

УДК. 625.72

доцент Чередніченко П.П.,
Київський національний університет будівництва і архітектури**АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ УВ'ЯЗКИ ПОВЗДОВЖНІХ
ПРОФІЛІВ МАГІСТРАЛЕЙ НА ЇХ ПЕРЕТИНАХ В РІЗНИХ РІВНЯХ.**

Розглянуто підхід до розв'язання задачі ув'язки повздовжніх профілів магістралей на їх перетинах в різних рівнях в автоматизованому режимі.

При проектуванні перетинів транспортних шляхів в різних рівнях виникає необхідність ув'язки їх повздовжніх профілів при умові мінімізації будівельних робіт та забезпечення зручності, безпеки та безперервності руху транспорту і пішоходів в населених пунктах [4].

Вирішуючи цю задачу спочатку проектують повздовжній профіль магістралі, що проходить в рівні поверхні землі, встановлюють її відмітку H_1 в точці перетину осей магістралей в плані, а потім з врахуванням пріоритетності магістралей, особливостей рельєфу, та умов руху на перетині, встановлюють необхідну в цій же точці відмітку H_2 (рис. 1), через яку повинен буде пройти повздовжній профіль іншої магістралі [4,10], щоб забезпечити габаритну висоту отвору штучної споруди, можливість влаштування її конструкцій, дорожніх одягів і забезпечити необхідний поверхневий стік.

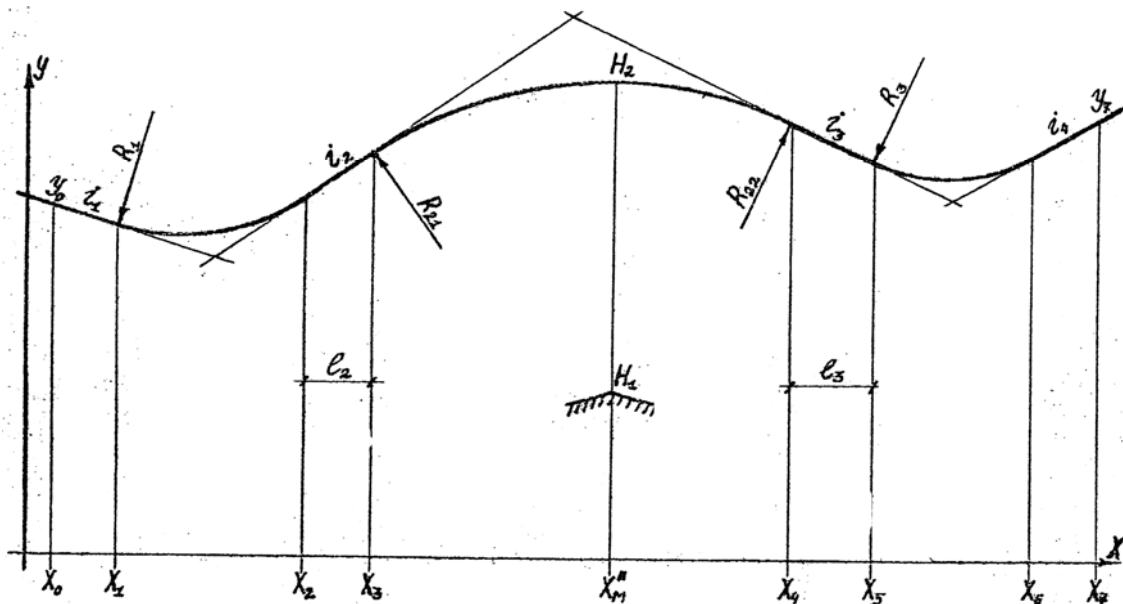


Рис. 1.

Цю задачу можна вважати вирішеною, якщо будуть отримані необхідні величини прямих вставок l_2 та l_3 (див. рис.1) в межах 10.0-20.0 м між сусідніми протилежними за характером вертикальними кривими або якусь мінімальну величину цих прямих вставок між вертикальними кривими одного характеру,

залежно від величини їх повздовжніх уклонів i_2 та i_3 , які не повинні перевищувати допустимих граничних величин [1,2] і бути більшими мінімально допустимих 5‰ для проектування повздовжніх профілів міських магістралей.

