

УДК625.72

ПРОЕКТУВАННЯ ТРАСИ ОБХІДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З УРАХУВАННЯМ ЕКОНОМІЇ МАТЕРІАЛЬНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

Є.Б. Угненко, професор, д.т.н., О.М. Ужвієва, асистент, ХНАДУ

Анотація. З урахуванням перспективної інтенсивності руху транзитного транспорту та проектної швидкості руху згідно з рекомендаціями щодо раціонального сполучення геометричних елементів траси визначено параметри траси обхідних автомобільних доріг.

Ключові слова: обхідна автомобільна дорога, параметри траси, економія енергетичних ресурсів, спеціальний параметр траси.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ ОБХОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Е.Б. Угненко, профессор, д.т.н., Е.Н. Ужвиева, ассистент, ХНАДУ

Аннотация. С учетом перспективной интенсивности движения транзитного транспорта и проектной скорости движения согласно с рекомендациями относительно рационального размещения геометрических элементов трассы определены параметры трассы обходных автомобильных дорог.

Ключевые слова: обходная автомобильная дорога, параметры трассы, экономия энергетических ресурсов, специальный параметр трассы.

PLANNING OF ROUTE OF ROUNDABOUT HIGHWAYS TAKING INTO ACCOUNT THE ECONOMY OF FINANCIAL AND POWER RESOURCES

Ye. Ugненко, Professor, Doctor of Technical Science, E. Uzhvieva, Assistant, KhNAHU

Abstract. Taking into account the perspective intensity of motion of transit transport and project rate of movement pursuant to recommendations in relation to the rational placing of geometrical elements of the route the parameters of the route of roundabout highways are determined.

Key words: roundabout highway, parameters of route, economy of power resources, special parameter of route.

Вступ

Екологічні проблеми при будівництві, реконструкції автомобільних доріг краще передбачати і попереджувати наперед, ніж затрачувати куди більш значні зусилля та кошти на ліквідацію несприятливих наслідків. В цьому значенні будівництво автомобільних доріг в обхід крупних міст є тим кроком, який дозволить як зняти існуючі труднощі, так і, тим більше, попередити можливі в майбутньому проблеми.

Мета та постановка задачі

Основна мета будівництва обхідних доріг – поліпшення екологічного становища в населених пунктах, зниження рівня дорожньо-транспортних пригод на магістральних вулицях, зменшення собівартості перевезень транзитних пасажирів і вантажу. Будівництво обхідної дороги є найбільш ефективним в період, коли виконується умова

$$Ц = E - B, \quad (1)$$

де Π – цільова функція необхідності будівництва обхідної дороги; E – ефект, одержаний від будівництва обхідної дороги, що дорівнює різниці сумарних приведених витрат до і після будівництва; B – витрати на будівництво обхідної дороги.

Величини ефекту (E) і витрат (B) залежать від проектного рішення обхідної дороги і визначають деякі функціонали від базових геометричних параметрів траси. Цільова функція (Π) визначає компромісне рішення між необхідністю забезпечення геометричних параметрів траси, високою швидкістю і створенням безпечних комфортабельних умов руху та необхідністю зменшення матеріальних витрат будівництва. У зв'язку з цим постає актуальна задача щодо визначення раціональних параметрів траси обхідної дороги [1, 3].

Проектування траси обхідних доріг

Пропонується проектувати трасу поетапно. На першому етапі виконується ескізне проектування траси з урахуванням ситуації, геологічних, топографічних та інших особливостей місцевості населеного пункту. Потім ескізна траса розбивається на ділянки, що являють собою сполучення горизонтальної кривої та прямолінійної вставки (при сполученні двох суміжних кривих без прямолінійної вставки приймаємо її довжину, що дорівнює нулю). Для кожної ділянки визначається коефіцієнт K_{h_i} , який характеризує середню кривизну траси у плані [2].

$$K_{h_i} = \beta_i / (b_i + K_i), \quad (2)$$

де β_i – кут повороту траси, рад; b_i – довжина прямолінійної вставки, км; K_i – довжина кривої, м.

Відрізняти ділянки з однаково сумарним значенням b_i / K_i за рівних β_i будемо за коефіцієнтом

$$\mu_i = K_{h_i} / K_i = \beta_i / (K_i L_i), \quad (3)$$

де L_i – довжина i -ї ділянки траси, км.

Для кожної ділянки визначаємо значення спеціального параметра P_i за формулою

$$P_i = 0,5 \sqrt{K_{h_i}^2 + K_{\omega_i}^2}, \quad (4)$$

де K_{ω_i} – середня кривизна в поздовжньому профілі, рад/км.

Після цього переходимо до другого етапу, на якому уточнюється ескізна проектна лінія методом оптимізації геометричних параметрів. У вигляді цільової функції оптимізації приймемо сумарні наведені витрати i -ї ділянки.

$$B_{np}(P_i) = C_i(P_i)E_n + E_{nn} \times \sum_{j=1}^t \left[\Pi_j(P_i) / (1 + E_{nn})^j \right] \rightarrow \min, \quad (5)$$

де $C_i(P_i)$ – капітальні вклади в будівництво i -ї ділянки обхідної дороги; $\Pi_j(P_i)$ – поточні витрати j -го року; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності ($E_n = 0,12$); E_{nn} – норматив приведення різночасових витрат ($E_{nn} = 0,08$); t – строк підсумовування витрат ($t = 35$ років).

