

Хом'як А.Я., канд. техн. наук, Татарченко С.В.

ПРОЕКТУВАННЯ З'ЇЗДІВ ТРАНСПОРТНИХ РОЗВ'ЯЗОК

Анотація. У статті розглянуто роботу транспортних розв'язок в умовах підвищених інтенсивностей руху. Проаналізовано існуючі методи проектування з'їздів, умови руху транспортних потоків на ділянках злиття, переплетення та розгалуження, визначені проблеми при проектуванні цих ділянок та запропоновані можливі шляхи для їх вирішення.

Ключові слова: транспортна розв'язка, з'їзд, пропускна здатність, перехідно-швидкісна смуга, транспортні потоки, інтенсивність, автомагістраль.

Аннотация. В статье рассмотрено работу транспортных развязок в условиях повышенных интенсивностей движения. Проанализировано существующие методы проектирования съездов, условия движения транспортных потоков на участках слияния, переплетения и разветвления, определены проблемы проектирования этих участков и предложены пути их решения.

Ключевые слова: транспортная развязка, съезд, пропускная способность, переходно-скоростная полоса, транспортные потоки, интенсивность, автомагистраль.

Annotation. The article considers the work of interchanges in the conditions of the increased intensities of motion. The existent methods of planning of ramp, terms of motion of transport flows, are analysed on the areas of confluence, interlacing and fork, the problems of planning of these areas are certain and the ways of their decision are offered.

Key words: interchange, ramp, carrying capacity, acceleration lane, deceleration lane, traffic flows, intensity, freeway.

Вступ

В умовах сучасної глобальної автомобілізації гостро стоїть питання забезпечення зручності та безпеки руху на автомобільних дорогах. Важливими

ділянками транспортної мережі є пересічення у різних рівнях, суть яких полягає у збільшенні пропускної здатності вузла, підвищення швидкості і безпеки руху, значного зменшення затримок транспорту і пішоходів та зведення до мінімуму витрат, пов'язаних з затримками та зниженням швидкості руху транспорту. Результат ефективності роботи пересічення у різних рівнях очікується прямо пропорційний вартості його спорудження.

Проектування транспортних розв'язок в різних рівнях – це складний процес, який полягає у оптимальному поєднанні ряду інженерних, транспортно-експлуатаційних та економічних показників.

Як показують дослідження, будівництво у складі мережі автомобільних доріг нового транспортного вузла призводить до перерозподілу потоків. В результаті, без урахування функції, яку виконує дорога не лише на даний момент, а й на перспективу, може бути перевантаження щойно побудованого вузла та суміжних з ним ділянок.

Запроектowana транспортна розв'язка повинна забезпечувати якісне транспортне обслуговування поблизу розташованих територій на перспективу строку служби не менше 20 років.

З ростом інтенсивності руху ефективність роботи багатьох розв'язок, зокрема, типу “лист конюшини“, різко знижується. Тож актуальність роботи полягає в обґрунтуванні шляхів підвищення пропускної спроможності транспортних розв'язок, зокрема, з'їздів.

Потік автомобілів на транспортних розв'язках може знаходитись у чотирьох різних якісних станах: вільному, частково зв'язаному, зв'язаному та щільному, які мають назву рівні зручності [1]. Однією з характеристик рівнів зручностей є коефіцієнт завантаження рухом z , який визначається відношенням інтенсивності руху до пропускної здатності. Для транспортних розв'язок коефіцієнт завантаження рухом z повинен бути не більше 0,7, інакше будуть виникати черги автомобілів [2].

Результати узагальнення досліджень за режимами руху на розв'язках, викладених у працях В.М. Візгалова, Е.М. Лобанова, В.В. Сильянова, А.П. Шевякова, В.П. Поліщука, В.М. Богаченка та ін., вказують, що пропускна здатність, безпека та зручність руху на розв'язках у різних рівнях залежать, значною мірою, від умов руху на ділянках пересічення: злиття, розподілу і переплетення потоків автомобілів, що характеризуються певними параметрами

елементів з'їздів, перехідно-швидкісних смуг, інтенсивністю руху та кількістю конфліктних точок (рис. 1).

