

УДК 625.07:656.13:658

Лановий О.Т., к.т.н., Мاستикаш Д.О., аспірант

НТУ, м. Київ

УДОСКОНАЛЕННЯ УМОВ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ АВТОМОБІЛЬНИМИ МІЖНАРОДНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ КОРИДОРАМИ

Запропонована методика оцінки ефективності функціонування системи „Автомобільні міжнародні транспортні коридори - Національні та міжнародні транспортні потоки” з визначенням відповідного рівня фінансування. Розроблена методика удосконалення умов руху транспортних потоків автомобільними міжнародними транспортними коридорами.

Проблема, що розглядається

Вступ України до міжнародних транспортних організацій та структур, ратифікація ряду міжнародних угод, конвенцій та інших документів з питань транспортних систем і перевезень дають підстави сподіватися на подальшу інтеграцію транспортно-дорожнього комплексу України у міжнародну транспортну систему та на збільшення потоків економічних перевезень і суспільного користування мережею автомобільних доріг країни.

Цей процес вимагає відповідних законодавчих та інших нормативно-правових актів, вивчення й аналізу діючих міжнародних актів, їх адаптації до умов України та поступове приведення національного нормативно-правового і технічного поля до рівня європейських вимог.

Запропоновано вирішувати цю проблему через системний підхід до досягнення ефективності функціонування міжнародних транспортних коридорів у мережі доріг загального користування України із застосуванням упровадження інтелектуальних транспортних систем.

Мета роботи

Метою роботи є розробка теоретичних принципів створення базової інтелектуальної транспортної системи „Автомобільні міжнародні транспортні коридори”, уніфікованої до вимог Європейського Союзу з урахуванням сучасних аспектів розвитку економіки України і особливостей природних і соціальних умов її регіонів.

Враховуючи, що автомобільні міжнародні транспортні коридори (АМТК) країни мають відповідати одночасному руху національних і міжнародних транспортних потоків (НМТП), слід відзначити, що саме показник ефективності функціонування системи „Автомобільні міжнародні транспортні коридори - Національні та міжнародні транспортні потоки” (АМТК - НМТП) виражає соціально-економічну ефективність роботи автомобільної дороги, а також основні показники системи — надійність, стійкість та перешкодозахищеність її функціонування, відповідає висунутій меті.

Основний матеріал дослідження

При оптимізації управління складною системою АМТК - НМТП можна прагнути щодо досягнення різних цілей (критеріїв оптимальності) і, у залежності від цих цілей, розглядати різні задачі оптимального управління. На автомобільному транспорті, включаючи в це поняття систему шляхів сполучення (автомобільні дороги), найбільш важливими є такі задачі [2]:

- забезпечення найменшого часу сполучення при обмежених і заздалегідь заданих дорожніх витратах;
- забезпечення заданого (розрахункового) часу сполучення при можливо найменших дорожніх витратах;

- забезпечення найменших транспортних витрат при обмеженому (заданому) рівні дорожніх витрат;
- забезпечення найменших дорожніх витрат при обмеженому (заданому) рівні транспортних витрат;
- забезпечення максимально можливого рівня безпеки руху при обмеженому (заданому) рівні дорожньо-експлуатаційних витрат;
- забезпечення заданого (необхідного) рівня безпеки руху при найменш можливих дорожньо-експлуатаційних витратах;
- досягнення мінімуму дорожньо-експлуатаційних витрат за умови забезпечення заданого обсягу перевезень (руху), заданої швидкості та необхідної безпеки руху;
- забезпечення максимальної пропускної здатності дороги при обмеженому (заданому) рівні дорожньо-експлуатаційних витрат.

За своїми параметрами АМТК - НМТП відноситься до складних систем, основними характеристиками функціонування яких є: показник ефективності, стійкість, перешкодозахищеність, надійність.

За показник ефективності системи АМТК - НМТП прийнятий максимум швидкості та об'єму руху на достатньому рівні безпеки дорожнього руху. Найкращим чином цьому критерію відповідає показник продуктивності функціонування автомобільної дороги [3]. Продуктивність визначається як добуток швидкості руху (V) на його об'єм (N):

$$P = V \times N. \quad (1)$$

Необхідність застосування цього показника підтверджується ще й тим, що в ньому є швидкість руху, високі значення якої є бажаними для національних (місцевих) транспортних потоків (ТП).

Даний показник є показником фізичної відповідності АМТК вимогам одночасного руху національних і міжнародних ТП. Економічною оцінкою відповідності вимог слід вважати максимум соціально-економічної ефективності функціонування АМТК в єдиній транспортній системі держави.

Основні параметри, що входять в показник продуктивності дороги — це швидкість та об'єм руху з функціями щільності руху. Таким чином, щільність руху є інтегральним параметром функціонування автомобільної дороги, а її величина суттєвим чином залежить від об'єму та складу ТП. Зниження швидкості руху з ростом його об'єму свідчить про те, що у залежності продуктивності від щільності руху спостерігається максимальна величина продуктивності дороги.

