

УДК 625.72

Б.В.Солуха
С.І.Ботвіновська
В.Голубенко

ВПЛИВ ОСНОВНИХ ЧИННИКІВ ВУЛИЦЬ ТА ДОРІГ НА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Сукупність автомобільних доріг, вулиць та дорожньо-транспортних споруд, пристроїв і пристосувань на них – все це найбільш важливі інфраструктурні об'єкти транспортних комунікацій будь-якої держави.

В загальному випадку витрати автомобільного пального та забруднення навколишнього середовища у реальних умовах експлуатації можуть бути представлені як постійна функція від:

- щільності вулично-дорожньої мережі міста (ВДМ);
- категорії вулиць і доріг;
- кількості та класу дорожньо-транспортних споруд на ВДМ міста;

А також, як недостатньо-визначена функція від:

- інтенсивності, швидкості, щільності та складу транспортного потоку;
- ухилів та дорожнього покриття;
- наявності вузьких місць на ВДМ;
- кількості циклів розгону та гальмування;
- частоти та тривалості зупинок.

Експериментальні дослідження, отримані при сприянні і за допомогою керівника ТОВ «ЕКОТОН» проф. Солухи Б.В. показали, що вплив дорожнього руху по вулично-дорожній мережі (ВДМ) міст на витрати автомобільного пального та викиди забруднюючих речовин в атмосферу мають не монотонну залежність. Але, починаючи з якогось рівню швидкості руху, приблизно з 30-40 км/год можуть носити більш лінійний характер.

На сьогоднішній день, коли будівництво нових вулиць і доріг знову почало набирати оберти, для підвищення технічного стану дорожньої інфраструктури виникає необхідність не лише у правильному виборі геометрії майбутньої вулиці, а і в реконструкції існуючої ВДМ міста. Саме тому, вже на стадії варіантного проектування ВДМ та споруд слід враховувати енергетичні та екологічні параметри майбутнього, прогнозованого, транспортного потоку на них.

Із існуючих літературних джерел відомо, що збільшення верхньої межі швидкості з 72 до 104 км/год [1] підвищує споживання пального на 5% але знижує викиди забруднюючих речовин в атмосферу на 1%. Ліквідація заторів на вузьких місцях магістралей зменшує витрати пального на 3% і загазованість

на 5%. При розгоні автомобілю [2] споживання пального досягає 51%, а викиди забруднюючих речовин – 47%. При русі із швидкістю 25-30 км/год витрати пального вантажним транспортом збільшуються в 2-3 рази у відповідності з оптимальною швидкістю.

На основі існуючих технічних характеристик сучасних легкових автомобілів, оптимальною економічною для них швидкістю руху вважається 80-110 км/год. При такій швидкості абсолютні витрати пального для автомобілів середнього об'єму 1.6-2.0 л змінюється в межах від 6 до 13.5 л на 100 км. За результатами досліджень [2] при русі автомобілів із швидкістю 30-40 км/год питома витрата палива на перевезення одного пасажиру збільшується в 1.9-2.7 рази у відповідності із оптимальною швидкістю. Нерівномірний рух транспортного потоку пов'язаний із системою світлофорної сигналізації впливає на витрати пального в значній мірі. Так, існування двох-трьох перехрещень в одному рівні або пішохідних переходів збільшує витрати пального приблизно на 15-25%. Для вантажного автомобілю при обмеженні максимальної швидкості до 50 км/год витрати пального збільшуються на 12% по відношенню до швидкості 60-65 км/год

Все вищесказане доводить, що показник швидкості суттєво впливає на витрати пального, а це призводить до необхідності виявлення впливу базових параметрів вулиць та доріг. Це насамперед наявність, криволінійних ділянок, їх форма та геометричні параметри.