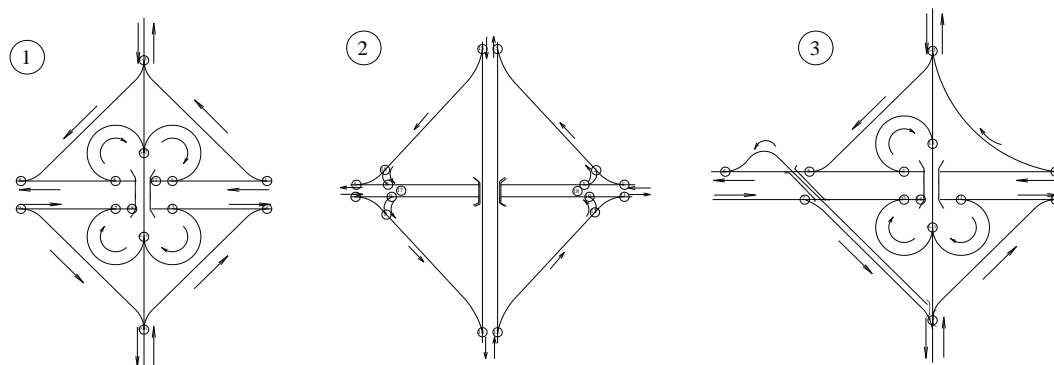


Рисунок 1 – Конфліктні точки на транспортних розв'язках

- 1 – схема розв'язки типу «лист конюшини» з однопутними з'їздами;
- 2 – схема розв'язки типу «неповний лист конюшини» з точками перетину в одному рівні;
- 3 – схема розв'язки типу «розширений лист конюшини» з потужним лівоповоротним з'їздом

Невдало підібраний тип транспортної розв'язки та відсутність комплексного підходу до проектування вузла призводить до підвищення щільності руху на пересіченні, втрати часу на з'їздах, підвищення аварійності, викликає підвищену загазованість навколишнього середовища та підвищує емоційну напругу водіїв (рис 2). Цим обумовлена актуальність удосконалення методів функціонального проектування розв'язок.



Рисунок 2 – Транспортна розв'язка типу «лист конюшини»

Згідно нормативних документів [3], [4] влаштування одно- та двосмугових з'їздів здійснюється в залежності від очікуваної перспективної інтенсивності руху та швидкості руху по основній дорозі та з'їздах відповідно до класу перетину. Кількість смуг руху визначається залежно від пропускної здатності смуги, яка, в свою чергу, залежить від розрахункової швидкості руху по основному напрямку та на з'їзді. У роботах вітчизняних та російських вчених при визначенні розрахункової швидкості руху по з'їзду автори виходять з необхідності відповідності її тій оптимальній швидкості, при якій спостерігається максимальна пропускна здатність смуги руху.

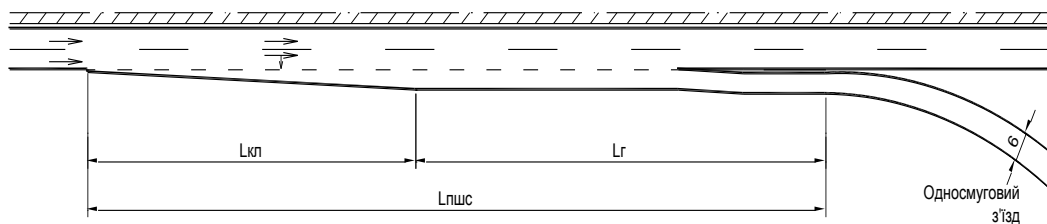
Недоліком такого визначення є те, що крім розрахункової швидкості, яка, крім того, не завжди відповідає фактичній швидкості руху, не враховується інтенсивність руху по основному напрямку (на дорогах I категорії – на крайній смузі праворуч) і величина граничного інтервалу часу, достатнього для безпечного виїзду автомобіля зі з'їзду на основну смугу руху. Інтенсивність транспортного потоку на основній дорозі може змінюватися в широких межах. При максимальній інтенсивності на зовнішній смузі праворуч автомагістралі вливання теоретично неможливе, тому на з'їзді виникають черги автомобілів, які створюють затори як на самому з'їзді, так і на основній дорозі. Затримка в транспорті хоча б на одному із з'їздів розв'язки типу "лист конюшини" призводить через деякий час до затримки на всій розв'язці. У іншому, протилежному випадку, коли інтенсивність руху на зовнішній смузі праворуч головного напрямку близька до нуля, то кількість автомобілів, що виходять на з'їзд, залежить лише від пропускної здатності смуги руху з'їзду. У такому випадку з'їзд перетворюється на елемент заокруглення самої дороги, а не транспортної розв'язки.

