

НОВІТНЯ ОЦІНКА УМОВ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ АВТОМОБІЛЬНИМИ ДОРОГАМИ «ТРИАДА ДОРОЖНЬОГО РУХУ»

Лановий О.Т., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, al.lanovoy@gmail.com, orcid.org/ 0000-0002-0717-9870

Кисельов В.Б., доктор технічних наук, Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, Київ, Україна, kvbglush1953@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3437-2825

Виговська І.А., Національний транспортний університет, Київ, Україна, i.vyhovska2609@gmail.com, orcid.org /0000-0003-1426-986

LATEST ASSESSMENT OF TRAFFIC CONDITIONS ON ROADS «TRIAD OF TRAFFIC»

Lanovoy O.T., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kiev, Ukraine, al.lanovoy@gmail.com, orcid.org/ 0000-0002-0717-9870

Kyselov V.B., Doctor of Technical Sciences, V.I. Vernadsky Taurida National University, Kiev, Ukraine, kvbglush1953@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3437-2825

Vyhovska I.A., National Transport University, Kiev, Ukraine, i.vyhovska2609@gmail.com, orcid.org /0000-0003-1426-9863

НОВЕЙШАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ДОРОГАМИ «ТРИАДА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ»

Лановой А.Т., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, al.lanovoy@gmail.com, orcid.org/ 0000-0002-0717-9870

Киселев В.Б., доктор технических наук, Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, Киев, Украина, kvbglush1953@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3437-2825

Выговская И.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, i.vyhovska2609@gmail.com, orcid.org /0000-0003-1426-9863

ВСТУП

На відміну від попередніх досліджень, що базувалися на вивченні витратних механізмів оцінки дорожніх умов і транспортних потоків, що рухаються автомобільними дорогами, а також знань, отриманих щодо забезпечення умов безперервного, безпечного та зручного руху, що ґрунтувалися на визначенні вигод від роботи автомобільних доріг на макро- та мікрорівні їх функціонування [1], у цьому дослідженні умови руху оцінюються через визначення попиту водіїв транспортних засобів на рух автомобільними дорогами, дорожні умови яких мають забезпечувати цей попит. Тобто, попит водіїв на рух автомобільними дорогами повинен бути задоволений відповідними транспортно-експлуатаційними характеристиками автомобільних доріг, що забезпечують потрібні умови руху транспортних потоків.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Відомо [2], що «Дорожня обстановка – це сукупність факторів, що характеризуються дорожніми умовами, наявністю перешкод на певній ділянці дороги, інтенсивністю і рівнем організації дорожнього руху (наявність та стан дорожньої розмітки, дорожніх знаків, дорожнього обладнання, світлофорів), які повинен урахувувати водій під час вибору швидкості, смуги руху та прийомів керування транспортним засобом».

Водіїв транспортних засобів слід вважати суб'єктами дорожнього руху. Таким чином, під їхнім керуванням формується транспортна маса (M) (об'єм руху, об'єм транспортного потоку) – це кількість досліджуваних транспортних одиниць. Цей вимірник може бути скаляром або вектором. Скалярна транспортна маса складається з одиниць, що знаходяться в спокої чи у русі, для яких нічого невідомо про напрямок наміченого переміщення чи переміщення, що вже відбувається, та які математично характеризуються лише визначеною величиною. Векторна транспортна маса має

просторово-часову інформацію про джерело та стік (пункти призначень), а у більшості випадків – і про визначений момент часу перевезення. Це така транспортна маса, перевезення якої або вже здійснюється, або є відповідне на те розпорядження. Векторне поняття транспортної маси не містить у собі ще нічого про дійсно пройдений шлях та необхідного для цього часу, і тому є статичною величиною.

Щоб автомобільна дорога змогла б виконати своє призначення – а саме забезпечити умови безперервного, безпечного та зручного руху [1, 3], маємо застосувати надалі поняття «Транспортний шлях» (L) – це не тільки відстань між початковим пунктом чи пунктом зародження перевезення, тобто джерелом і своїм кінцевим пунктом чи пунктом призначення, але одночасно є також і своїм напрямком. Таким чином, з позицій математики транспортний шлях є вектором. Шлях від пункту A до пункту B не ідентичний шляху від B до A . Одиницями виміру транспортного шляху є метр, кілометр, миля, морська миля чи будь-яка інша міра довжини.

Окремим оціночним параметром, який характеризує вибір водія для подальшого користування мережею автомобільних доріг, слід вважати «Транспортний час» (T) – це проміжок часу, необхідний для процесу перевезень, він дорівнює часу перебування транспортного засобу в дорозі.

Останнє дійсно може бути найголовнішим показником щодо перебування водія та його автомобіля в стані дорожнього руху. Окрім того, завдяки цьому показнику, є можливість порівнювати та приймати рішення щодо вибору маршруту, а також оцінювати опосередковано умови руху, у тому числі, дорожні умови.

Транспортна робота ML визначається як скалярний добуток вектора транспортної маси M та вектора шляху L [4-6]. Таким чином, ML є скаляром і може підсумовуватися. Ця величина не віднесена до визначеного проміжку часу. При визначенні ML перший зі співмножників може бути узятий у дійсних чи в тарифних одиницях маси, а другий – як дійсно пройдений шлях чи як тарифна відстань. Це дає чотири можливості інтерпретації добутку ML [7].