На сьогоднішній день з'явилися методики, які дозволяють алгоритмічно розраховувати величину витрат автомобільного пального в залежності від типу кривої, радіусу кривої, кута повороту дороги та швидкості руху автомобіля. Але, серед існуючих методик не було виявлено таких досліджень, які б документально довели вплив змін поздовжнього профілю вулиці, при реконструкції або влаштуванні на ній перехрещень в різних рівнях, на навколишнє середовище і витрати пального автотранспортом. Хоча, цілком очевидно, що покращення поздовжнього профілю магістралі і зміною типу руху на ній може зменшити перепади швидкості і тим самим витрати пального. Також, не слід забувати, що поздовжній профіль дороги впливає як на середню швидкість руху автомобілів так і на режим руху окремого автомобіля на певній ділянці дороги (особливо це стосується тяжких вантажних транспортних засобів).

Оскільки, найбільш важливим заходом по зниженню витрат пального вважається забезпечення рівномірного руху автомобілів в потоці, тобто з постійними швидкостями, то в даній роботі будемо вважати, що швидкість вантажного автомобіля, а саме для нього виконуємо дослідження, на криволінійних ділянках ВДМ міста приймемо постійною на протязі всього

повороту вулиці або повороту на з'їзді дорожньо-транспортної споруди. Хоча в житті такі умови були б названі ідеальними, і навряд чи могли б існувати.

Подальші дослідження будуть спиратися на систему, вихідними параметрами якої виступатимуть:

- підйоми та спуски на ВДМ і під'їздах до дорожньо-транспортних споруд;
- транспортний потік в цілому, включаючи: склад, швидкісний режим, інтенсивність руху;
- геометрія елементів ВДМ: радіуси горизонтальних і вертикальних кривих, ширина проїжджої частини, наявність перехідних кривих на підходах до дорожньо-транспортних споруд та їх тип.

Дана робота була виконана з використанням розрахункових методів, що лежать в основі створення оцінки впливу шкідливих об'єктів на навколишнє середовище (ОВНС). На основі методу розрахунку максимально можливої маси $M_{\text{мр}}$ (г/с, т/рік) викидів автотранспортних потоків, що рухаються по вулично-дорожній мережі міста в найгіршій для населення ситуації – в годину “пік”. З урахуванням оцінки максимально разової концентрації $C_{\text{мр}}$ (мг/м³, ГДК.мр) забруднювачів на приміагістральній території і в зоні житлової забудови. Документація даного типу входить до складу містобудівної передпроектної та проектної документації будь-якого об'єкту нового будівництва або реконструкції та визначається в Україні ДБН А.2.2-1-95 [3].

Залежність споживання палива і маси викидів чадного газу CO від режиму руху вантажних автомобілів

В основу алгоритму оцінювання покладена залежність споживання палива Π (г/с) та питомих викидів g_{ijk} (г/с) від режиму і умов руху. Залежності визначені з урахуванням всього комплексу затверджених та опублікованих методик, а також наукових праць (кілька сотень джерел). Дані з різних джерел осереднені.

Принциповим є подання вихідних даних в одиницях «г/с», а не «г/км», «г/кВт*с», «%.об» чи інших. Згідно нормативу ОНД-86, результатом розрахунків екологічного стану дорожнього об'єкта є поділянкові оцінки викидів в одиницях «г/с», за якими у програмному засобі «ЕОЛ» визначаються екологічні карти розсіювання шкідливих речовин по приміагістральній території.

За вимогами нормативу ОНД-86, оцінки відбивають найгірші умови руху по вулично-дорожній мережі міста у годину «пік», коли одночасно рухається не менше сотні автомобілів (100...4000 нат.од/год). Нижче подані оцінки нормовані для одного транспортного засобу (рис. 1, 2).