Тому, пропускна здатність з'їздів повинна визначатися або від умов вливання автомобілів в потік в основній дорозі, або визначається геометричними розмірами в плані, поперечному та поздовжньому профілях. Умови вливання характеризуються, основним чином, плануванням вхідної та вихідної ділянок з'їздів, які можуть являти собою перехідну криву або смугу розгону та гальмування.

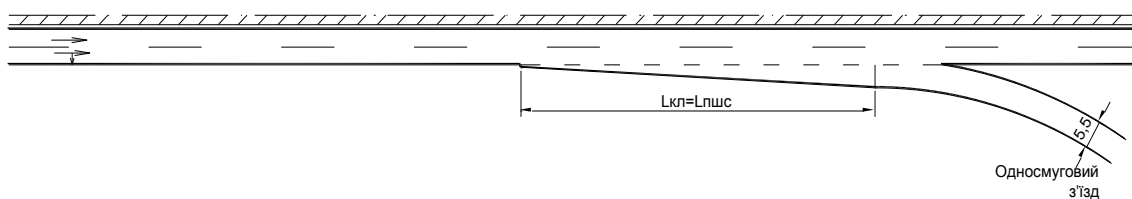
Величини пропускної здатності з'їздів за наявності і відсутності перехідно-швидкісних смуг значно відрізняються [5]. На транспортних розв'язках у випадку відсутності перехідно-швидкісних смуг величина відносної аварійності збільшується в 1,5 рази.

Згідно нормативних документів, поза межами населених пунктів перехідно-швидкісні смуги є обов'язковим елементом при планування з'їздів транспортних розв'язок для I-III категорій автомобільних доріг. В населених пунктах перехідно-швидкісні смуги не проектуються, крім випадків різниці швидкостей руху між основним напрямком та з'їздом 30 км/год. Відокремлення та злиття потоків при в'їзді на односмуговий з'їзд та виїзді з нього відбувається таким чином (рис. 3, 4).

а)



б)



в)

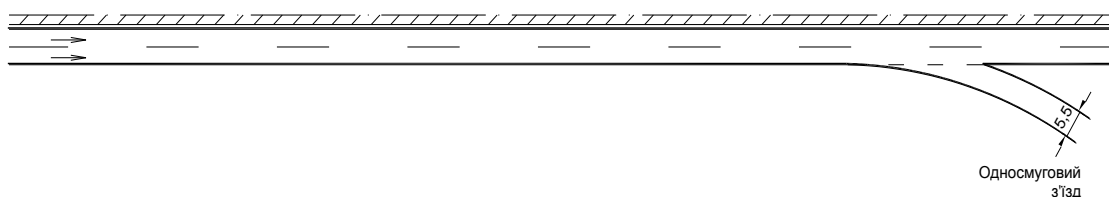
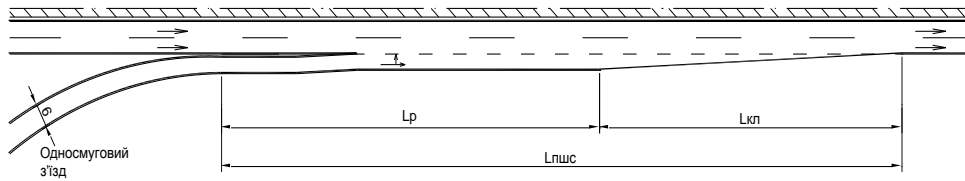


Рисунок 3 – Виїзд на односмуговий з'їзд

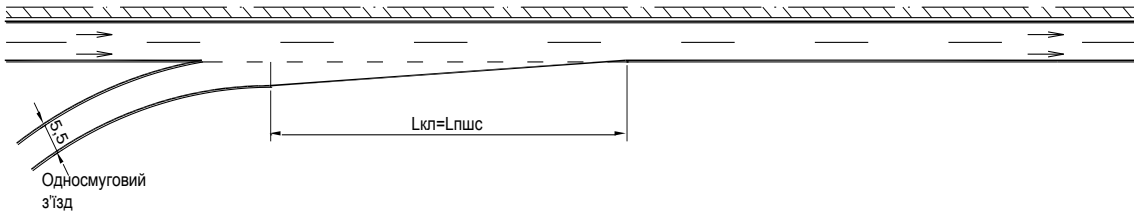
- а) поза межами населеного пункту;
- б-в) в населеному пункті.