Необхідно відразу застерегти від змішання понять транспортної роботи, що представляє собою в основному статистичну величину, і механічної роботи, що робить автомобіль завдяки силі тяги, що розвивається ним, на визначеному шляху. Механічна робота визначається при розрахунках часу руху й може бути завжди виражена витратою енергії, наприклад, у літрах витраченого пального. Математично механічна робота є скалярним добутком вектору сили, що діє в напрямку руху, та вектору шляху. Інакшим є випадок транспортної роботи, один компонент якої, хоча і є вектором у напрямку шляху, але, ні в якому разі, не виражає силу, необхідну для його подолання.

З погляду статистики байдуже, проходить автомобіль вагою в 10 т на відрізьку 100 км на підйом чи під ухил, тому що транспортна робота в обох випадках дорівнює 1000 т-км. Звичайно, із погляду механіки існує велике розходження між цими двома випадками, тому що при русі на підйом автомобіль має виконувати роботу, а при русі під похил може існувати надлишок енергії, що має бути погашений гальмуванням. Тому звичайний зв'язок між витратою енергії та транспортною роботою має тільки статистичний, а не фізичний зміст.

Обидві одиниці виміру, тобто тонно-кілометр і пасажиро-кілометр, відомі кожному фахівцю з транспорту. Одиниці т-км та інші повинні записуватися, у всякому разі, як добуток, а не як дріб т/км, тобто не як відношення двох основних вимірників, що часто присутне навіть у службовому вживанні.

Транспортна робота (ML) може також називатися перевізною роботою, транспортною чи перевізною продукцією.

Транспортна продуктивність (ML / T) визначається добутком транспортної маси M і транспортного шляху L , віднесеним до транспортного часу T . Вона може бути також підрахована як транспортна робота ML , віднесена до часу T , або як добуток транспортної маси M та швидкості L / T , або ж як інтенсивність транспортного потоку M / T помножена на шлях L . Уже ці три визначення транспортної продуктивності вказують на можливість застосування цього поняття. Іноді транспортна продуктивність виражається в невірних одиницях виміру, а саме в одиницях транспортної роботи, тобто при цьому відсутнім є зв'язок із часом.

У разі потреби робиться розходження між транспортною продуктивністю у вантажних перевезеннях (наприклад, бруто ткм/рік чи нетто ткм/рік), продуктивністю перевезень у пасажирському сполученні (пасажиро-км/рік) і транспортною (чи краще експлуатаційною) продуктивністю (авт-км/рік). В СРСР продуктивність транспорту у вантажних перевезеннях мала назву вантажообігу [8]. Відношення до визначеного інтервалу часу є обов'язковим у всіх цих

випадках. Для того щоб одночасно врахувати масу, шлях і швидкість, вводиться показник транспортної дії ML^2 / T як добуток транспортної роботи ML і швидкості L / T чи ж як продуктивність транспорту ML / T , помножена на шлях L . На залізницях Радянського Союзу ця величина використовувалася як показник порівняння роботи в диспетчерській службі [9]. Показники, позначені там як транспортні одиниці, порівнюються із собівартістю і дозволяють швидко визначати економію. Показник транспортної дії виправдав себе також при порівняльному розгляді транспортних літаків [10] і при порівнянні ефективності різних транспортних засобів. Його можна використовувати при оцінці заходів щодо раціоналізації роботи [11].

Однією з головних умов використання автомобільним транспортом мережі автомобільних доріг є рух нею з достатньо високими швидкостями. Якщо раніше [12] для автомобільних доріг максимумом показника ефективності вважали досягнення інтенсивності транспортного потоку значення пропускної здатності автомобільної дороги, то зараз, урахуваючи суспільно-економічну значимість мережі автомобільних доріг, пропонується використовувати критерієм ефективності показник продуктивності роботи дороги, що найкраще відповідає руху великих за обсягами транспортних потоків із достатньо великими швидкостями руху за умови необхідного рівня безпеки дорожнього руху. Головною перевагою цього показника є урахування швидкості руху транспортного потоку поряд з урахуванням його інтенсивності. Продуктивність роботи дороги визначається як добуток швидкості руху на об'єм транспортного потоку:

$$P = \bar{V} \cdot N, \quad (1)$$

де P – продуктивність роботи автомобільної дороги;

\bar{V} – середня швидкість руху;

N – об'єм транспортного потоку.

Зниження швидкості руху транспортних засобів із ростом об'єму руху дозволяє припустити, що на графіку залежності продуктивності від щільності руху буде спостерігатися максимальне значення продуктивності роботи дороги.

Оптимізація роботи транспортної системи полягає в максимізації продуктивності дороги за умов досягнення необхідної швидкості руху, а також забезпечення умов безперервного, безпечного та зручного руху транспортних потоків. Усе це має бути оцінено досягненням суспільно-економічної ефективності роботи автомобільної дороги [11].

Зворотним показником до продуктивності є економічна категорія «Трудомісткість». Аналогом останньої щодо оцінки умов руху транспортних потоків автомобільними дорогами слід вважати «Працездатність дороги».

Працездатність дороги – це потенційна здатність дороги як інженерної споруди виконувати максимально можливий обсяг транспортної роботи з належною ефективністю протягом заданого транспортного часу.

