot K_{3,m+1}) \rightarrow \text{min} \\
 K_{1,m+1} \rightarrow 0
 \end{cases} \\
 \begin{cases}
 \sum_{n=1}^5 X_{n,m} \rightarrow \text{min} \\
 \sum_{n=1}^5 X_{n,m} \leq D_m \cdot \forall m \in \Pi
 \end{cases} \\
 \begin{cases}
 K_{1,m} = 0; \\
 K_{2,m} = 0; \\
 K_{3,m} \leq T_{3,m+1} \\
 K_{4,m} \geq T_{4,m+1} \\
 K_{5,m} \geq T_{5,m+1}
 \end{cases} \quad \forall m, (m+1) \in \Pi
 \end{cases} \cdot (4)$$

Укрупнено алгоритм численной реализации модели (4) включает в себя:

- а) сбор и обработка исходных данных;
- б) формирование элементов марковских матриц перехода;
- в) анализ финансовых ресурсов после выполнения обязательных ремонтных работ;
- г) получение начального приближения решения системы соотношений (4);
- д) определение затрат, необходимых для выполнения ремонтных работ на участках с разным индексом состояния, при условии (ограничении), что суммарные затраты по всей сети не превысят объема бюджета, выделенного на соответствующий период;
- е) проверка выполнения условий о минимально необходимой протяженности участков, находящихся в соответствующем состоянии;
- ж) варьирование весовых коэффициентов и вычисление затрат, необходимых для выполнения ремонтных работ на участках с разным индексом состояния, с одновременным определением итогового индекса состояния сети;
- з) выбор состояния сети с наибольшим итоговым индексом состояния.

Выводы

Разработана постановка и общая схема решения задачи оптимизации технико-эксплуатационного состояния дорожной сети по индексу технико-эксплуатационного состояния J при ограничениях по финансовым ресурсам. Обоснованы и определены общие показатели и основные параметры модели. Задачу оптимизации транспортно-эксплуатационного состояния составляют соотношения, определяющие:

- а) максимальную (для отличного и хорошего состояний), либо минимальную (для удовлетворительного, неудовлетворительного и крайне неудовлетворительного состояний) протяженность участков дорог после проведения ремонтных работ;
- б) объем финансовых ресурсов, необходимых для выполнения ремонтных работ на участках, находящихся в различных состояниях;
- в) ограничения, накладываемые на целевую функцию.

Литература

1. Hicks R.G. *Selecting a preventive maintenance treatment for flexible pavements* / R.G. Hicks, S.B. Seeds, D.G. Peshkin. – Washington : Foundation for Pavement Preservation, 2000. – 43 p.
2. Васильев А.П. *Принципы прогнозирования транспортно-эксплуатационного состояния дорог* / А.П. Васильев, Ю.М. Яковлев, М.С. Коганзон // *Автомобильные дороги*. – 1993. – № 1. – С. 8–10.
3. Демешкан В.Ф. *Системный подход к определению ресурсов на ремонт и содержание автомобильных дорог* /