За інтенсивності руху автотранспорту на з'їздах більшій, ніж розрахункова пропускна здатність однієї смуги, слід проектувати двосмугові з'їзди. В зв'язку з цим, може виникнути необхідність влаштування та перепланування перехідно-швидкісних смуг з метою забезпечення достатньої пропускної здатності зон злиття та розподілу потоків автомобілів [6].

а)



б)



в)

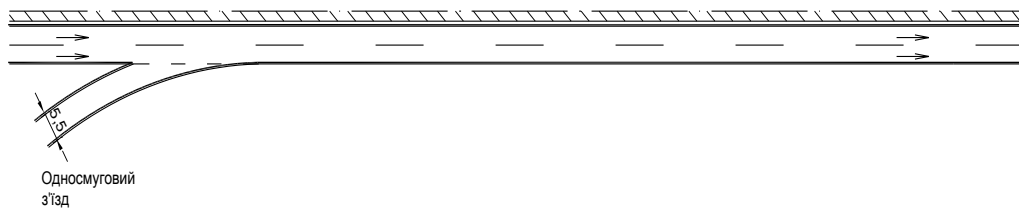


Рисунок 4 – Виїзд на основну дорогу із односмугового з'їзду

а) поза межами населеного пункту;

б-в) в населеному пункті

В нормативних документах немає будь-яких вимог щодо проектування двосмугових перехідно-швидкісних смуг, оскільки ще недостатній досвід їх проектування і експлуатації. У ВСН 103-74 [7] лише зазначено, що двосмугові з'їзди необхідно проектувати з влаштуванням додаткової смуги, довжиною не менше 600 м. У нормах закордонних країн це питання жорстко відрегульоване. Наприклад, у нормах США відмічається, що двосмугові перехідно-швидкісні смуги повинні мати значно більшу довжину, ніж односмугові, для забезпечення безпечного розподілу транспортних потоків при виїзді з дороги або злиття при в'їзді на неї. Існуючі схеми виходу на двосмугові з'їзди при вході на них не відрізняються від схем виходу та входу на односмугові з'їзди, що при великих інтенсивностях значно ускладнюють рух на усьому пересіченні, створюючи в години-пік заторові ситуації (рис. 5).



Рисунок 5 – Виїзд з двосмугового з'їзду при відсутності перехідно-швидкісної смуги

На примиканні двосмугових з'їздів ділянка злиття потоків повинна мати достатню пропускну здатність для перепуску основного потоку та потоку зі з'їзду.

$$P_{зл} \succ N_з + N_{о.д.}, \quad (1)$$

де $P_{зл}$ – пропускна здатність ділянки злиття основного потоку та потоку зі з'їзду;

$N_з$ – очікувана інтенсивність на з'їзді;

$N_{о.д.}$ – очікувана інтенсивність на зовнішній смузі праворуч основної дороги або перехідно-швидкісній смузі.

Коли сумарна інтенсивність руху по з'їзду та смузі основного напрямку наближається до пропускної здатності зони злиття потоків, спостерігається утворення черг як на основному напрямку, так і на з'їзді.

$$P_{зл} \cong N_з + N_{о.д.}, \quad (2)$$

Вирішенням даної проблеми є влаштування перехідно-швидкісної смуги, а за наявності останньої – подовження її довжини.

