

2. Розвиток процесу відриву ТШЗ можна розділити на три етапи (рис.4): початковий, коли інтенсивність відриву наростає, проміжний, коли інтенсивність є сталою, та кінцевий, коли інтенсивність поступово зменшується.

3. Зміна приживлення ТШЗ відбувається за залежністю, характер якої можна описати функцією безвідмовної роботи за розподілом Вейбула. Отримані емпіричні залежності зміни приживлення з часом мають високу достовірність апроксимації експериментальних даних.

4. За результатами аналізу залежності зміни приживлення ТШЗ є можливість створити оптимальні умови виготовлення випробувальних зразків з найвищим показником приживлення а з тим, оптимізувати технологічні параметри улаштування даного шару на дорозі.

Література

1. ВБН Г.1-218-182:2006 Класифікація робіт з ремонтів автомобільних доріг загального користування Укравтодор 2006 — 11 с.
2. Павлюк Д.О., Іваненко А.П., Глуховеря В.М., Русин Р.М. Дослідна експлуатація пристрою для оцінки адгезійних властивостей в'язучих та кам'яних матеріалів. // Автошляховик України. — 2006, № 5, С. 36-38.
3. Глуховеря В.М. Оцінка зчеплення кам'яного матеріалу з органічним в'язучим — шлях підвищення якості тонких шарів зносу дорожніх покриттів // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. — К.:НТУ, 2008. — Випуск 75. — С. 91-94
4. Павлюк Д.О., Іващенко А.П., Глуховеря В.М. До атестації пристрою для оцінки адгезійних властивостей в'язучих та кам'яних матеріалів. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. — К.: НТУ, 2009. — Випуск 76. — С. 45-49
5. Павлюк Д.А., Глуховеря В.М. Исследование приживаемости каменного материала для тонких слоев износа дорожных покрытий // Материалы международной научно-практической конференции «Перспективные направления проектирования, строительства и эксплуатации дорог, мостов и подземных сооружений» — Минск: БНТУ, 2010 — С. 155-159
6. Павлюк Д.О. Основи і застосування теорії зчпних якостей дорожніх покриттів: Дис... докт. техн. наук: 05.22.11. — К.: УТУ, 1996 — 480 с.
7. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности — М., 1965 — 524 с.
8. Минцер О.П., Угаров Б.Н., Власов В.В. Методы обработки медицинской информации. — К.: Вища школа, 1982 р. — 160 с.
9. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента — Минск: Изд. БГУ, 1982 — 302 с.

УДК 625.72

ЗАСТОСУВАННЯ ЛЕМНІСКАТИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Кандидат технічних наук Пальчик А.М.,
Білик А.В.

В даній статті наведені переваги застосування лемніскати при проектуванні автомобільних доріг.

This article highlights the advantages of using the lemniscate in the design of roads.

Постановка проблеми. Значний зріст інтенсивності й швидкості руху на автомобільних дорогах викликав збільшення дорожньо-транспортних подій, причому в деяких випадках причиною виникнення ДТП були малі радіуси заокруглень автомобільних доріг та невдало запроектоване заокруглення дороги.

Також зі збільшенням інтенсивності руху на автомобільних дорогах виникає і необхідність проведення реконструкції доріг, проектування розв'язок у різних рівнях та заміни горизонтальних кривих. В даній статті пропонується до розгляду використання лемніскати Бернуллі в якості перехідної кривої при проектуванні з'їздів та перетинів автомобільних доріг, зокрема при проектуванні з'їздів на примиканнях і перехрещеннях в одному рівні та при проектуванні дорожніх розв'язок у різних рівнях. Це, в свою чергу, надасть змогу покращити умови руху автомобілів на з'їздах, а також зменшити вартість будівництва розв'язки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки, проектуванню перехідних кривих на автомобільних дорогах стали приділяти значно більше уваги, це пояснюється збільшенням інтенсивності й швидкості руху автомобілів. Необхідно також зазначити, що в Україні, лемніската Бернуллі не отримала свого практичного застосування, проте вона широко використовується при проектуванні перехідних кривих в Англії, завдяки численним роботам Р. Доусона, присвяченим проектуванню й розбивці перехідних кривих по лемніскаті. Як правило, розбивка лемніскати виконується способом кутів і хорд.