Ще можна казати, що «Працездатність автомобільної дороги» – це її транспортно-експлуатаційний стан, при якому вона здатна виконувати функції щодо забезпечення умов безперервного, безпечного та зручного руху транспортних засобів із наданням рівномірного наземного доступу в будь-які місцевості країни переміщення людей і транспортування вантажів з належною ефективністю.

Отже бачимо, що чим вище працездатність дороги, тим менше потрібно транспортного часу на виконання транспортної роботи. Щоб більше підкреслити саме транспортну складову функціонування дороги надаємо нову назву показнику працездатності дороги – показник «Супротив руху».

Таким чином «Супротив руху» – величина обернено зворотна транспортній продуктивності. Вона може бути також підрахована як транспортний час T віднесений до транспортної роботи ML , або як відношення темпу руху T / L до транспортної маси M , або ж як щільність транспортної маси у часі T / M віднесена до транспортного шляху L . Уже ці три визначення показника супротиву руху вказують на можливість застосування цього поняття і потребують визначення його як «Тріада дорожнього руху».

Загалом «Тріада» (грец. Τριάς) – єдність, поняття утворене трьома роздільними членами або частинами. Діалектична тріада в філософії (матеріалістичної діалектиці) – потрібний ритм руху, буття і мислення. Тріада – в кельтській міфології троїчність жіночої природи (дівчинка, мати, стара) в культурах богині-матері і троїчність часу (минуле, сучасне, майбутнє) та їх взаємопов’язана єдність, без початку і кінця. У матеріалістичній діалектиці поширена так називана діалектична тріада «теза – антитеза – синтез». Під «тезою» мається на увазі деяка ідея, теорія або рух. Як опозиція до себе, теза, викликає негативне твердження – «антитеза». Протилежність тези і антитези триває до тих пір, поки не знаходиться таке рішення, яке виходить за рамки і тези, і антитези, визнаючи, однак, їх відносну цінність і намагаючись зберегти гідності і уникнути недоліків. Це рішення, яке є третім діалектичним кроком, називається «синтезом». Одного разу досягнутий синтез, в свою чергу, може стати першою сходинкою нової діалектичної тріади.

Тріада дорожнього руху – це виникнення транспортного попиту (теза) через вибір окремими водіями конкретного транспортного шляху як транспортної пропозиції (антитеза) з боку мережі автомобільних доріг в обраний транспортний час (синтез). Досягнутий синтез, в свою чергу, стає наступною сходинкою нової діалектичної тріади дорожнього руху.

Поняття «Тріада дорожнього руху» має бути застосована при функціональному тестуванні транспортного районування з отриманням усіх співвідношень: транспортної маси руху, транспортного шляху та відповідного їм транспортного часу.

ПРИКЛАД. Визначення показника ефективності функціонування інтелектуальної транспортної системи «Міжнародні, національні та місцеві транспортні потоки – Автомобільні міжнародні та національні транспортні коридори»

За показник ефективності складної системи МНМТП-АМНТК був прийнятий мінімум часу руху та об’єму (транспортної маси) руху за достатнього рівня безпеки дорожнього руху. Найкращим чином цьому критерію відповідає показник супротиву руху (ПСР), що є зворотним до показника продуктивності функціонування автомобільної дороги [13]. Таким чином, показник супротиву руху визначається як відношення транспортного часу до добутку транспортної маси руху (М) на його транспортний шлях (L):

$$ПСР = \frac{T}{M \cdot L}, \quad (2)$$

Застосування цього показника необхідно, тому що до нього входить час руху, малі значення якого є бажаними водіїв будь-яких транспортних засобів.

Даний показник є показником фізичної відповідності АМНТК вимогам одночасного руху міжнародних, національних і місцевих транспортних потоків. Економічною оцінкою відповідності вимог слід вважати максимум соціально-економічної ефективності функціонування АМНТК в Транспортній системі України.

Основні параметри, що входять в показник супротиву руху, темп та транспортна маса руху, остання є функцією щільності руху. Таким чином, щільність руху є інтегральним параметром функціонування автомобільної дороги, а її величина суттєвим чином залежить від транспортної маси та складу транспортного потоку. Збільшення транспортного часу руху з ростом його транспортної маси говорить, що у залежності те від щільності руху спостерігається максимальна величина продуктивності дороги.

Оптимізація функціонування системи МНМТП-АМНТК полягає у мінімізації показника супротиву руху АМНТК при дотриманні заданого рівня темпу руху, зручності та ефективності руху міжнародних, національних і місцевих ТП.

Можлива постановка також інших задач оптимального управління системою МНМТП-АМНТК. Кожна з перерахованих задач заслуговує на увагу, але найбільш важливою є задача по 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 МНМТП-АМНТК на окремій дорозі може бути представлена наступним чином:

$$\begin{aligned} ПСР &\rightarrow \min; \\ T_{ab} &\leq T_z(ab); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
T_m &\leq T_{3(m)}; \\
L_n &\leq L_{n(mp)}; \\
M_{ab} &\leq M_{3(ab)}; \\
CEE_{ab} &\rightarrow \max,
\end{aligned}$$

де ПСР – показник супротиву руху;

T_{ab} – темп руху транспортним шляхом $a - b$;

$T_{3(ab)}$ – заданий необхідний темп руху транспортним шляхом $a - b$;

T_m – темп руху місцевим транспортним шляхом;

$T_{3(m)}$ – заданий необхідний темп руху місцевим транспортним шляхом;

L_n – транспортний шлях;