У випадку, коли сумарна інтенсивність більша за пропускну здатність ділянки злиття потоків, необхідно влаштовувати двосмугові перехідно-швидкісні смуги. Можливі варіанти виїзду на основну дорогу з двосмугового з'їзду при забезпеченій пропускній здатності зони злиття зображені на рис. 6, 7, при незабезпеченій пропускній здатності зони злиття – по рис. 8 з додаванням смуги руху на головній дорозі.

$$P_{зл} < N_з + N_{o.d.}, \quad (3)$$

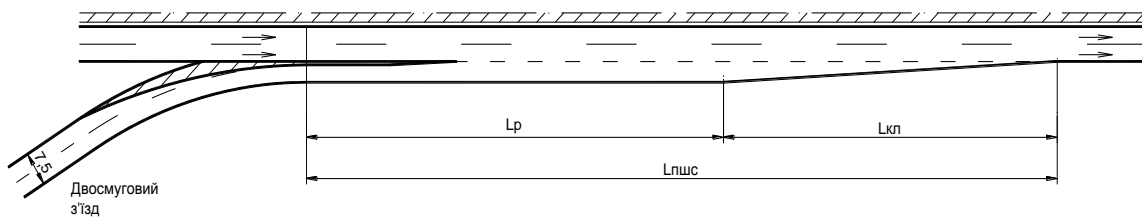


Рисунок 6 – Двосмуговий з'їзд з односмуговою перехідно-швидкісною смугою

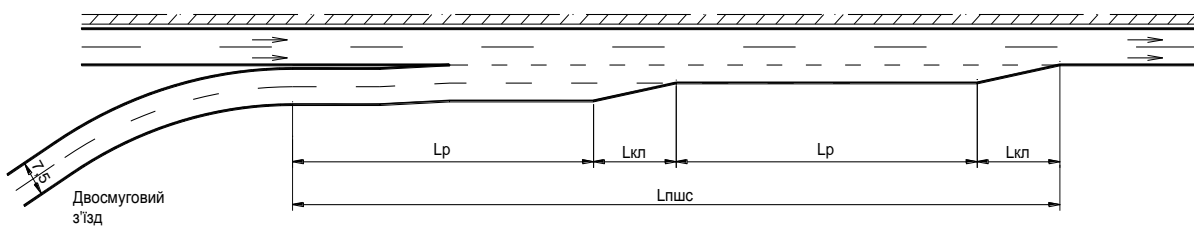


Рисунок 7 – Двосмуговий з'їзд з двосмуговою перехідно-швидкісною смугою з двома ділянками маневрування

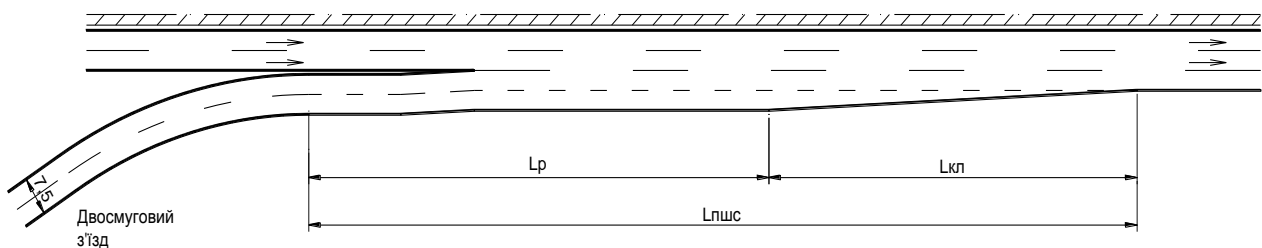


Рисунок 8 – Двосмуговий з'їзд з двосмуговою перехідно-швидкісною смугою

У кожного типу розв'язки існують свої «звужені» місця, від яких істотно залежить зручність руху та ефективність роботи всього транспортного вузла. Частіше всього це ділянки між суміжними з'їздами, на яких здійснюється злиття, переплетення та розгалуження потоків. Вирішення даної проблеми

значно покращить роботу транспортного вузла та збільшить його пропускну здатність в цілому. Згідно нормативних документів довжина ділянок між суміжними лівоповоротними з'їздами не нормується і обмежується лише кутом перетину пересічення.