Цілі статті. Основною ціллю даної статті є висвітлити ряд переваг щодо застосування лемніскати при проектуванні дорожніх розв'язок у різних рівнях та на заокругленнях, а також використання розробленого методу на кільцевих лівоповоротних з'їздах та заокругленнях на з'їздах автомобільних доріг в одному рівні.

Основний матеріал. Лемніската Бернуллі — геометричне місце точок, добуток відстаней від яких до двох заданих точок (фокусів) незмінна і дорівнює квадрату половини відстані між фокусами. Особлива форма лемніскати дозволяє використовувати її при проектуванні з'їздів та при розбивці серпантину.

Рівняння лемніскати в полярних координатах має вигляд:

звідси:

$$l^2 = 3C \sin 2\alpha \quad \text{та} \quad \rho = \frac{C^2}{3l}, \quad (1)$$

$$l = 3\rho \sin 2\alpha \quad \text{та} \quad l = C\sqrt{\sin 2\alpha}, \quad (2)$$

де C — параметр (більша вісь лемніскати).

При полярному куті 45° радіус-вектор досягає свого максимального значення, тобто $l = C$, а радіус кривизни — найменшого, причому радіус в цій точці рівний:

$$R = \frac{C}{3} \quad \text{або} \quad 3R = C \quad (3)$$

Полярний кут кінця перехідної кривої визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{S}{R} \times 9,55 + N_L \quad (4)$$

де N_L — поправка в залежності від кута α , вираженого в градусах. Також, як і при розбивці радіоїди, необхідно визначити величину здвигки P при розбивці лемніскати з включенням колової кривої. Якщо $P > 0,01R$, то радіус колової кривої приймається: $R_c = R + P$.

Найбільш зручно розбивати лемніскату способом кутів і хорд, визначити ж координати лемніскати порівняно складно. При побудові кривої по способу кутів і хорд, від тангенса кривої послідовно відкладаються визначені заздалегідь по таблицям полярні кути, по напрямку яких відміряються хорди, причому кожна наступна хорда відкладається від кінця попередньої хорди, кути вимірюються транспортиром, а довжина хорди відкладається циркулем. Необхідно зазначити, що цей спосіб менш точний, ніж спосіб абсцис і ординат, так як похибка в визначенні місцезнаходження будь-якої початкової точки відображається на послідовних точках і тому необхідно дуже уважно виконувати графічні роботи. Накреслити криву можна також і за допомогою радіусів-векторів, які відкладаються під тими ж кутами, що і хорди, і кожна точка кривої будується незалежно від інших точок (рис 1).

Застосування лемніскати на лівоповоротних з'їздах, наприклад, на розв'язці по типу «Лист конюшини» має ряд переваг: 1) лівоповоротний з'їзд влаштовується однією суцільною кривою — лемніскатою, без перехідних і кругових кривих; 2) зменшується довжина перехідної кривої, в порівнянні з коловою (рис. 3), 3) більш плавно відбувається зміна відцентрового прискорення: від $\max \rightarrow 0$ і від $0 \rightarrow \max$, 4) зменшуються об'єми земляних робіт і відповідно вартість будівництва.

