



УДК 625.7/8

• © Ф.П. Гончаренко, канд. техн. наук, заст. головн. інж. (ДП “Укрдніпродор”)

ПРОГНОЗУВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЬНИМИ ДОРОГАМИ

Анотація. Виконано аналіз різних моделей прогнозування середньорічної добової перспективної інтенсивності руху автомобільними дорогами, наведено досвід її прогнозування у разі тимчасового зниження інтенсивності руху.

Ключові слова: автомобільна дорога, інтенсивність руху, прогнозування інтенсивності руху, темп зростання.

Аннотация. Выполнен анализ различных моделей прогнозирования среднегодовой суточной перспективной интенсивности движения на автомобильных дорогах, приведен опыт ее прогнозирования в случае временного снижения интенсивности движения.

Ключевые слова: автомобильная дорога, интенсивность движения, прогнозирование интенсивности движения, темп роста.

Annotation. The paper analyzed various models predicting average annual daily traffic perspective roads, are forecasting growth experience in the case of a temporary reduction in traffic.

Keywords: road, traffic, traffic forecasting, growth rate.

Вступ

Технічна класифікація автомобільних доріг за категоріями, відповідно до вимог ДБН В.2.3-4 [1], залежить від розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху. За перспективний береться період рівний 20-и рокам. Тобто, протягом 20 років автомобільна дорога повинна ефективно функціонувати у тих параметрах, які залежать від категорії дороги і були задані при обґрунтуванні її категорії на етапі будівництва, реконструкції чи капітального ремонту.

Отже, залежно від надійності визначення середньорічної добової перспективної інтенсивності руху на етапі проектування дороги буде залежати вартість її будівництва та ефективність функціонування протягом щонайменше 20-и років.

Методики визначення розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху для будівництва нових доріг і для реконструкції або капітального ремонту існуючих доріг істотно відрізняються.

Основна відмінність полягає в тому, що в першому випадку майбутню інтенсивність руху можна передбачати розрахунковими методами, виходячи з перспективи соціально-економічного розвитку регіону, де планується побудувати нову дорогу. У другому випадку певна інтенсивність руху існуючою дорогою уже історично склалась і, базуючись на ній, необхідно спрогнозувати, як вона буде змінюватись протягом розрахункового періоду.

Основна частина

Враховуючи, що в Україні мережа автомобільних доріг практично сформована, проектувальникам у переважній більшості випадків доводиться стикатись із проблемою визначення розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху з урахуванням цих обставин.

У процесі багаторічної експлуатації існуючої дороги відбувається зростання інтенсивності руху нею та погіршення транспортно-експлуатаційних якостей дороги, що призводить до зниження швидкостей руху транспортних потоків, а інколи, до утворення заторів на окремих ділянках.

У певний момент, ситуація на дорозі настільки погіршується, що виникає потреба у покращенні

транспортно-експлуатаційного стану дороги. Як правило, це може здійснюватись двома шляхами або шляхом реконструкції дороги з підвищенням її категорії або шляхом виконання капітального ремонту, відповідно, без підвищення її категорії. Все залежить від результатів прогнозування розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху.

На основі багаторічних даних спостережень встановлюють тенденції та темпи зростання інтенсивності дорожнього руху. Як правило, перспективна інтенсивність руху визначається за допомогою екстраполяції. Точність прогнозування розвитку інтенсивності руху дорогою залежить від правильно вибраної гіпотези зміни цього процесу – темпу приросту.

Дуже часто точки на графіку, побудовані за даними обліку руху протягом періоду спостереження, мають певний розкид, що дає змогу, практично, з однаковою похибкою застосовувати під час обробки різні закономірності екстраполяції. Внаслідок, одержують прогнозовані значення інтенсивності, які значно відрізняються між собою [2].

Найбільшого поширення набули наступні гіпотези.

1. Зростання інтенсивності руху відповідає лінійній залежності:

$$N_t = N_o (1 + qt), \quad (1)$$

де N_t – інтенсивність руху в розрахунковий рік через t років, авт/д;

N_o – інтенсивність руху в рік проектування реконструкції (капітального ремонту) дороги, авт/д;

q – приріст інтенсивності руху в частках від інтенсивності за попередній рік.