$L_{n(mp)}$ – транспортний шлях з урахуванням транспортного районування;

M_{ab} – векторна транспортна маса у напрямку $a - b$;

$M_{3(ab)}$ – задана максимальна транспортна маса у напрямку $a - b$;

CEE – соціально-економічна ефективність функціонування системи;

При оптимізації системи на мережі АМНТК математична модель має такий вигляд:

$$\begin{aligned}
\sum \sum ПСР &\rightarrow \min; & (4) \\
ПСР &\rightarrow \min; \\
T_{ab} &\leq T_{3(ab)}; \\
T_m &\leq T_{3(m)}; \\
L_n &\leq L_{n(mp)}; \\
M_{ab} &\leq M_{3(ab)}; \\
CEE_{ab} &\rightarrow \max, \\
l_{ij} &> 0 \quad (i=1, 2, 3, \dots, m; j=1, 2, 3, \dots, m),
\end{aligned}$$

де l_{ij} – довжина транспортного шляху.

Здійснення руху транспортних засобів за умов досягнення максимально можливої соціально-економічної ефективності функціонування системи відповідає скороченню витрат засобів виробництва на транспорті, а критерій для регулювання й оптимізації системи МНМТП-АМНТК – загальному критерієві оптимальності. Варто підкреслити, що рішення основної задачі не виключає, а припускає дослідження й інших перерахованих задач, що згідно з головним є частками.

Крім визначених показників, що є обмеженнями в математичній моделі оптимізації функціонування складної системи МНМТП-АМНТК, основними показниками її слід ще вважати наступні:

Показник, що характеризує надійність складної системи. Оцінка надійності виробляється за допомогою спеціального обраних функціоналів, названих показниками надійності [14, 15]. Постановка задачі про оцінку надійності зводиться до наступного.

Передбачається, що відомі характеристики, які описують інтенсивність відмов елементів складної системи: середня кількість відмов за визначений інтервал часу, закон розподілу проміжків часу між послідовними відмовами тощо. Ці характеристики визначаються експериментально або іншими методами оцінки надійності «простих» систем. Нехай, як показник ефективності складної системи обраний деякий функціонал R .

Природно, що значення показника ефективності R залежать не тільки від структури і параметрів системи, але також і від значень характеристик надійності (інтенсивності відмов) її елементів. Будемо позначати $R_{\text{надійн}}^*$ значення показника ефективності, обчислене в припущенні, що відмови елементів мають інтенсивності, що відповідають заданим характеристикам, а R^0 – у припущенні, що всі елементи системи абсолютно надійні. Тоді, за показник надійності складної системи, може бути обрана абсолютна величина різниці

$$\Delta R_{\text{надійн}}^0 = \left| R^0 - R_{\text{надійн}}^* \right|, \quad (5)$$

що показує, наскільки знижується ефективність системи унаслідок можливих відмов її елементів у порівнянні з ефективністю ідеальної системи, елементи якої абсолютно надійні.

Якщо величина $\Delta R_{\text{надійн}}^0$ мала, то відмови елементів слабо впливають на ефективність системи, як би часто вони не відбувалися. У цьому випадку навряд чи доцільними є будь-які надзвичайні заходи підвищення надійності – отримані результати можуть не виправдати зроблених витрат. Коли величину $\Delta R_{\text{надійн}}^0$ не можна вважати малою, необхідно прийняти заходи щодо підвищення надійності складної системи.

Аналогічно вводяться поняття показників, що характеризують оцінку перешкодозахищеності складної системи [16, 17]. Нехай, як і раніше, функціонал R є показником ефективності складної системи, і нехай його значення $R_{\text{перешк}}^*$ відповідає функціонуванню системи в умовах дії перешкод із заданими характеристиками, а значення R^0 відноситься до так званих нормальних умов, коли перешкоди відсутні. Тоді як показник перешкодозахищеності системи можна вибрати абсолютну величину різниці

$$\Delta R_{\text{перешк}}^0 = \left| R^0 - R_{\text{перешк}}^* \right| \quad (6)$$

показує, наскільки змінюється ефективність системи під впливом перешкод із заданими характеристиками. Іноді користуються також відносним показником перешкодозахищеності, в якості якого використовується відношення величини $\Delta R_{\text{перешк}}^0$ до величини якої-небудь характеристики перешкоди.

Серед задач, що виникають у зв'язку з дослідженням складних систем можна виділити два основних класи:

- 1) задачі аналізу, пов'язані з вивченням властивостей і поведінкою системи у залежності від її структури та значень параметрів;
- 2) задачі синтезу, що зводяться до вибору структури і значень параметрів, виходячи із заданих властивостей системи.

На практиці, при проектуванні складних систем щодо їх модернізації, а також при визначенні оптимальних режимів експлуатації, задачі аналізу найбільше часто інтерпретуються як оцінка можливих варіантів системи (вибір структури, значень параметрів). Для кожного з обстежуваних варіантів необхідно обчислити сукупність показників, що характеризують властивості системи. Зіставляючи ці характеристики, можна одержати перше уявлення про переваги та недоліки тих або інших варіантів системи.

Надійність складної системи є одним із найбільш суттєвих і невід'ємних властивостей її якості [17]. Під надійністю системи МНМТП-АМНТК потрібно розуміти здатність автомобільної дороги зберігати потрібні транспортно-експлуатаційні якості в частині забезпечення вимог безпечного та комфортного руху ТП нею на заданий строк.