- В.Ф. Демишкан, Е.Д. Прусенко, В.В. Филиппов // *Актуальные проблемы дорожно-транспортного комплекса России : Всероссийская научно-техническая конференция : материалы конференции.* – Краснодар : Изд-во ТУ Куб ГТУ, 1999. – С. 37–38.
4. Демишкан В.Ф. Оценка экономической эффективности оптимального распределения финансовых ресурсов на эксплуатацию сети автомобильных дорог / В.Ф. Демишкан, Е.Д. Прусенко // *Проблеми теорії і практики становлення соціально орієнтованої ринкової економіки: міжнародна наукова конференція ХГАДТУ : матеріали конференції* – Харків : Изд-во ХГАДТУ, 1999. – С. 73–74.
5. Liu F. Pavement Performance-Oriented Network Optimization System / F. Liu, K. Wang // *Transportation Research Record.* – 1996. – № 1524(1). – P. 86–93.
6. Akyildiz S. Development of new network-level optimization model for salem district pavement maintenance programming : Master of science in civil engineering thesis / S. Akyildiz. – Blacksburg, Virginia, 2008. – 133 p.
7. de la Garza, J.M. Simulation of Highway Renewal Asset Management Strategies / J.M. de la Garza, D.A. Krueger // *ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering : Proceedings.* – ASCE, Pittsburg, Pennsylvania, July, 24-27, 2007. – P. 527–541.
8. Васильев А.П. Некоторые проблемы управления состоянием автомобильных дорог / А.П. Васильев // *Автомобильные дороги.* – 1993. – № 3. – С. 1–4.
9. Винський Г.Є. Основні напрямки розвитку системи управління дорожнім господарством України / Г.Є. Винський, О.П. Канін, М.М. Лихоступ // *Автотранспортний комплекс України в сучасних умовах: проблеми і шляхи розвитку: Збірник наукових праць.* – 1998. – С. 40–43.
10. Лихоступ Н.Н. Оперативное управление в дорожно-строительных организациях / Н.Н. Лихоступ, А.Я. Чернявский, Р.Е. Флейтух. – К. : Будівельник, 1988. – 128 с.
11. Лозниця В.В. Складові частини інформаційно-аналітичної системи управління дорожнім господарством України / В.В. Лозниця, М.Я. Гезель, М.М. Лихоступ, О.П. Канін // *Автошляховик України.* – 1999. – № 2. – С. 33–34.
12. Демишкан В. Ф. Совершенствование управления состоянием автомобильных дорог в условиях ограниченных ресурсов : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.11 / Демишкан Владимир Федорович. – Харьков, 2000. – 171 с.
13. Левковець П.Р. Основні напрямки забезпечення системної ефективності будівництва доріг / П.Р. Левковець, Л.П. Бортницька // *Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: Зб. наук. пр.* – К. : УТУ, ТАУ. – 2000. – Вип. 10. – С. 217–225.
14. Бортницька Л.П. Формування системної моделі виробничих процесів життєвого циклу дороги / Л.П. Бортницька // *Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: Науковий журнал.* – К. : НТУ, ТАУ. – 2003. – Вип. 16. – С. 279–282.
15. Строительство и реконструкция автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. I / [А.П. Васильев, Б.С. Марышев, В.В. Силкин и др.] ; под ред. А.П. Васильева. – М. : Информавтор, 2005. – 654 с.
16. Abaza K. Optimum Decision Policy for Management of Pavement Maintenance and Rehabilitation / K. Abaza, S. Ashur // *Transportation Research Record.* – 1999. – № 1655(1). – P. 8–15.
17. Mbwana, J. Optimization Modeling for Enhanced Network-Level Pavement Management System / J. Mbwana, M. Turnquist // *Transportation Research Record.* – 1996. – № 1524(1). – P. 76–85.
18. Chen X. Development of New Network Optimization Model for Oklahoma Department of Transportation / X. Chen, S. Hudson, M. Pajoh, W. Dickinson // *Transportation Research Record.* – 1996. – № 1524(1). – P. 103–108.
19. Ravirala V. Goal-Oriented Optimization Procedure for Long-Term Highway Investment Planning / V. Ravirala, D. Grivas, S. Arminio, R. Garrabrant // *Transportation Research Record.* – 1997. – № 1592(1). – P. 17–25.
20. Tack J. Multiyear Pavement Repair Scheduling Optimization by Preconstrained Genetic Algorithm / J. Tack, J. Chou // *Transportation Research Record.* – 2002. – № 1816(1). – P. 3–8.