2. Зростаючі темпи приросту інтенсивності руху:

$$N_t = N_o (1 + q)^t, \quad (2)$$

3. Перспективна інтенсивність руху виражається логістичною кривою із початковим стрімким зростанням, яке з часом переходить у незначний приріст:

$$N_t = N_o \left[1 + 0,01 \left(k_1 t + k_2 \sum_{i=1}^n t_i^{\frac{1}{3}} \right) \right], \quad (3)$$

де k_1 і k_2 – емпіричні коефіцієнти, що залежать від початкового приросту інтенсивності q_n і визначаються з виразів [2]:

$$k_1 = 6,7 - 0,3 q_n; k_2 = 1,3 q_n - 6,7.$$



4. Перспективна інтенсивність руху може бути визначена поліномом виду [2]:

$$N_t = N_0 + at + bt^2 + ct^3 + \dots + mt^n, \quad (4)$$

де $a, b, c \dots m$ – емпіричні коефіцієнти.

Потрібна кількість членів ряду в зазначеному поліномі залежить від вигляду кривої та наявних даних обліку руху.

Професор В.В. Сільянов вважає, що для прогнозування інтенсивності руху автомобільними дорогами на довготермінову перспективу недостатньо застосовувати тільки методики на основі прямих екстраполяцій, а доцільно додатково використовувати метод експертних оцінок. Зокрема, він зазначає [3]: “Основним завданням обліку та аналізу даних з інтенсивності руху є визначення перспективної інтенсивності руху на заданий рік. Строки розрахункової перспективи приймають наступними: при розробці заходів з організації руху – 5 років; при проектуванні дорожніх одягів в залежності від їх типу і строків служби – 5 або 10 років; при проектуванні елементів плану траси, поздовжнього та поперечного профілів доріг з урахуванням їх розвитку – 25 років.

В залежності від строків розрахункової перспективи використовують наступні формули:

а) при короткострокових прогнозах (5 – 10 років) використовують рівняння складних процентів:

$$N_t = N_0 \left(1 + \frac{P}{100}\right)^{n-1}, \quad (5)$$

де N_0 – початкова інтенсивність (вихідна база екстраполяції);

n – кількість років до строку перспективи;

P – прийнятний темп приросту інтенсивності руху, що визначається за даними облікових пунктів за останні 10 – 15 років;

б) при довготермінових прогнозах (понад 10 років) використовують рівняння логістичної кривої:

$$N_t = \frac{P}{1 - b e^{-act}}, \quad (6)$$

де P – пропускна здатність ділянки дороги, що розглядається;

a, b, c – постійні, що залежать від району прокладення доріг;

t – період прогнозування, роки.

Для логістичної кривої характерне її наближення до значення пропускної здатності дороги.

При довготермінових прогнозах як додатковий метод використовують також метод експертних оцінок”.

Аналіз розглянутих методик показує, що всі вони у великій мірі ґрунтуються на ретроінтенсивності і полягають у більш чи менш точній екстраполяції минулого в майбутнє. Це є великим недоліком.

У зарубіжній практиці широко використовують іншу групу методик, яка ґрунтується на певних макроекономічних показниках соціально-економічного розвитку країни. Ці методики базуються на тому, що кількість поїздок для кожного регіону функціонально пропорційна кількості мешканців у регіоні та кількості автомобілів. На цьому принципі побудовано багато існуючих моделей прогнозування інтенсивності дорожнього руху.

Модель, запропонована фірмою Scott Wilson для використання в Україні [4] на основі досвіду, набутого цією фірмою у Польщі, базується на тому, що кількість поїздок, генерована для кожної зони, – це функція кількості мешканців у межах зони. Виходячи з досвіду фірми щодо регіону, середня кількість зовнішніх поїздок за зону становить 0,02 помножену на кількість мешканців. Це означає, що кожна зона, зазначена вище, є місцем відправлення та призначення для

20 транспортних засобів на кожні 1000 осіб, що проживають у межах цієї зони.

Для пунктів перетину кордону кількість поїздок, генерована для кожної зони, базується на розрахунках (середньорічна добова інтенсивність руху) на найближчій ланці.

Базова матриця поїздок розраховується із застосуванням простої гравіметричної моделі:

$$T_{ij} = \frac{P_i \cdot A_j \cdot f_{ij}}{\sum_{j=1}^n (A_j \cdot f_{ij})}, \quad (7)$$

де T_{ij} – кількість поїздок із зони i до зони j ;

P_i – кількість поїздок, які починаються у зоні i (породження);

A_j – кількість поїздок, які закінчуються у зоні j (притягнення);

f_{ij} – значення функції опору простору.

Така форма моделі передбачає, що можливість поїздки із зони A в зону B залежить від кількості поїздок, започаткованих у зоні A , кількості поїздок, що завершилися у зоні B , які поділено на суму напрямків для всіх зон i на, так званий, опір простору. Це подібно до ідеї фізичної гравітаційної сили тяжіння між двома тілами, яка зростає при зростанні маси двох тіл, але зменшується при зростанні відстані між тілами. Функція опору простору описується рівнянням:

$$f_{ij} = 0,17 \cdot \left(\left(\frac{l_{ij}}{100} \right) \cdot \exp \left(-0,7 \cdot \frac{l_{ij}}{100} \right) \right), \quad (8)$$

де f_{ij} – величина функції опору для поїздок з i до j ;

l_{ij} – відстань від i до j , км.