Поняття «надійності систем» суттєво відрізняється від класичного поняття «надійності техніки». У першому випадку поняття інтерпретується як вихід конструкції або виробу з ладу. Для складних систем, які характеризуються великою кількістю елементів та складністю внутрішньої структури, майже не існує загальноприйнятого поняття відмови, оскільки внутрішні зміни в структурі через відмови окремих елементів призводять, як правило, тільки до деякого погіршення якості функціонування, а не до повного його припинення. Тому для подібних систем доцільно казати про ефективність функціонування, тобто пристосування системи до виконання задачі, що постає перед нею, а оцінка ефективності виконувати показником ефективності та розглядати його як функцію надійності системи.

Відповідно до [14], відмовою вважається подія, що полягає в порушенні працездатності об'єкту, тобто порушенні стану об'єкту, при якому він здатен виконувати свої функції. Для доріг

вперше поняття надійності було введено д.т.н. Золотарем І.А. [15]: «Під відмовою автомобільної дороги як комплексної транспортної споруди вважається такий її стан, при якому не забезпечується безпечний розрахунковий рух із середньою швидкістю, наближеною до оптимальної». Таким чином, критерієм відмови є значне зниження швидкості руху.

Областю існування надійності є всі можливі значення показника швидкості руху від $V = 0$, коли рух відсутній, до її максимального значення V_{\max} , коли окремі ТЗ досягають максимально можливої швидкості руху. Звідси походить, що допустимих границь зміни швидкості руху, в середині яких функціонування автомобільної дороги буде ефективною, може бути призначено дві: нижня та верхня. Верхня допустима границя обмежує максимальну швидкість (розрахункова швидкість для автомобільної дороги), тобто є критерієм безпечно-можливої швидкості руху. Нижня границя обмежує швидкість руху, нижче якої рух автомобільною дорогою буде неефективним.

Аналогічно поняттю надійності автомобільної дороги у часі можна надійність автомобільної дороги по довжині сформулювати як властивість збереження швидкості руху в допустимих межах на ділянці дороги у даний час і назвати це показником стійкості функціонування системи. Ця оцінка буде частковою по відношенню до загальної надійності дороги у цілому.

Теоретично в абсолютно нестійких системах регульована величина прагне до нескінченності. У цьому випадку система стає на визначений період нестійкою, коли на окремих ділянках автомобільної дороги вичерпаний резерв раціональної інтенсивності руху, в результаті чого падає швидкість руху транспортних засобів (надійність функціонування системи).

Оцінка надійності автомобільної дороги з урахуванням зниження швидкості руху (показник стійкості функціонування системи) в період часткових відмов може бути виражена як:

$$P(T_n) = \frac{A \times \bar{V}_{opt} - A^{(відмов)} (\bar{V}_{opt} - V^{(відмов)})}{A \times \bar{V}_{opt}}, \quad (7)$$

де A – загальна довжина автомобільної дороги, км;

$A^{(відмов)}$ – довжина дороги, де надійність функціонування системи падає, км;

T_n – час, за який оцінюється надійність, г; \bar{V}_{opt} – сезонна оптимальна швидкість руху, км/г;

$V^{(відмов)}$ – швидкість, з якою можливий рух при відмові, км/г.

В останню формулу включені сезонні оптимальні швидкості руху \bar{V}_{opt} , а також ті швидкості руху $V^{(відмов)}$, з якими був можливий рух при відмові. Через те, що при цьому необхідним є для оцінки ступеня надійності АМНТК знати час, за якого виникали відмови із зменшенням швидкості руху, можна записати

$$P^{(vt)}(T_n) = \frac{A \times \bar{V}_{opt} \times T_n - A^{(відмов)} (\bar{V}_{opt} - V^{(відмов)}) \times t_{відмов}}{A \times \bar{V}_{opt} \times T_n}. \quad (8)$$

Перешкодозахищеність системи МНМТП-АМНТК полягає в мінімальній кількості уповільнень та максимумі руху з постійною швидкістю або прискоренням і є інтегральним показником щодо відносної оцінки рівня безпеки руху. При цьому показник ефективності прагне досягнення максимуму.

Перешкодозахищеність системи МНМТП-АМНТК визначається відношенням часу руху ТЗ без уповільнень до загального часу руху (y %)

$$B = 100 - \frac{t^{(уповільн)}}{T}, \quad (9)$$

де $t^{(уповільн)}$ – час руху ТЗ з уповільненнями, г;

T – загальний час руху, г.

ВИСНОВОК

Загалом по роботі можна зробити такі висновки.

Науковою основою оптимального управління функціонуванням АМНТК є дослідження основних закономірностей руху транспортних потоків у різних, але типових дорожніх умовах на базі статистичних спостережень за транспортними масами руху, темпами руху та щільністю руху транспортних засобів і математичного моделювання транспортних потоків з метою визначення відповідності їх вимог до транспортно-експлуатаційних властивостей АМНТК;

На сучасному етапі розвитку новітніх технологій актуальним для Транспортної системи України стає створення інтелектуальної транспортної системи «МНМТП-АМНТК»;

Оцінка закономірностей умов руху МНМТП автомобільними міжнародними, національними транспортними коридорами має виконуватися на застосуванні новітнього підходу «Тріада дорожнього руху», що доведено в інших авторських науково-дослідних роботах.