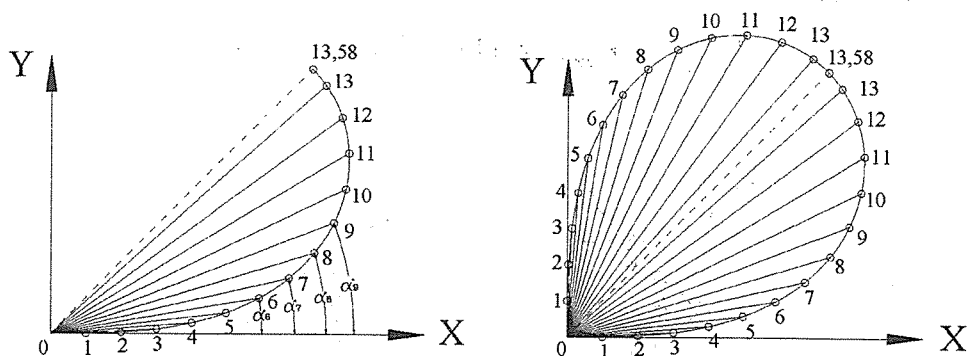


Рис. 1. Розбивка лемніскати способом кутів і радіус векторів

Зменшення об'ємів земляних робіт:

При влаштуванні відгону віражу на коловій кривій лівоповоротного з'їзду (рис. 2) перевищення зовнішньої брівки земляного полотна над внутрішньою від ПК 0+20 до ПК 5+35 є постійною величиною і становить 0,6 м, в той час як перевищення зовнішньої брівки земляного полотна над внутрішньою при влаштуванні відгону віражу на лемніскаці становить плавний перехід від меншого до більшого значень до середини кривої: 0,3м; 0,4м; 0,5 м; 0,6 м, а потім навпаки (рис.2).

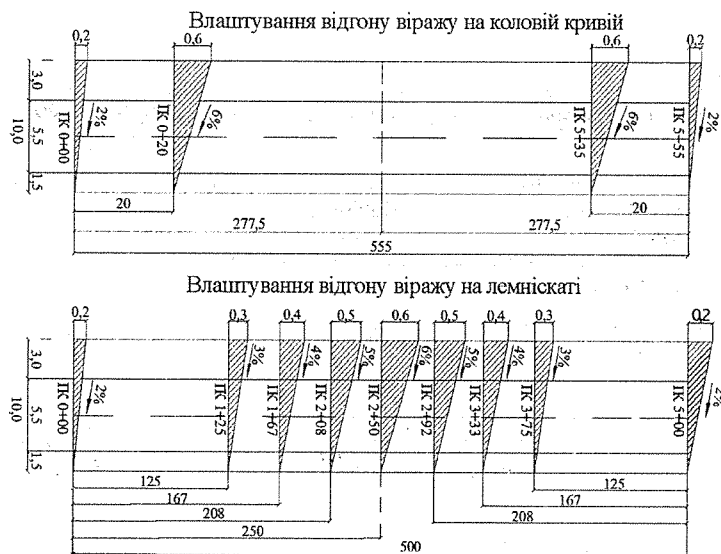


Рис. 2. Влаштування відгону віражу

Для того, щоб визначити об'єми земляних робіт, спочатку визначаємо середню площу трикутника на довжині 555 м для колової кривої (рис. 2):

$$S_{\text{сеп } \Delta} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot h_a = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,4 = 2 \text{ м}^2;$$

$$V_{\text{зем. роб.}} = S_{\text{сеп } \Delta} \cdot L = 2 \cdot 555 = 1110 \text{ м}^3 \quad (5)$$

$$S'_{\text{сеп } \Delta} = \frac{1}{2} \cdot a' \cdot h'_a = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,4 = 2 \text{ м}^2;$$

$$V'_{\text{зем. роб.}} = S'_{\text{сеп } \Delta} \cdot L' = 2 \cdot 500 = 1000 \text{ м}^3 \quad (6)$$

Визначаємо середню площу трикутника на довжині 500 м для лемніскати:

Визначаємо різницю об'ємів земляних робіт:

$$\Delta = V_{\text{зем.роб}} - V'_{\text{зем.роб}} = 1110 - 1000 = 110 \text{ м}^3 \quad (7)$$