*Залежність питомих викидів g_{ijk} (г/с)
від швидкості руху V (км/год).*

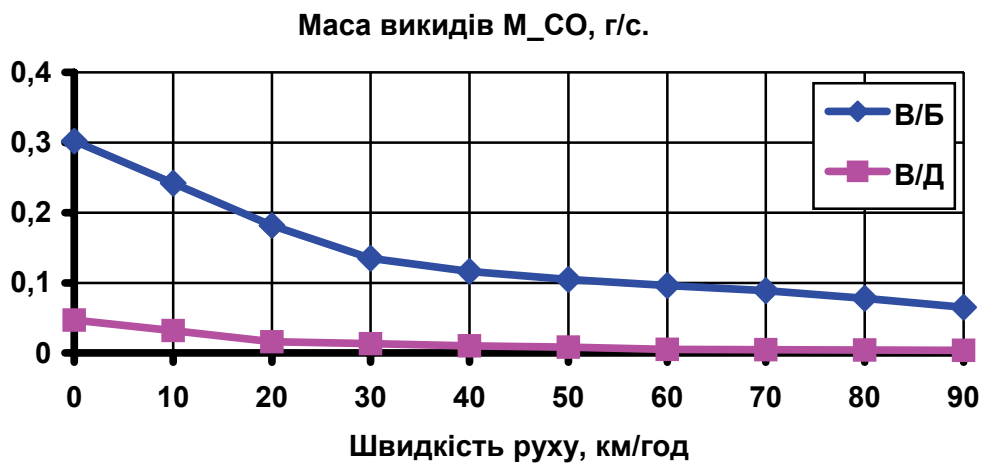


Рис. 1. Залежність питомих викидів вуглецю оксиду M_{CO} (г/с) від швидкості руху V (км) для бензинових (В/Б) і дизельних (В/Д) вантажних автомобілів

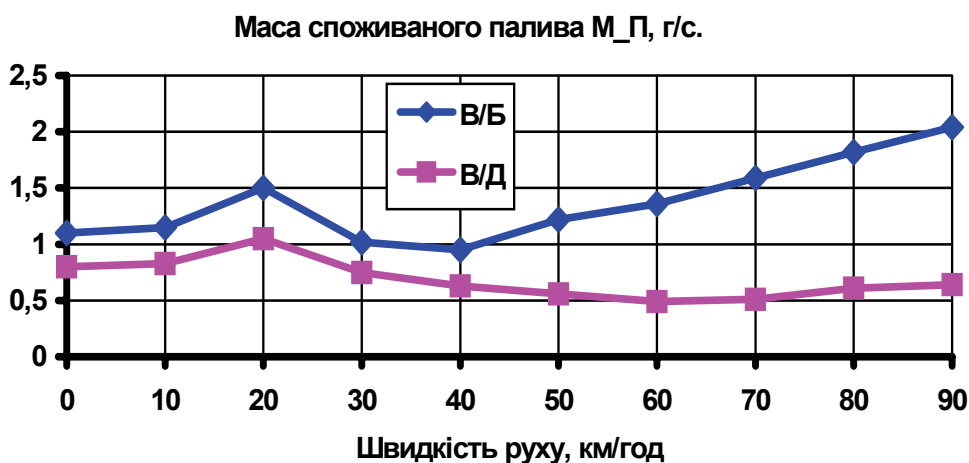


Рис. 2. Залежність споживання палива $M_{П}$ (г/с) від швидкості руху V (км) для бензинових (В/Б) і дизельних (В/Д) вантажних автомобілів

Подані залежності $M_{CO}(V)$ і $M_{П}(V)$ (рис. 1, 2) є характеристиками ВДМ у годину «пік», а не одного технічного засобу. При русі автомобіля із різними швидкостями у межах 0...90 км/год, водій або автомат вибирає різні положення коробки передач (I...IV чи I...V). Залежно від положення «педаль газу» («акселератора»), у кожному положенні коробки двигун може обертатися на різних частотах – від низьких до високих. Для одного автомобіля залежність витрат палива від швидкості руху має пилкоподібний характер. На дорозі, за рахунок різної реакції водіїв та різноманітних характеристик машин, залежність усереднюється. Розглянемо приклади.

Приклад 1. Вантажний бензиновий автомобіль проходить ділянку дороги 1 км із швидкістю 20 км/год і 60 км/год. Час руху складе відповідно 180 с і 60 с. Викиди CO становитимуть $180 \text{ с} * 0,182 \text{ г/с} = 32,76 \text{ г. CO}$ і $60 \text{ с} * 0,096 \text{ г/с} = 5,76 \text{ г. CO}$, або менше у 5,7 разів. **Висновок.** Для мешканців приміагістральної території забруднення знизиться багаторазово. **З екологічної точки зору, слід всіляко добиватися руху автотранспорту повз житлову забудову на високих швидкостях.** Як правило для цього необхідні багаторівневі транспортні розв'язки.