Оптимізація функціонування системи АМТК - НМТП полягає у максимізації продуктивності функціонування АМТК при дотриманні заданого рівня швидкості, зручності та економічності руху національних та міжнародних ТП.

Для визначення відповідності зручності одночасного руху національних та міжнародних ТП міжнародними транспортними коридорами потрібно проаналізувати залежність продуктивності дороги від щільності руху, при цьому оптимальна щільність буде відповідати максимуму продуктивності, а значення об'єму руху, що при цьому присутнє, буде тим заданим рівнем, який є граничним. Інтенсивність руху, враховуючи основне рівняння руху, може бути виражене залежністю [4, 5]:

$$N = V \times q, \quad (2)$$

де q — щільність руху.

Таким чином, залежність продуктивності функціонування дороги, яка відповідає вимогам руху, перетворюється до вигляду:

$$\Pi = V^2 \times q. \quad (3)$$

Залежність швидкості руху потоку від його щільності в загальному вигляді має вид:

$$V = C \times \ln\left(\frac{q_{\max}}{q}\right), \quad (4)$$

де C - деяка позитивна постійна;

q_{\max} - максимально можлива щільність руху.

Або

$$V = V_0 \times \left(1 - \frac{q}{q_{\max}}\right), \quad (5)$$

де V_0 - швидкість вільного руху.

Тоді продуктивність функціонування дороги, яка відповідає вимогам руху, матиме такий вигляд.

$$\Pi = V_0^2 \times q \times \left(1 - \frac{q}{q_{\max}}\right). \quad (6)$$

Взявши першу похідну продуктивності функціонування дороги, яка відповідає вимогам потоку щодо щільності руху, отримаємо її оптимальне значення (при цьому воно є максимальним):

$$\frac{d\Pi}{dq} = V_0^2 \times \left(1 - \frac{2q}{q_{\max}}\right). \quad (7)$$

Можлива постановка також інших задач оптимального управління системою АМТК - НМТП. Кожна з перерахованих задач заслуговує на увагу, але найбільш важливою є задача максимізації соціально-економічної ефективності функціонування системи за умов забезпечення заданого обсягу перевезень, заданої швидкості руху та відповідного рівня безпеки руху. Математична модель цієї задачі, тобто математична модель оптимізації управління системою АМТК - НМТП на окремій дорозі, може бути представлена наступним чином:

$$CEE \rightarrow \max; \quad (8)$$

$$A_v \geq N; \quad V \geq \bar{V}; \quad P_0 \geq \bar{P}_0,$$

де CEE - соціально-економічна ефективність функціонування системи;

A_v - пропускна здатність дороги при швидкості руху ТП V ;

N - інтенсивність руху;

V - середня швидкість руху ТП;

\bar{V} - заданий рівень швидкості руху ТП;

P_0 - рівень безпеки руху;

\bar{P}_0 - заданий мінімальний рівень безпеки руху.

При оптимізації системи на мережі АМТК математична модель виглядає так:

$$\sum_i \sum_j CEE = \max; \quad (9)$$

$$CEE_{ij} = \max; \quad A_{vij} = N_{ij}; \quad V_{ij} \geq \bar{V}_{ij}; \quad P_{0ij} \geq \bar{P}_{0ij};$$

$$l_{ij} > 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, m);$$

де l_{ij} - довжина маршруту.

Здійснення руху транспортних засобів (ТЗ) за умов досягнення максимально можливої соціально-економічної ефективності функціонування системи відповідає скороченню витрат засобів виробництва на транспорті, а критерій для регулювання й оптимізації системи АМТК - НМТП - загальному критерієві оптимальності.

Варто підкреслити, що рішення основної задачі не виключає, а навпаки, припускає дослідження й інших перерахованих вище задач, що відповідно до головного є частками.

Одним із завдань дослідження є розробка методики удосконалення умов руху транспортних потоків автомобільними міжнародними транспортними коридорами.

Доцільність обрання найкращого варіанту може бути визначена наступною послідовністю:

1) обґрунтування часу проведення обстеження. Подаються дані щодо характерних флуктуацій інтенсивності руху по годинах доби, днях тижня, місяцях;

2) створення матриць кореспонденцій транспортних потоків. У подальшому ці матриці можуть служити для деяких макроекономічних прогнозів щодо формування транспортних потоків на мережі автомобільних доріг загального користування;

3) районування території, що прилягає до АМТК, на характерні транспортні райони;

4) визначення середньозваженої швидкості та часу сполучення, об'ємів руху між різними регіонами країни та районами, що безпосередньо прилягають до АМТК із використанням останнього;

5) визначення середньозваженої швидкості та часу сполучення, об'ємів руху між різними регіонами країни та районами, що безпосередньо прилягають до АМТК без використання останнього;