Проте, аналіз показує, що така модель не завжди коректна для країн з великою територією, до яких відноситься Україна.

Для України більш коректною є модель визначення інтенсивності дорожнього руху між парою кореспондуючих пунктів, запропонована ВАТ “ГіпродорНІІ” [5]

$$N_{ij} = \frac{P_p K_c Q_a V_a \tau_a K_a}{1000 L_{np}^2} + \frac{P_p K_c Q_a V_a \tau_a K_a}{1000 L_{np}^2} + \frac{P_p K_c Q_a V_a \tau_a K_a}{1000 L_{np}^2}, \quad (9)$$

де N_{ij} – очікувана середньорічна добова інтенсивність руху між i -м і j -м населеними пунктами, авт/д;

P_p – сумарна приведена чисельність населення в i -му і j -му населених пунктах, жит.;

K_c – коефіцієнт зв’язності i -го і j -го населених пунктів, що визначається в залежності від їх адміністративного значення і підпорядкування;

Q_a, Q_a, Q_a – існуючий або перспективний рівень насичення території відповідно легковими автомобілями, автобусами і вантажними автомобілями, авт./1000 жит.;

V_a, V_a, V_a – середня швидкість руху відповідно легкових автомобілів, автобусів і вантажних автомобілів в еталонних умовах, км/год.;

τ_a, τ_a, τ_a – середній час роботи протягом доби відповідно легкових автомобілів, автобусів і вантажних автомобілів, год/д;

K_a, K_a, K_a – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність користування відповідно легковими автомобілями, автобусами і вантажними автомобілями;

L_{np} – приведена відстань між i -м і j -м населеними пунктами, км;

α – показник ступеню, що застосовується при розрахунках інтенсивності руху вантажних автотранспортних засобів.

Інтенсивність руху конкретною ділянкою автомобільної дороги формується у результаті підсумовування



інтенсивності руху, розрахованої між усіма парами населених пунктів, зв'язок між якими здійснюється з використанням цієї ділянки.

Зазначені гравітаційні моделі були успішно використані для аналізу та оцінки ефективності різних джерел фінансування розвитку автомобільних доріг державного значення [6].

Проте, практика засвідчує, що інтенсивність руху конкретною дорогою залежить не тільки від макроекономічних показників соціально-економічного розвитку держави, але й від транспортно-експлуатаційного стану цієї дороги, особливо, якщо існують альтернативні маршрути. Тобто, стан дороги у значній мірі формує інтенсивність руху нею.

У процесі розроблення проектної пропозиції та техніко-економічного обґрунтування щодо ініціювання та підготовки спільного зі Світовим банком інвестиційного проекту “Третій проект покращення автомобільних доріг та безпеки руху” стосовно продовження відновлення міжнародної автомобільної дороги М-03 Київ – Харків – Довжанський на ділянці Полтава – Харків км 333+250 – км 472+218 та автомобільної дороги Р-52 Дніпропетровськ – Решетилівка км 49+850 – км 174+145” ДП “Укрдпродор” зіткнувся з таким явищем, що у зв'язку з подіями в Україні, які відбувались у 2014 р, зокрема з агресією Російської Федерації в східних областях та анексією АР Крим, інтенсивність руху автомобільною дорогою Р-52 Дніпропетровськ – Решетилівка знизилась. Виявилось, що жодна модель, у т.ч. моделі Світового банку, що ґрунтуються на ретроінтенсивностях, в зазначених умовах не дають можливості порахувати темп приросту інтенсивності руху. У зв'язку з отримуваним від'ємним приростом інтенсивності руху інвестування у покращення транспортно-експлуатаційного стану зазначеної дороги за розрахунками виявляється неефективним.

Аналіз транспортних зв'язків між м. Києвом та крупними містами (з кількістю населення понад 100 тис. осіб) в центральній і південно-східній частині України показує, що потенційно дорогою Р-52 Дніпропетровськ – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка можуть здійснюватися зв'язки з такими містами: Дніпропетровськ, Донецьк*, Запоріжжя, Маріуполь, Макіївка*, Дніпродзержинськ, Кременчук, Мелітополь, Нікополь, Бердянськ, Павлоград.

У сучасних умовах між Києвом і зазначеними крупними містами транспортні зв'язки здійснюються як дорогою Р-52 Дніпропетровськ – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка, так і дорогами за маршрутами Київ – Знам'янка – Дніпропетровськ – Донецьк/Макіївка, Київ – Бориспіль – Кременчук – Дніпропетровськ – Запоріжжя – Мелітополь/Нікополь – Бердянськ – Маріуполь, Київ – Полтава – Красноград – Павлоград.