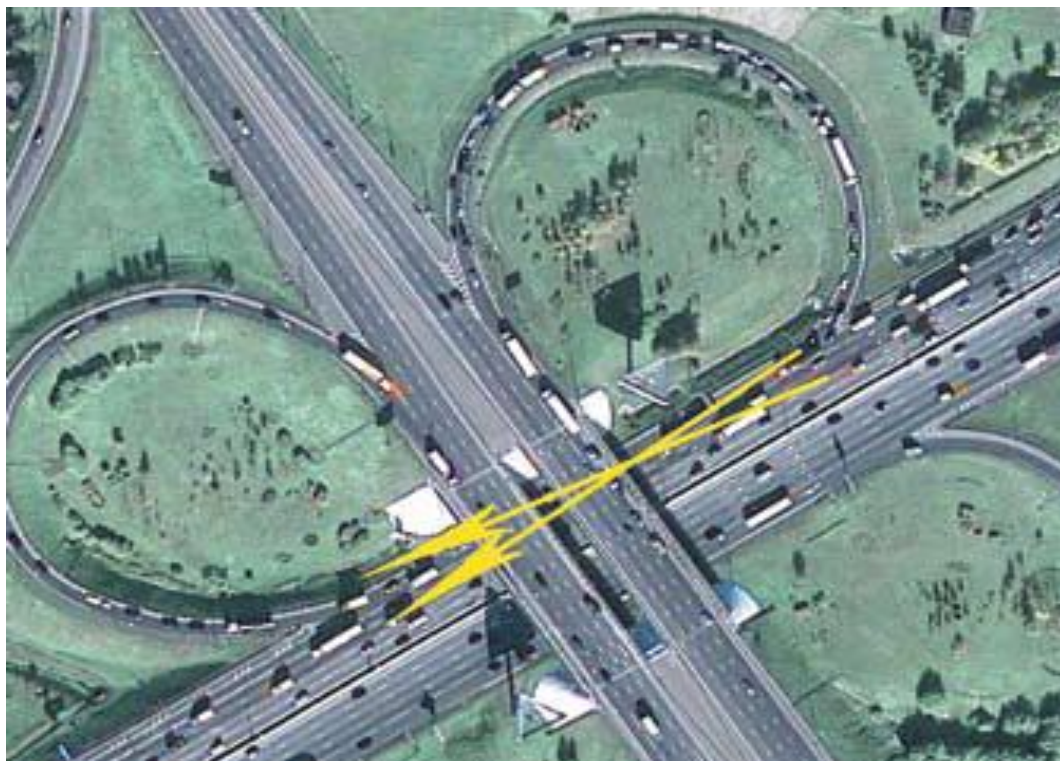


Рисунок 9 – Зона переплетення транспортних потоків

При високих інтенсивностях водію необхідно перешикуватися і в той же час контролювати ситуацію на сусідній смузі, інтервали до транспортних засобів на обох смугах і швидкості транспортних засобів на обох смугах, а також постійно перевіряти "сліпу зону". Особливою проблемою у цьому випадку являються важкі автопотяги, які розганяються, і яким просто не дозволяють перешикуватися "жваві" легкові автомобілі, що і гальмує весь транспортний потік (рис. 9).

Передбачити дану ситуацію на стадії проекту можна експертним шляхом, знаючи необхідні інтенсивності руху. В Німеччині таку оцінку здійснюють за допомогою імітаційного моделювання транспортних потоків в програмі PTV Vision VISSIM. Самим дешевшим покращенням даної ситуації може бути подовження області перешикування потоків за рахунок витягування лівоповоротного з'їзду вздовж основної дороги. Більш дорожчим рішенням являється влаштування прямого або напівпрямого лівоповоротного з'їзду, який дозволить взагалі уникнути ділянки пересічення потоків. Зменшенню кількості

небезпечних зон на транспортних розв'язках також сприяють різноманітні удосконалення їх форм. Наприклад, найбільш зручні умови руху створюються, коли на основній дорозі з'їзд знаходиться перед в'їздом. Для цього передбачається відокремлення з'їжджаючих та в'їжджаючих потоків від основної дороги окремим проїздом (рис. 10).

Область пересічення потоків переноситься з основної дороги на з'їзд та зменшується кількість конфліктних точок для основного транспортного потоку. Пересічення потоків на з'їздах відбувається за менших швидкостей. Це, в свою чергу, збільшує пропускну здатність розв'язки та безпеку для водіїв.

Аналіз завантаженості вулично-дорожньої мережі м. Києва засвідчує, що її пропускну здатність, практично, вичерпана, включаючи транспортні вузли.