Залучені до розгляду показників «Тріади дорожнього руху» мають такий смисл. «Транспортний попит» – це транспортний шлях, виражений у кількості кілометрів, яким бажатиме й матиме можливість рухатися водій одного автомобіля з відповідним значенням транспортного часу. «Величина транспортного попиту» – величина транспортного часу, що відповідає конкретній величині транспортного шляху, вираженому у кількості кілометрів, яким бажатиме й матиме можливість рухатися водій одного автомобіля. «Транспортна пропозиція» – векторна транспортна маса, яку здатен забезпечити транспортний шлях довжиною один кілометр із відповідною величиною транспортного часу. «величина транспортної пропозиції» – величина транспортного часу, що відповідає відповідній кількості автомобілів, що складають векторну транспортну масу, перепуск якої здатен забезпечити транспортний шлях довжиною один кілометр.

Новітній підхід «Тріада дорожнього руху» дозволить оцінити функціонування та забезпечити раціональне управління будь-якої транспортної системи з акцентом на задоволення потреб користувачів автомобільних доріг – учасників дорожнього руху.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лановий О.Т. Удосконалення функціонування мережі автомобільних доріг загального користування України / О.Т. Лановий, І.А. Виговська // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. Вип. 1 (43).— К.: НТУ, 2019. - С. 84-91
2. Про Правила дорожнього руху. Постанова КМУ від 10 жовтня 2001 р. № 1306. Київ.
3. Закон України від 08.09.2005 р. №2862-IV «Про автомобільні дороги». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2862-15>.
4. Lehner F. Menge, Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad im Verkehr / Lehner F. – VuT 2 (1949) H. 8, S. 155-167.
5. Mayr R. Definitionen strassenverkehrstechnischer Begriffe, Nahverkehrs / Mayr R. – Praxis 3 (1955) H. 2, S. 46-48.
6. Potthoff G. Der stabile Fahrplan / Potthoff G. – ZVMEV 83 (1943) H. 25, S. 343-354.
7. Schumann C. Die Auswirkungen der technisch-ökonomischen Bedingungen des Wagenladungs-Knotenverkehrs auf die Preisbildung im Gutertarif / Schumann C. – Diss. HfV Dresden, 1966.
8. Аксенов И. Ю. Производительность железнодорожного транспорта / Аксенов И. Ю. – М. : Трансиздат, 1962.
9. Koroljowa K. P. Erfahrungen mit dem beschleunigten Durchlauf der Züge / Koroljowa K. P. – Leipzig : Fachbuchverlag, 1952.
10. Kaptick K. Gewichtsaufteilung und Transportarbeit moderner Verkehrsflugzeuge / Kaptick K. – Techn. 13 (1958) H. 10, S. 673-680.
11. Jaworski R. Betriebstechnische Aspekte des Schienenschnellverkehrs / Jaworski R. – Verkehrsann. 15 (1968) H. 3, S. 262-306.
12. Полищук В. П. Автоматизированное управление движением на автомобильных дорогах [Текст]: дисс. ... докт. техн. наук : 05.22.01 / Полищук Владимир Петрович. – К. : УТУ, 1996. – 467 с.

- 13 Лановий О.Т. Теоретичні основи та практичні методи забезпечення умов безперервного, безпечного та зручного руху транспортних потоків мережею автомобільних доріг. [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / О. Т. Лановий – К., НТУ, 2017. – 399 с.
14. Ройзман А.С. Пособие по проектированию автомобильных дорог. М., Транспорт, 1968, 240с.
15. Бегма И.В. Исследование неоднородного автомобильного движения для целей проектирования автомобильных дорог. Дисс канд. техн. наук, Харьков, ХАДИ, 1961.
16. Богаченко В.Н. Усовершенствование методов организации движения автомобилей на развязках автомобильных дорог. Дисс ... канд. техн. наук, К., КАДИ, 1988, 243 с.
17. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. М., Советское радио, 1973, 440 с.