Приклад 2. Вантажний бензиновий автомобіль проходить ділянку дороги 1 км із швидкістю 20 км/год і 60 км/год. Час руху складе відповідно 180 с і 60 с. Середнє споживання палива становитиме $180 \text{ с} * 1,5 \text{ г/с} = 270,0 \text{ г.П}$ і $60 \text{ с} * 1,36 \text{ г/с} = 81,6 \text{ г.П}$, або менше у 3,3 разів. **Висновок.** З огляду на необхідність енергозбереження, рух на високих швидкостях багаторазово вигідніший. У діапазоні швидкостей 20...70 км/год споживання палива знижується орієнтовно у кратність збільшення швидкості.

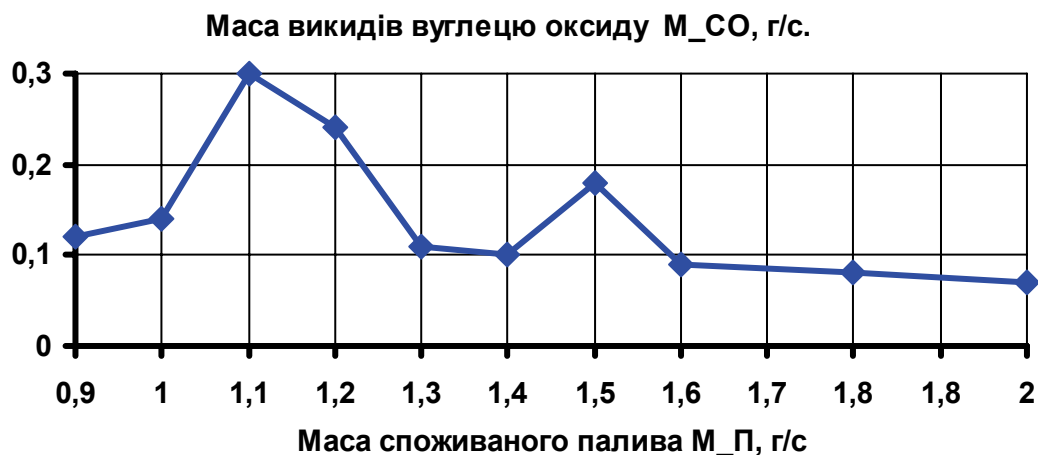


Рис. 3. Орієнтовна залежність питомих викидів вуглецю оксиду M_{CO} (г/с) від споживання палива для бензинових вантажних (В/Б) автомобілів

Залежність M_{CO} від $M_{П}$ (рис. 3) не є і не може бути монотонною, оскільки відбиває не роботу одного двигуна з різною частотою обертів вала, а роботу двигунів багатьох автомобілів на ділянці вулично-дорожньої мережі, які рухаються на протязі години «пик» з різною швидкістю, при різних коефіцієнтах передач трансмісій і різних частотах обертів валів.