References

- Hicks R.G. Selecting a preventive maintenance treatment for flexible pavements / R.G. Hicks, S.B. Seeds, D.G. Peshkin. – Washington : Foundation for Pavement Preservation, 2000. – 43 p.
- Vasilev A.P. Printcypy prognosirovanija transportno-ekspluatacionnogo sostojanija dorog / A.P. Vasilev, Yu.M. Iakovlev, M.S. Koganzon // *Avtomobilnye dorogi.* – 1993. – № 1. – S. 8–10.
- Demishkan V.F. Sistemnyj podkhod k opredeleniyu resursov na remont i sodержanie avtomobilnykh dorog / V.F. Demishkan, E.D. Prusenko, V.V. Filippov // *Aktualnye problemy dorozhno-transportnogo kompleksa Rossii : Vserossijskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija : materialy konferencii.* – Krasnodar : Izd-vo TU Kub GTU, 1999. – S. 37–38.
- Demishkan V.F. Otcenka ekonomicheskoy effektivnosti optimalnogo raspredelenija finansovykh resursov na ekspluatatciyu seti avtomobilnykh dorog / V.F. Demishkan, E.D. Prusenko // *Problemy teorij i praktiki stanovleniya sotsialno oriientovanoj rynkovoј ekonomiky : mizhnarodna naukova konferentsija KhGADTU : materialy konferentsij* – Kharkiv : Izd-vo KhGADTU, 1999. – S. 73–74.
- Liu F. Pavement Performance-Oriented Network Optimization System / F. Liu, K. Wang // *Transportation Research Record.* – 1996. – № 1524(1). – P. 86–93.
- Akyildiz S. Development of new network-level optimization model for salem district pavement maintenance programming : Master of science in civil engineering thesis / S. Akyildiz. – Blacksburg, Virginia, 2008. – 133 p.
- de la Garza, J.M. Simulation of Highway Renewal Asset Management Strategies / J.M. de la Garza, D.A. Krueger // *ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering : Proceedings.* – ASCE, Pittsburg, Pennsylvania, July, 24-27, 2007. – P. 527–541.
- Vasilev A.P. Nekotorye problemy upravlenija sostojaniem avtomobilnykh dorog / A.P. Vasilev // *Avtomobilnye dorogi.* – 1993. – № 3. – S. 1–4.
- Vynskyy G.Ye. Osnovni naprjamky rozvytku systemy

- upravlinnya dorozhnim gospodarstvom / G.Ye. Vynskij, O.P. Kanin, M.M. Lychostup // *Avtodorozhnii kompleks Ukrainy v suchasnykh umovakh: problemy i shlyakhi rozvytku: Zbirnyk naukovykh prats.* – 1998. – S. 40–43.
10. Lychostup N.N. *Operativnoe upravlenie v dorozhno-stroitelnykh organizacijakh* / N.N. Lychostup, A.Ya. Chernyavskij, R.E. Fleitukh. – K. : Budivelnik, 1988. – 128 s.
11. Loznycja V.V. *Skladovi chastyny informacijno-analitychnoi systemy upravlinnja dorozhnim gospodarstvom Ukrainy* / V.V. Loznycja, M.Ja. Gezel, M.M. Lychostup, O.P.P. Kanin // *Avtoshljakhovyk Ukrainy.* – 1999. – № 2. – S. 33–34.
12. Demishkan V.F. *Sovershenstvovanie upravlenija sostojaniem avtomobilnykh dorog v uslovijakh ogranichenykh resursov : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.11 / Demishkan Vladimir Fedorovich.* – Kharkov, 2000. – 171 s.
13. Levkovetc P.R. *Osnovni naprjamky zabezpechennja systemnoi efektyvnosti budivnytstva dorog* / P.R. Levkovetc, L.P. Bortnytska // *Systemni metody keruvannja, tekhnologija ta organizatsija vyrobnytstva, remontu i ekspluatatsii avtomobiliv: Zb. nauk. pr.* – K. : UTU, TAU. – 2000. – Vyp. 10. – S. 217–225.
14. Bortnytska K.P. *Formuvannja sistemnoi modeli vyrobnychykh procesiv zhyttievogo tsiklu dorogy* / L.P. Bortnytska // *Systemni metody keruvannja, tekhnologija ta organizatsija vyrobnytstva, remontu i ekspluatatsii avtomobiliv: Naukovyi zhurnal.* – K. : NTU, TAU. – 2003. – Vyp. 16. – S. 279–282.
15. *Stroitelstvo i rekonstrukcija avtomobilnykh dorog: Spravochnaja enciklopedija dorozhnika (SED). T. I /*