REFERENCES

- Lanovy O.T., & Vyhovska I.A. (2019) Udoskonalennya funktsionuvannya merezhi avtomobilnykh dorih zahalnoho korystuvannya Ukrayiny [Improving the functioning of the network of public roads of Ukraine] Visnyk Natsional'noho transportnoho universytetu. Seriya «Tekhnichni nauky». Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. 1 (43) [in Ukrainian].
- Pro Pravyla dorozhnoho rukhu. Postanova KMU (№ 1306). (2001). Kyiv.
- Zakon Ukrayiny «Pro avtomobilni dorohy» [Law of Ukraine «On Highways»]. (2005). zakon5.rada.gov.ua. Retrieved from <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2862-15>. [in Ukrainian].
- Lehner F. Menge, Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad im Verkehr / Lehner F. – VuT 2 (1949) H. 8, S. 155-167.
- Mayr R. Definitionen strabenverkehrstechnischer Begriffe, Nahverkehrs / Mayr R. – Praxis 3 (1955) H. 2, S. 46-48.
- Potthoff G. Der stabile Fahrplan / Potthoff G. – ZVMEV 83 (1943) H. 25, S. 343-354.
- Schumann C. Die Auswirkungen der technisch-ökonomischen Bedingungen des Wagenladungs-Knotenverkehrs auf die Preisbildung im Gutertarif / Schumann C. – Diss. HfV Dresden, 1966.
- Aksenov I. Yu. (1962) Proizvoditelnost zheleznodorozhnogo transporta [Railway performance]. Moscow: Transizdat [in Russian].
- Koroljowa K. P. Erfahrungen mit dem beschleunigten Durchlauf der Züge / Koroljowa K. P. – Leipzig : Fachbuchverlag, 1952.
- Kaptick K. Gewichtsaufteilung und Transportarbeit moderner Verkehrsflugzeuge / Kaptick K. – Techn. 13 (1958) H. 10, S. 673-680.
- Jaworski R. Betriebstechnische Aspekte des Schienenschnellverkehrs / Jaworski R. – Verkehrsann. 15 (1968) H. 3, S. 262-306.
- Polishchuk V.P.(1996). Avtomatizirovannoye upravleniye dvizheniyem na avtomobil'nykh dorogakh [Automated traffic control on highways] Doctor's thesis. Kyiv: UTU [in Ukrainian].
- Lanovy O.T. (2017). Teoretychni osnovy ta praktychni metody zabezpechennya umov bezpererвноho, bezpechnoho ta zruchnoho rukhu transportnykh potokiv merezheyu avtomobil'nykh dorih. [Theoretical bases and practical methods of providing conditions of continuous, safe and convenient movement of traffic flows by a network of highways]. Extended abstract of Doctor's thesis. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
- Roizman A.S.(1968). Posobiye po proyektirovaniyu avtomobil'nykh dorog [Road Design Guide] Moscow: Transizdat [in Russian].
- Begma I.V. (1961). ssledovaniye neodnorodnogo avtomobilnogo dvizheniya dlya tseley proyektirovaniya avtomobilnykh dorog. [Investigation of heterogeneous traffic for road design purposes] Candidate's thesis. Kharkiv: HADI [in Ukrainian].
- Bogachenko V.N.(1988) Usovershenstvovaniye metodov organizatsii dvizheniya avtomobiley na razvyazkakh avtomobilnykh dorog [Improvement of methods for organizing the movement of vehicles at road junctions]. Candidate's thesis. Kyiv: KADI [in Ukrainian].
- Buslenko N.P., Kalashnikov V.V., & Kovalenko I.N. (1973) Lektsii po teorii slozhnykh system [Lectures on the theory of complex systems]. Moscow: Soviet Radio [in Russian].

РЕФЕРАТ

Лановий О.Т. Новітня оцінка умов руху транспортних потоків автомобільними дорогами «Тріада дорожнього руху» / О.Т. Лановий, В.Б. Кисельов, І.А. Виговська // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково технічний збірник. – К.: НТУ, 2021. – Вип. 1 (48).

У статті досліджено умови руху визначення попиту водіїв транспортних засобів на рух автомобільними дорогами, дорожні умови яких мають забезпечувати цей попит.

Об'єкт дослідження – автомобільні міжнародні та національні транспортні коридори.

При оптимізації управління складною транспортною системою «Міжнародні, національні та місцеві транспортні потоки – Автомобільні міжнародні та національні транспортні коридори» (МНМТП-АМНТК) 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 наступні задачі :

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

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

Новітній підхід «Тріада дорожнього руху» дозволить оцінити функціонування та забезпечити раціональне управління будь-якої транспортної системи з акцентом на задоволення потреб користувачів автомобільних доріг – учасників дорожнього руху.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕРЕЖА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ, МІЖНАРОДНІ, НАЦІОНАЛЬНІ ТА МІСЦЕВІ ТРАНСПОРТНІ ПОТОКИ, АВТОМОБІЛЬНІ МІЖНАРОДНІ ТА НАЦІОНАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ КОРИДОРИ.

ABSTRACT

Lanovoy A.T., Kyselov V.B., Vyhovska I.A. Latest assessment of traffic conditions on roads «Triad of road». Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences» Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University. 2021. – Issue 1(48).

The article explores the driving conditions for determining the demand of drivers of vehicles for the movement of roads, the road conditions of which should ensure this demand.

The object of the study is automobile international and national transport corridors.

When optimizing the management of the complex transport system «International, national and local traffic flows – Automotive International and National Transport Corridors» (MNMTP-AMNTC) can be sought to achieve different goals (criteria of optimality), and, depending on these goals, consider the different tasks of optimal management. On road transport, including in this concept of the system of communication routes (highways), the following tasks are the most important:

- ensuring the least time of communication at limited road costs; – ensuring the specified time of communication at the lowest road costs;
- ensuring the lowest transport costs at a limited level of road costs;
- ensuring the lowest road costs at a limited level of transport costs;
- ensuring the maximum possible level of traffic safety at a limited level of road costs;
- ensuring the required level of traffic safety at the lowest road costs;

- to achieve a minimum of road costs, provided that the specified volume of traffic (traffic), the specified speed and the necessary safety of traffic;
- ensuring maximum road capacity at a limited level of road costs. According to its parameters, the MMMTP-AMNTC refers to complex systems, the main characteristics of which are: efficiency indicator; stability; obstruction; Reliability.

The newest approach of the «Traffic Triad» will allow to evaluate the functioning and ensure the rational management of any transport system with a focus on meeting the needs of users of highways – road users.

KEYWORDS: HIGHWAY NETWORK, INTERNATIONAL, NATIONAL AND LOCAL TRAFFIC FLOWS, ROAD INTERNATIONAL AND NATIONAL TRANSPORT CORRIDORS.