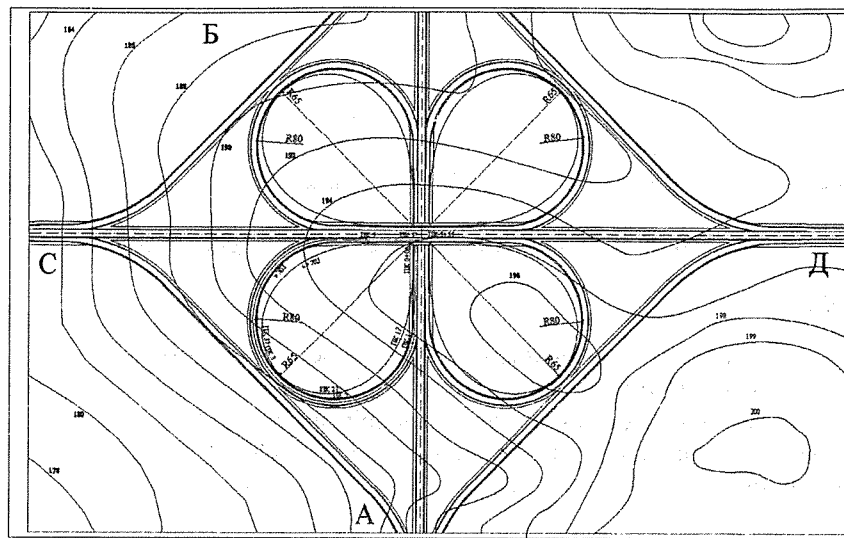


Рис. 3. Застосування лемніскати на лівоповоротних з'їздах при проектуванні розв'язки по типу «Лист конюшини»

З формули (7) видно, що об'єм земляних робіт при влаштуванні лівоповоротного з'їзду по лемніскаці на 110 м^3 менший ніж на колівій кривій і тому є економічно доцільнішим.

— Приклад розрахунку вартості будівництва лівоповоротного з'їзду АС:

$$K = L \cdot C = 555 \text{ м} \cdot 60 \text{ у.о} = 33\,000 \text{ у.о} \quad \text{— колова крива;}$$

$$K' = L' \cdot C' = 500 \text{ м} \cdot 60 \text{ у.о} = 30\,000 \text{ у.о} \quad \text{— лемніската}$$

$$\Delta = K - K' = 33\,300 - 30\,000 = 3\,300 \text{ у.о} \quad \text{— різниця вартості}$$

Отже, з розрахунків видно, вартість будівництва лівоповоротного з'їзду по лемніскаці є більш економічно-вигідним варіантом, оскільки зменшуються об'єми земляних робіт, довжина перехідної кривої і відповідно, вартість будівництва.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Наведений у статті матеріал щодо застосування лемніскати при проектуванні автомобільних доріг показує переваги нового напрямку проектування доріг із застосуванням нових геометричних елементів, в даному випадку перехідної кривої — лемніскати, а також бере участь у визначенні пріоритетних напрямків розвитку проектування транспортних розв'язок. Очікуваний ефект від впровадження викладеного у статті результату наукового дослідження буде отриманий тільки при швидкому та ефективному вирішенні питань у галузі вдосконалення норм проектування автомобільних доріг. Збільшення інтенсивності й швидкості руху на автомобільних дорогах, аналіз світових тенденцій розвитку дорожнього будівництва в рамках освітлюваної проблеми переконує в необхідності подальшого продовження науково-дослідної роботи з розвитку концепції ефективного проектування автомобільних доріг.

Література

1. Бабков В. Р., Андреев О. В. Проектирования автомобильных дорог (ч. 1,2). — М: Транспорт, 1987.
2. Бируля А. К. Влияние интенсивности автомобильного движения на его скорость // ХАДИ.- 1975-№9-С. 5-14
3. Замахаев М. С. Методы разбивки переходных кривых. Изд. Гушосдор, 1984-115 с.