**Залежність питомих викидів g_{ijk} (г/с)
від схилу S_x (% , ‰).**

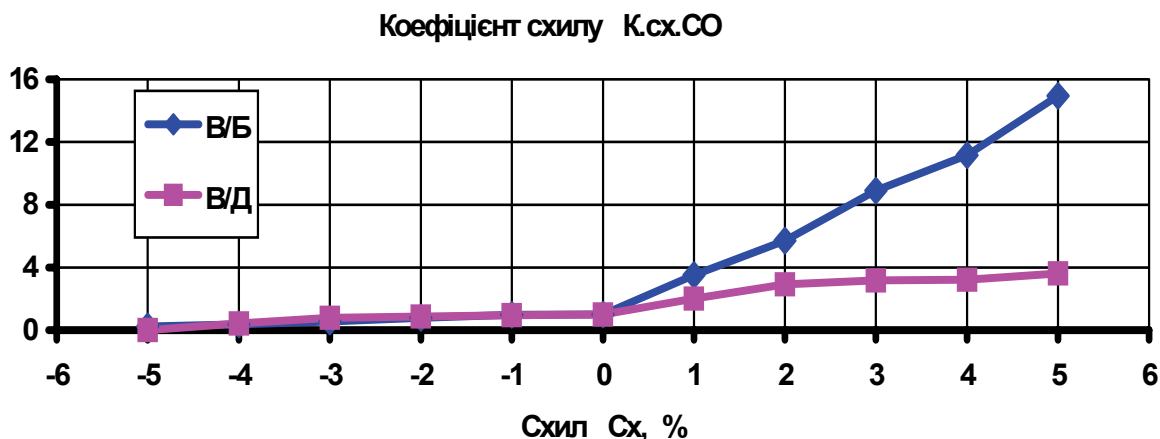


Рис.4. Залежність коефіцієнту схилу для викидів CO $K_{сх.CO}$ від схилу дороги S_x (%) для бензинових (В/Б) і дизельних (В/Д) вантажних автомобілів

Приклад 3. Ділянка дороги довжиною 1 км має схил 30 %. Транспорт рухається у двох напрямках. Приймемо, що, незалежно від напрямку руху, вантажний бензиновий автомобіль проходить цю ділянку із швидкістю 20 км/год, а час руху дорівнює 180 с. В умовах горизонтальної дороги маса викидів CO становитиме $180 \text{ с} * 0,182 \text{ г/с} = 32,76 \text{ г.CO}$, а для двох напрямків – 65,52 г.CO. При русі вгору маса викидів збільшиться до $32,76 \text{ г.CO} * 8,9 = 291,56 \text{ г.CO}$, при русі з гори зменшиться до $32,76 \text{ г.CO} * 0,55 = 18,02 \text{ г.CO}$. Разом для двох напрямків маса викидів становитиме $291,56 + 18,02 = 309,58 \text{ г.CO}$, що у 4,7 рази більше, ніж при русі по горизонтальній дорозі. **Висновок.** У екологічній площині, величина схилу є дуже вагомим негативним фактором, що діє на вулично-дорожній мережі. **При проектуванні слід оптимізувати трьохфакторний вплив: швидкість руху, довжину схилу і величину схилу.** При русі на високих швидкостях вигідніше мати більш крутий, але значно короткий підйом, наприклад, в'їзд на естакаду.

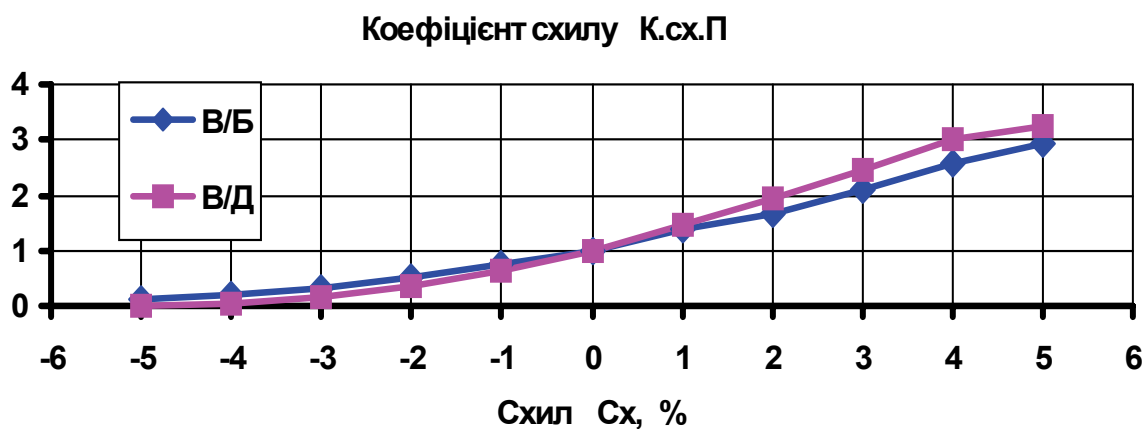


Рис. 5. Залежність коефіцієнту схилу для споживання палива $K_{сх.П}$ від схилу дороги S_x (%) для бензинових (В/Б) і дизельних (В/Д) вантажних автомобілів