РЕФЕРАТ

Лановой А.Т. Новейшая оценка условий движения транспортных потоков автомобильными дорогами «Триада дорожного движения» / А.Т. Лановой, В.Б. Киселев, И.А. Выговская // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 1 (48).

В статье рассматриваются условия вождения для определения спроса водителей транспортных средств на движение дорог, дорожные условия которых должны обеспечить такой спрос.

Целью исследования являются автомобильные международные и национальные транспортные коридоры.

При оптимизации управления сложной транспортной системой «Международные, национальные и локальные транспортные потоки – автомобильные международные и национальные транспортные коридоры» (МНМТП-АМНТК) можно искать различные цели (критерии оптимальности) и, в зависимости от этих целей, рассматривать различные задачи оптимального управления. На автомобильном транспорте, в том числе в этой концепции системы маршрутов связи (магистралей), наиболее важными являются следующие задачи:

- обеспечение наименьшего времени связи при ограниченных дорожных расходах;
- обеспечение указанного времени связи при наименьших дорожных расходах;
- обеспечение самых низких транспортных расходов при ограниченном уровне дорожных расходов;
- обеспечение самых низких дорожных расходов при ограниченном уровне транспортных расходов;
- обеспечение максимально возможного уровня безопасности дорожного движения на ограниченном уровне дорожных расходов;
- обеспечение необходимого уровня безопасности дорожного движения при наименьших дорожных расходах;
- для достижения минимальной стоимости дорожного движения при условии, что указанный объем движения (трафик), указанная скорость и необходимая безопасность дорожного движения;
- обеспечение максимальной пропускной способности дорог на ограниченном уровне дорожных расходов.

По своим параметрам МММТП-АМНТК относится к сложным системам, основными характеристиками которых являются: индикатор эффективности; стабильность; обструкция; Надежность. Новейший подход «Дорожной триады» позволит оценить функционирование и обеспечить рациональное управление любой транспортной системой с акцентом на удовлетворение потребностей пользователей автомагистралей – дорожного движения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СЕТЬ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ, МЕЖДУНАРОДНЫЕ, НАЦИОНАЛЬНЫЕ И МЕСТНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ПОТОКИ, АВТОМОБИЛЬНЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ И НАЦИОНАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ КОРИДОРЫ.

АВТОРИ:

Лановий Олександр Тимофійович, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: al.lanovoy@gmail.com, тел. +380442804885, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к.432. orcid.org/0000-0002-0717-9870

Кисельов Володимир Борисович, доктор технічних наук, професор, Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, директор навчально-наукового інституту муніципального управління та міського господарства, професор кафедри автоматизованого управління технологічними процесами, e-mail: kvbglush1953@gmail.com, тел. +380445290516, Україна, 04042, м. Київ, вул. Джона Маккейна, 33, к.120. orcid.org/0000-0003-3437-2825

Виговська Інна Анатоліївна, Національний транспортний університет, завідувач лабораторії кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: i.vyhovska2609@gmail.com, тел. +380442804885, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к.435. orcid.org/0000-0003-1426-9863.

AUTHORS:

Lanovoy O.T., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, profesor of the department of Transport systems and traffic safety, e-mail: al.lanovoy@gmail.com tel. +380442804885, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovicha-Pavlenko str. 1, of. 432. orcid.org/0000-0002-0717-9870

Kyselov V.B., Doctor of Technical Sciences, Professor, V.I. Vernadsky Taurida National University, profesor of the department of Automated process control, e-mail: kvbglush1953@gmail.com, tel. +380445290516, Ukraine, 04042, Kiev, John McCain str., 33, of. 120, orcid.org/0000-0003-3437-2825

Vyhovska I.A., National Transport University, head of laboratory transport systems and traffic safety, e-mail: i.vyhovska2609@gmail.com, tel. +380442804885, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovicha-Pavlenko str. 1, of. 435 orcid.org /0000-0003-1426-9863.

АВТОРЫ:

Лановой Александр Тимофеевич, доктор технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры транспортных систем и безопасности дорожного движения, e-mail: al.lanovoy@gmail.com тел. +380442804885, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленко1, к. 432. orcid.org/0000-0002-0717-9870

Киселев Владимир Борисович, доктор технических наук, профессор, Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, директор учебно-научного института муниципального управления и городского хозяйства, профессор кафедры автоматизированного управления технологическими процессами, e-mail: kvbglush1953@gmail.com, тел. +380445290516, Украина, 04042, г. Киев, ул. Джона Маккейна, 33, к.120. orcid.org/0000-0003-3437-2825

Выговская Инна Анатольевна, Национальный транспортный университет, заведующий лаборатории транспортных систем и безопасности дорожного движения, e-mail: i.vyhovska2609@gmail.com, тел. +380442804885, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленко1, к. 435 orcid.org /0000-0003-1426-9863.

РЕЦЕЗЕНТИ:

Поліщук Володимир Петрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху.

Домніч Володимир Іванович, кандидат технічних наук, професор, Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, завідувач кафедрою автоматизованого управління технологічними процесами

REVIEWERS:

Vladimir Petrovich Polishchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, head of Department «Transportation systems and traffic safety»

Vladimir Ivanovich Domnich, Candidate of Technical Sciences, Professor, V.I. Vernadsky Taurida National University, head of the Department of Automated Process Control