Вулично-дорожня мережа м. Києва побудована по нормах для умов руху 60-х років, яким характерний рівень автомобілізації 60 авт./1000 жит. Склад руху в цей період був 80-90 % вантажних та 20 % легкових автомобілів.

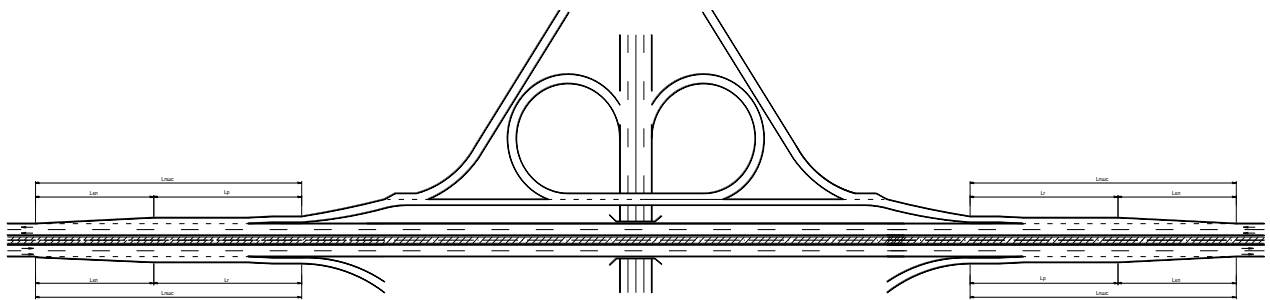


Рисунок 10 – Схема виносу переплетення потоків за межі основної дороги

Пікове навантаження у порівнянні з 60-ми роками не лише збільшилось, але й стало довшим. Якщо раніше пікове навантаження спостерігалось на протязі 1-2 годин, то тепер воно зберігається на протязі 10-18 годин, на багатосмугових дорогах максимальна інтенсивність зберігається протягом більшої частини доби. Істотно змінилась інтенсивність у ранковий, вечірній та нічний час. Якщо раніше годинна інтенсивність руху у цей момент складала 0,3-1 % від добового обсягу і складала до 30-50 авт./год, то в даний час її величина 100-150 авт/год, що для двосмугових доріг практично рівна розрахунковій годинній інтенсивності. При цьому, змінився склад руху: легкові автомобілі 60-90 %, вантажні 10-40 %; інтенсивність руху і розподіл добового обсягу руху по годинам доби.

Хронічне відставання дорожньо-мостового будівництва від реальних потреб міста, ускладнене різким ростом парку автомобільного транспорту, недостатня протяжність магістральних вулиць, дефіцит машино-місць для зберігання та паркування легкових автомобілів, а також недоліки проектування багатьох транспортних розв'язок призвело до того, що близько 80 % магістралей і транспортних вузлів, особливо у центральній частині міста, працюють на межі пропускної здатності.

Висновки

В результаті проведених натурних обстежень за режимами руху на транспортних розв'язках в м. Києві було встановлено, що протягом тривалого часу доби транспортні розв'язки працюють з максимальним завантаженням. Відсутність сучасних норм на проектування складних пересічень в різних рівнях часто призводять до прийняття неправильних рішень і неправильного розподілу ресурсів.

Для розробки норм проектування таких пересічень необхідно проводити детальні дослідження умов руху щільного транспортного потоку, спираючись при цьому на досвід закордонних країн.

Література

1. "Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог". Минавтодор РСФСР. – М.: Транспорт, 1975.
2. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог: Учебн. пособие для авт.-дор. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М: Высш. шк., 1989. – 319 с.
3. ДБН В.2.3-4-2007 "Автомобільні дороги. Споруди транспорту".
4. ДБН В.2.3-5-2001 "Вулиці та дороги населених пунктів. Споруди транспорту".
5. Полищук В.П. Исследование движения транспортных потоков на развязках автомобильных дорог: автореф. дис. канд.техн.наук – К., 1969.
6. Богаченко В.Н. Усовершенствование методов организации дорожного движения на развязках автомобильных дорог:автореф. дис. канд. техн. наук – К., 1988.
7. Технические указания по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог (ВСН 103-74). Минтрасстрой СССР. М., "Транспорт", 1975, 64 с.