Приклад 4. Ділянка дороги довжиною 1 км має схил 30 ‰ (рис. 5). Транспорт рухається у двох напрямках. Прийемо, що, незалежно від напрямку руху, вантажний бензиновий автомобіль проходить цю ділянку із швидкістю 20 км/год, а час руху дорівнює 180 с. В умовах горизонтальної дороги споживання палива становитиме $180 \text{ с} * 1,5 \text{ г/с} = 270,0 \text{ г.П}$, а для двох напрямків – 540,0 г.П. При русі вгору споживання палива збільшиться до $270,0 \text{ г.П} * 2,11 = 569,7 \text{ г.П}$, при русі з гори зменшиться до $270,0 \text{ г.П} * 0,32 = 86,4 \text{ г.П}$. Разом для двох напрямків споживання палива становитиме $569,7 + 86,4 = 656,1 \text{ г.П}$, що в 1,22 раза більше, ніж при русі по горизонтальній дорозі. **Висновок.** В умовах схилу фактор «споживання палива» менш критичний, ніж фактор «маса викидів забруднювачів».

Коефіцієнт опору руху $K.f$ визначає залежність питомих викидів g_{ijk} (г/с) jk -автомобілем від типу дорожнього покриття f : АЦБ - асфальтобетонне, цементнобетонне; ЧЩ - чорне щебіночне з рівною поверхнею; БЩ - біле щебіночне; БМ - булична мостова. Коефіцієнт опору руху $K.f$ для асфальтобетонного і цементнобетонного покриття прийнято за 1. **Висновок.** З обох графіків $K.f.CO$ і $K.f.П$ однозначно витікає вимога влаштовувати асфальтобетонне чи цементнобетонне покриття, оскільки як маса викидів CO , так і споживання палива збільшуються у рази, а забезпечити енергетично вигідній рух на високих швидкостях неможливо.

Залежність питомих викидів g_{ijk} (г/с)

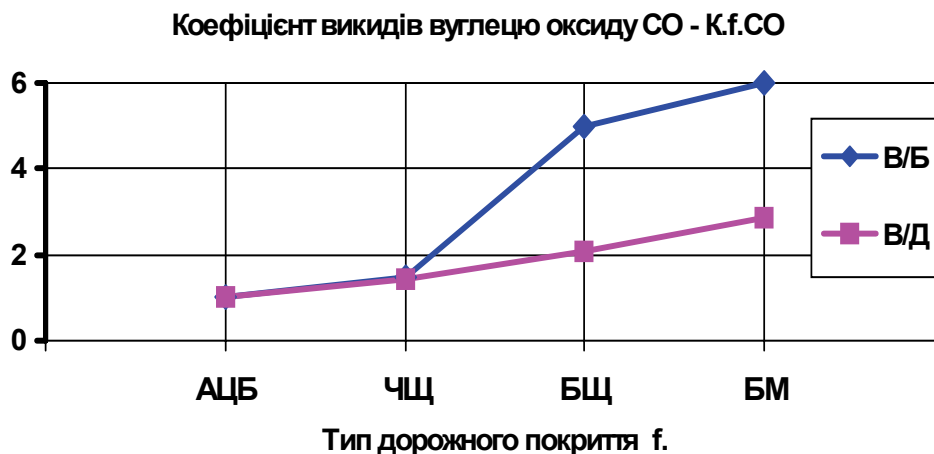


Рис. 6. Залежність маси викидів вуглецю оксиду CO від типу дорожнього покриття (опору руху f) - коефіцієнт маси викидів вуглецю оксиду $K.f.CO$, де: АЦБ - асфальтобетонне, цементнобетонне; ЧЩ - чорне щебіночне з рівною поверхнею; БЩ - біле щебіночне; БМ - булична мостова.