6) визначення величини зони районів, що безпосередньо прилягають до АМТК, на яку останній справляє значний вплив, залучаючи до себе національні транспортні потоки;

7) пошук та вирішення „ідеального” розподілу транспортних потоків. У подальшому вказує на виникнення „вузьких” місць на мережі автомобільних доріг загального користування;

8) визначення „вузьких” місць на АМТК та у зонах районів, що безпосередньо прилягають до нього, з урахуванням існуючих інженерно-планувальних рішень і схем організації дорожнього руху, для цього робиться співставлення „ідеального” і реального розподілу транспортних потоків; у випадку їх збігу - перехід до п.11 цієї методики, інакше - до п. 9;

9) визначення існуючого стану системи АМТК - НМТП, у тому числі:

– виявлення та аналіз ділянок АМТК та доріг у зонах, що безпосередньо прилягають до нього, рух ТЗ на яких відбувається з малою швидкістю;

– виявлення та аналіз ділянок АМТК та доріг у зонах, що безпосередньо прилягають до нього, з низьким рівнем безпеки руху;

– виявлення та аналіз ділянок АМТК та доріг у зонах, що безпосередньо прилягають до нього, з низькою стійкістю функціонування системи АМТК - НМТП;

– виявлення та аналіз ділянок АМТК та доріг у зонах, що безпосередньо прилягають до нього, з малою екологічною безпекою;

10) якщо система знаходиться в області оптимального функціонування - перехід до п. 15 цієї методики, інакше до п. 11;

11) визначення прогнозних значень об'ємів і швидкості руху по етапах упровадження проекту організації руху на АМТК та дорогах у зонах районів, що безпосередньо прилягають до нього;

12) визначення значень імовірності нестійкого стану роботи системи АМТК - НМТП;

13) якщо значення імовірності нестійкого стану роботи системи АМТК - НМТП більше за 0,5, то перехід до п. 14 цієї методики, інакше - до п. 15;

14) упровадження нових інженерно-планувальних рішень щодо поліпшення умов руху

АМТК;

15) упровадження нових організаційних та технічних заходів з поліпшення умов руху АМТК, а також на дорогах у зонах районів, що безпосередньо прилягають до нього, з урахуванням варіантного проектування:

- розподіл транспортних потоків і система інформаційного забезпечення водіїв транспортних засобів щодо раціональних напрямків руху;
- визначення, при необхідності, мережі доріг з однібічним рухом;
- раціональні схеми організації руху міжнародних і національних транспортних потоків;
- введення зональних обмежень на рух транспортних потоків, обмеження доступу, швидкості руху, стоянок і зупинок;
- організація руху в основних транспортних вузлах доріг у зонах районів, що безпосередньо прилягають до автомобільного МТК;

16) розрахунки очікуваних ефектів по етапах впровадження заходів з удосконалення функціонування системи АМТК - НМТП;

17) оцінка ефективності функціонування системи АМТК - НМТП:

- абсолютні та середньозважені витрати часу на рух транспортних потоків АМТК та у зонах районів, що безпосередньо прилягають до нього;
- пробіг транспортних потоків автомобільним МТК та у зонах районів, що безпосередньо прилягають до нього;
- показники надійності та перешкодозахищеності функціонування системи АМТК - НМТП;

– показник ефективності функціонування системи ДМТК - НМТП;

– показник екологічної безпеки функціонування системи АМТК - НМТП;

18) співставлення соціально-економічної ефективності різних варіантів;

19) якщо виявлені ділянки АМТК з нестійким станом функціонування, то необхідно повернутися до п. 12 цієї методики, інакше – закінчити вибір варіантів рішення.

Основні результати дослідження

Запропонована методика дозволяє визначити порядок удосконалення умов руху національних і міжнародних транспортних потоків автомобільними міжнародними транспортними коридорами, оцінити ефективність функціонування системи АМТК - НМТП та визначити адекватний рівень фінансування АМТК.

Наступними дослідженнями має бути визначена соціально-економічна ефективність впровадження інтелектуальної транспортної системи „Автомобільні міжнародні транспортні коридори”.

Список літератури

1. Мاستикаш Д.О. Створення інтелектуальної транспортної системи „Міжнародні транспортні коридори України” на мережі доріг загального користування // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2006. – Вип. 11. — С. 335 - 337.
2. Полищук В.П. Проектирование автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах: Учебное пособие. — К.: КАДИ, 1990. — 104 с.
3. Богаченко В.Н. Усовершенствование методов организации дорожного движения на развязках автомобильных дорог: Дис.... канд. техн. наук. — Киев, 1988. — 243 с.
4. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. — М.: Транспорт, 1972. - 424 с.
5. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков: Пер. с англ. — М.: Мир, 1966. - 286 с.

Стаття надійшла до редакції 20.04.06
© Лановий О.Т., Мاستикаш Д.О., 2006