В умовах сильно пересіченої і гірської місцевості невеликі зміни кривизни траси призводять до значного зростання обсягів скельних і земляних робіт. Залежність $\varphi_i(P_i)$ показує деякий функціонал $\varphi_i(P_i(\{h_n\}))$, $\{h_n\}$ – безліч висотних відміток траси по довжині L_i , де h_n визначається з рівняння поверхні другого порядку

$$h_n = Ax_n^2 + 2Bx_n y_n - Cy_n^2 + 2Dx_n + 2Ey_n + F, \quad (6)$$

де A, B, C, D, E, F – коефіцієнти, що задовольняють умови мінімуму суми квадратів відхилення точок цифрової моделі місцевості від апроксимуючої аналітичної поверхні; x_n, y_n – планові координати точок.

Поточні витрати j -го року знаходимо за формулою

$$\Pi_j = DNL_i \left[z_{пт} + z_{зм} V_{од} \right] / V_{од} + S_{di}, \quad (7)$$

де N – інтенсивність руху транзитних автомобілів в j -му році, авт/доб; D – число днів

в i -му році; $z_{пт}$ – постійні витрати, не залежні від руху; $z_{зм}$ – змінні витрати, залежні від руху; $s_{ді}$ – щорічні витрати на виконання капітального, середнього, поточного ремонту й утримання i -ї ділянки траси.

Оскільки величина змінних витрат у більшій мірі визначає витрату палива автомобілями, то транспортна складова собівартості може бути записана в такому вигляді:

$$s_{тi} = U + WQ\gamma L_i, \quad (8)$$

де U – коефіцієнт, що залежить від величини постійних витрат; W – коефіцієнт, що виражає змінні збитки через витрату пального; γ – вартість одного літра пального; Q – витрата пального на 1 км, л.

Експериментальні дослідження дозволили встановити залежність витрати пального від спеціального параметра, яка має вигляд

$$Q(P_i) = a_1 - a_2 P_i + a_3 P_i^2, \quad (9)$$

де a_1, a_2, a_3 – коефіцієнти, що визначаються за даними [2].

З урахуванням (10) перепишемо (9)

$$s_{тi} = U + W\gamma L_i (a_1 - a_2 P_i + a_3 P_i^2). \quad (10)$$

Витрати на ремонт і утримання обхідної дороги можна визначити за формулою

$$s_{ді} = s'_{ді} L_i, \quad (11)$$

де $s'_{ді}$ – витрати на ремонт і утримання 1 км дороги.

Згідно з даними, поточні витрати можуть змінюватись за законом складних процентів

$$П_j = П_0 (1 + \alpha)^j, \quad (12)$$

де $П_0$ – поточні витрати базисного року; α – коефіцієнт щорічного приросту витрат.

Введемо позначення

$$\xi = E_{нп} \sum_{j=1}^t \left[(1 + \alpha)^j / (1 + E_{нп})^j \right].$$

Тоді перепишемо (5) у такому вигляді

$$B_{нп}(P_i) = \varphi_i(P_i) \cdot L_i \psi E_{нп} + \sigma L_i E_{нп} + \xi U D N L_i + \xi U D N L_i^2 (a_1 - a_2 P_i + a_3 P_i^2) + (13) + \xi L_i s'_{ді} \rightarrow \min.$$

Розв'язавши (13) відносно P_i , отримаємо оптимальне значення геометричних елементів параметрів траси автомобільних доріг для конкретних рельєфних умов.

Висновки

Проведені дослідження показують, що оптимальні рішення цільової функції $B_{нп}(P_i)$ залежать не тільки від P_i , але й від типу застосованих кривих. Тип кривої визначає режим руху автомобілів по ній, що впливає на витрату пального, час руху, які визначають собівартість перевезень пасажирів і вантажу. Розрахунки, виконані за формулою (13) для типових умов рівнинного, пересіченого і гірського рельєфу, дозволили встановити, що при $K_{hi} < 1,75$ раціонально приймати криву типу кадїюда, при $K_{hi} \geq 1,75$ найбільш раціональним типом кривої буде гіпербола.

Встановлення раціональних параметрів траси обхідної дороги дозволить знайти цільові функції (1), найближчі до оптимальних.

Література

1. Угненко Е.Б. Усовершенствование методов оценки экологической безопасности природной среды при строительстве и реконструкции автомобильных дорог: моногр. / Е.Б. Угненко. – Харків : ХНАДУ, 2005. – 139 с.
2. Угненко Е.Б. Методология проектирования реконструкции автомобильных дорог с учетом экологических показателей моногр. / Е.Б. Угненко. – Харків : ХНАДУ, 2008. – 181 с.
3. Автотранспортные потоки и окружающая среда – 2 : учеб. пособие для вузов / Луканин В.Н., Буслаев А.П., Яшина М.В. / под ред. В.Н. Луканина. – М. : ИНФА-М, 2001. – 646 с.

Рецензент: В.І. Клименко профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 29 квітня 2010 р.