Аналіз інтенсивності руху зазначеними маршрутами показує, що мінімальна інтенсивність (в основному транзитний рух) на відповідних ділянках становить: Київ – Знам'янка – Дніпропетровськ біля 2 300 авт/д, Київ – Бориспіль – Кременчук – Дніпропетровськ біля 2 350 авт/д, Київ – Полтава – Красноград – Павлоград біля 3 600 авт/д.

На основі вибіркового вивчення мети поїздки, з достатнім ступенем імовірності можна визначити, що після реконструкції автомобільної дороги Р-52 Дніпропетровськ – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка відбудеться наступний перерозподіл інтенсивності руху на зазначену дорогу: з автомобільної дороги Київ – Знам'янка – Дніпропетровськ орієнтовно 1 150 авт/д, з автомобільної дороги Київ – Бориспіль – Кременчук –

Дніпропетровськ орієнтовно 1 350 авт/д, з автомобільної дороги Київ – Полтава – Красноград – Павлоград орієнтовно 1 200 авт/д.

Таким чином уже в перший рік після введення в експлуатацію дороги Р-52 Дніпропетровськ – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка мінімальна інтенсивність руху нею (ділянка з мінімальною інтенсивністю км 129+500 – км 159+965 інтенсивність руху у 2014 р становить 3 419 авт/д) буде становити понад 7 100 авт/д ($3419+1150+1350+1200 = 7119$).

У подальшому, як впливає із науково-дослідних робіт [6, 7], середня інтенсивність руху автомобільними дорогами України у період з 2020 р по 2040 р буде щорічно зростати з темпами від 5,3 % до 6,1 %.

Відповідно, зростання інтенсивності руху автомобільною дорогою Р-52 Дніпропетровськ – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка після її реконструкції становитиме 377 авт/д ($7119 \cdot 0,053 = 377$), що становить біля 11 % від існуючої інтенсивності руху у 2015 році ($377 / 3419 = 0,11$).

Отже, для визначення перспективної інтенсивності дорожнього руху автомобільною дорогою Р-52 Дніпропетровськ – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка в розрахунках економічної ефективності інвестицій у реконструкцію зазначеної дороги рекомендується брати щорічний темп зростання інтенсивності не меншим 10 %.

Зазначений темп зростання інтенсивності руху був врахований Укрдпродором при розробленні проектної пропозиції та техніко-економічного обґрунтування щодо ініціювання та підготовки спільного зі Світовим банком інвестиційного проекту “Третій проект покращення автомобільних доріг та безпеки руху” стосовно продовження відновлення міжнародної автомобільної дороги М-03 Київ – Харків – Довжанський на ділянці Полтава – Харків км 333+250 – км 472+218 та автомобільної дороги Р-52 Дніпропетровськ – Решетилівка км 49+850 – км 174+145”.

Висновки

Методики визначення розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху для будівництва нових доріг і для реконструкції або капітального ремонту існуючих доріг істотно відрізняються.

Як правило, перспективну інтенсивність руху існуючими дорогами визначають за допомогою екстраполяції ретроінтенсивності. Точність її прогнозування залежить від правильно вибраної гіпотези темпу приросту.

При довготермінових прогнозах (понад 10 років) доцільно використовувати поєднання методів, що базуються на екстраполяції змін ретроінтенсивності руху та на макроекономічних показниках соціально-економічного розвитку країни. Як додатковий метод доцільно використовувати метод експертних оцінок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. ДБН В.2.3-4:2007. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.
2. Білятинський О.А., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. Проектування автомобільних доріг: Підручник. У 2 ч. Ч 2. – К.: Вища шк., 1998. – 416 с.
3. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1984. – 287 с.
4. Scott Wilson. Ремонт автомобильной дороги Київ – Чоп. Розробка стратегії ДПП для автодорожнього сектору ЄБРР № 17657 – Проект проміжного звіту про фазу 2. Вересень 2007 р. – 29 с.
5. ОДМ “Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах”. – М.: Минтранс РФ, Государственная служба дорожного хозяйства, 2003 – 67 с.
6. Звіт про науково-дослідну роботу “Провести аналіз та оцінку ефективності різних джерел фінансування розвитку автомобільних доріг державного значення”. – ДП “Укрдпродор”, 2008. – 117 с.
7. Звіт про науково-дослідну роботу “Наукове обґрунтування стратегії розвитку мережі основних доріг та перспективу”, ДП “Укрдпродор”, 2007 р. – 176 с.