- [A.P. Vasilev, B.S. Maryshev, V. V. Silkin i dr.] ; pod red. A.P. Vasileva. – M. : Informavtodor, 2005. – 654 s.
16. Abaza K. *Optimum Decision Policy for Management of Pavement Maintenance and Rehabilitation* / K. Abaza, S. Ashur // *Transportation Research Record.* – 1999. – № 1655(1). – P. 8–15.
17. Mbwana, J. *Optimization Modeling for Enhanced Network-Level Pavement Management System* / J. Mbwana, M. Turnquist // *Transportation Research Record.* – 1996. – № 1524(1). – P. 76–85.
18. Chen X. *Development of New Network Optimization Model for Oklahoma Department of Transportation* / X. Chen, S. Hudson, M. Pajoh, W. Dickinson // *Transportation Research Record.* – 1996. – № 1524(1). – P. 103–108.
19. Ravirala V. *Goal-Oriented Optimization Procedure for Long-Term Highway Investment Planning* / V. Ravirala, D. Grivas, S. Arminio, R. Garrabrant // *Transportation Research Record.* – 1997. – № 1592(1). – P. 17–25.
20. Tack J. *Multiyear Pavement Repair Scheduling Optimization by Preconstrained Genetic Algorithm* / J. Tack, J. Chou // *Transportation Research Record.* – 2002. – № 1816(1). – P. 3–8.

Автор: БАТРАКОВА Анжелика Геннадьевна
Харьковский автомобильно-дорожный университет,
Харьков, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры изысканий и проектирования
дорог и аэродромов.
E-mail: rp@khadi.kharkov.ua

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМІЗАЦІЇ ІНДЕКСУ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО СТАНУ МЕРЕЖІ ДОРІГ ПРИ ОБМЕЖЕНОМУ ФІНАНСУВАННІ

А.Г. Батракова

Розроблено постановку та запропоновано укрупнену схему чисельної реалізації задачі оптимізації індексу техніко-експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг при обмеженнях щодо фінансових ресурсів. Задачу оптимізації становлять співвідношення, які визначають: мінімальну (максимальну) довжину ділянок доріг з різним техніко-експлуатаційним станом після проведення ремонтних робіт; обсяг фінансових ресурсів, що необхідні для виконання ремонтних робіт; обмеження на цільову функцію.

Ключові слова: мережа доріг, техніко-експлуатаційний стан, розподіл ресурсів.

STATEMENT OF OPTIMIZATION PROBLEM OF THE ROAD NETWORK TECHNICAL-EXPLOITATION CONDITION INDEX UNDER THE FINANCE CONSTRAINTS

A.G. Batrakova

A formulation of the problem of optimization of the index of technical and service condition of the road network under the constraints of financial resources is developed. Technical-service state index is based on the results of the visual assessment of pavement that define consumer properties of the road, and on the technical and operational parameters that determine the technical condition of the pavement structure. The problem of optimization establish a ratio which defines: the minimum (maximum) length of road sections with different technical and service condition after repairs; the amount of financial resources that is needed to carry out repairs; limitations on the objective function. The algorithm of numerical realization of the problem include: collection and processing of the initial data on the state of road sections; the formation of the elements of Markov's transition matrices; the cost of repair work in areas with a different index of state determination, provided that the total cost of the entire network will not exceed the amount of the budget allocated for the relevant period; verification compliance with the conditions of the minimum required length of the road sections in the corresponding state; varying weighting factors and calculating the cost of repair areas with different indices of technical and operational condition; calculation of the state index of the road network; determination the status of the network with the highest index of the final technical and service condition.

Keywords: the network of roads, technical-exploitation condition, the distribution of resources.