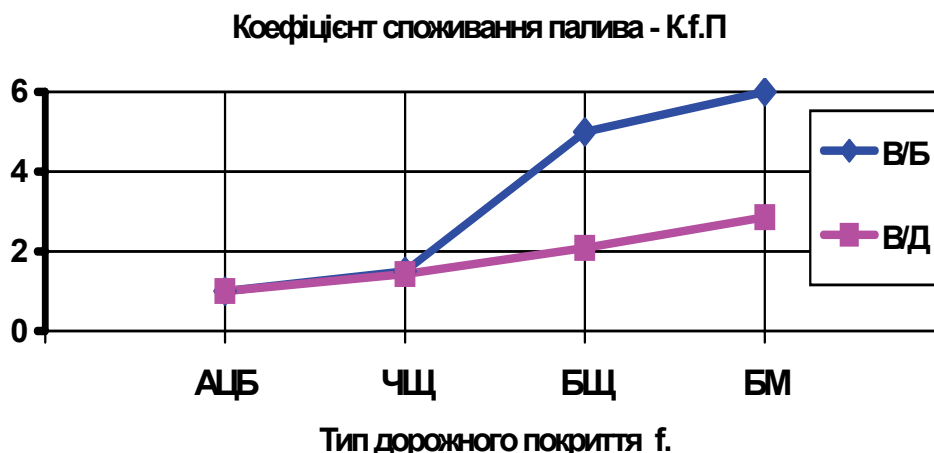


Рис. 7. Залежність споживання палива від типу дорожнього покриття K.f.П

Висновки:

Безперервне вдосконалення транспортно-експлуатаційних властивостей вулиць та доріг в містах – це найголовніша задача дорожньої галузі.

На етапі геометричного моделювання найважливішим з критеріїв її розв'язання виступає плавність дороги, яка формується. Недостатня плавність вулиці або дороги, може бути закладена ще при проектуванні, навіть з використанням сучасних методик та стандартів. Ці помилки складно виправляються навіть при реконструкції. В той же час, вдало підібрані і узгоджені за принципами внутрішньої гармонії криволінійні елементи плану та поздовжнього профілю вулиці або дороги забезпечують не лише динамічні плавні вимірювання всіх характеристик руху транспортного потоку, а і вселяють водіям упевненість в управлінні.

Література:

1. Моделирование движения транспорта. Kryger A.J., My A.D., Energy and air pollution consequences of traffic systems management. «Environ. Syst. Plann. Des. and Cont. Proc. IFAC Symp., Kyoto, 1977 Vol.2», Oxford e., a., 1978, 555-562 (англ.).
2. Иванов В.Н., Ерохов В.И. Экономия топлива на автомобильном транспорте. –М.: Транспорт, 1984г. 304 с.,ил.
3. Солуха Б.В. Оцінка впливу шкідливих викидів автотранспорту на атмосферне повітря в зоні житлової забудови (ОВНС згідно ДБН А.2.2-1-95). Методичні вказівки. – К.: КНУБА, 2000. – 54 с.
4. Солуха Б.В., Фукс Г.Б. Міська екологія: Навчальний посібник. – К.: КНУБА, 2004. – 338 с.
5. ДБН А.2.2.1-95. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і

споруд. Основні положення проектування. – К.: Мінбудархітектура України, 1993. – 16 с.

АНОТАЦІЯ

Розглядаються методики, які дозволяють алгоритмічно розраховувати величину витрат автомобільного пального в залежності від типу кривої, радіусу кривої, кута повороту дороги та швидкості руху автомобіля. Але, серед існуючих методик не виявлено таких досліджень, які б документально довели вплив змін повздожнього профілю вулиці, при реконструкції або влаштуванні на ній перехрещень в різних рівнях, на навколишнє середовище і витрати пального автотранспортом.

Безперервне вдосконалення транспортно-експлуатаційних властивостей вулиць та доріг в містах – це найголовніша задача дорожньої галузі у питанні збереження енергоресурсів.

АНОТАЦІЯ

Рассматриваются методики, которые позволяют рассчитывать размеры затрат автомобильного топлива в зависимости от типа кривой, радиуса кривизны, угла поворота улицы или дороги, скорости движения автомобиля в транспортном потоке. Однако, среди существующих методик отсутствуют исследования, которые могли бы документально доказать влияние изменений продольного профиля улицы при реконструкции, а так же влияние строительстве пересечений в разных уровнях на ней на окружающую среду и затраты автомобильного топлива.

Абсолютно очевидно, что постоянное усовершенствование транспортно-эксплуатационных характеристик улиц и дорог в городах – это наиболее важная задача дорожного строительства в вопросах сохранения энергоресурсов, что, безусловно, очень актуально на сегодняшний день.