Щоб вирішити цю задачу цю задачу слід прямолінійні ділянки наведеного на рис. 1 повздовжнього профілю описати рівняннями прямих ліній [5] у наступному вигляді:

$$Y = k (X - X_a) + Y_a \quad (1)$$

де X та Y – поточні координати цих ліній;

k – кутовий коефіцієнт цих ліній - у нашому випадку це відповідає величині їх повздовжнього уклону, тобто величині тангенса нахилу цих ліній до осі абсцис, знак якого будемо приймати у відповідності до його напрямку (у випадку коли напрям уклону не співпадатиме з позитивним напрямком осі абсцис «+», а у випадку коли співпадатиме – «-»);

X_a та Y_a – координати точок через які обов'язково ці лінії проходилимуть.

Тоді для дотичної до вертикальної кривої зліва на її початку, яка проходить через точку над перетином осей магістралей в плані з абсцисою X_m^n та відміткою H_2 , рівняння матиме вигляд:

$$Y = i_2 (X - X_m^n) + H_2 + \frac{i_2^2 R_2}{2}, \quad (2)$$

а для дотичної з правої сторони в її кінці – наступний вигляд:

$$Y = i_3 (X - X_m^n) + H_2 + \frac{i_3^2 R_2}{2}, \quad (3)$$

де i_2 та i_3 – повздовжні уклони прямих ділянок, які буде сполучати вертикальна крива в точках її кінців (знаки цих уклонів повинні бути прийняті у відповідності до викладеного вище), величини яких повинні бути не менше 5‰ для міських магістралей і не перевищувати допустимих для даної категорії магістралі згідно [1] та [2];

R_2 - прийнята величина радіусу вертикальної кривої згідно [2], зі знаком «+» у випадку якщо крива увігнута, а «-» - випукла, м.

У формулах (2) та (3) остання складова відповідає поправці на кривизну вертикальної кривої [3,10] для знаходження відміток точок через які будуть проходити дотичні до даної кривої в точках її кінців, які будуть проходити через відповідну відмітку в точці перетину осей магістралей в плані X_m^n .

Рівняння прямих ліній повздовжнього профілю на підході до перетину магістралей матимуть вигляд:

з лівого боку

$$Y = i_1 (X - X_0) + Y_0, \quad (4)$$

а з правого боку

$$Y = i_4(X - X_7) + Y_7, \quad (5)$$

де i_1 та i_4 – повздовжні уклони прямих ділянок на підходах до перетину магістралей;

X_0 , Y_0 та X_7 , Y_7 – координати окремих точок прямих ділянок повздовжнього профілю на підходах до перетину магістралей, які доцільно приймати як обмеження ділянки проектування, м.

Розглянувши системи рівнянь відповідно (2) і (4) та (3) і (5) маємо можливість знайти координати точок перелому $ТПП1$ і $ТПП2$ цих прямих ділянок повздовжнього профілю зліва і з права від точки перетину магістралей в плані.

На попередніх етапах достатньо знаходити їх абсциси $X_{ТПП1}$ та $X_{ТПП2}$ із виразів (6) і (7) визначення яких будуть мати наступний вигляд

$$X_{ТПП1} = \frac{2(H_2 - Y_0 + i_1 X_0 - i_2 X_m^n) + i_2^2 R_2}{2(i_1 - i_2)}; \quad (6)$$

$$X_{ТПП2} = \frac{2(H_2 - Y_7 + i_4 X_7 - i_3 X_m^n) + i_3^2 R_2}{2(i_1 - i_2)}. \quad (7)$$

Якщо при заданих величинах повздовжніх уклонів i_2 та i_3 виконуються умови (8) та (9), тобто вертикальні криві не набігають одна на одну, то задача вирішена і необхідно перевірити чи задовольнятиме це умови у випадку строгого обмеження (10) та (11). Якщо ці умови не будуть виконуватись, то слід продовжити пошук необхідного рішення за рахунок послідовного збільшення величин уклонів i_2 та i_3 до гранично допустимих величин та послідовного зменшення радіусів вертикальних кривих R_1 , R_2 (можливо дану криву розглянути двоякої кривизни з радіусом зліва R_{21} , а з правого боку - R_{22}) та R_3 із заданим кроком (наприклад $\Delta R = 50.0$ м) до їх найменших можливих величин для обмежених умов згідно [2] для випуклих кривих 2000.0 м і увігнутих – 500.0 м.

$$X_m^n - X_{ТПП1} \geq \frac{R_1(i_2 - i_1)}{2} - i_2 R_2; \quad (8)$$

$$X_{ТПП2} - X_m^n \geq \frac{R_3(i_4 - i_3)}{2} + i_3 R_2, \quad (9)$$

де R_1 та R_3 – прийняті величини радіусів вертикальних кривих спряження згідно [2] на підході до перетину в точках перелому повздовжнього профілю з абсцисами $X_{ТПП1}$ та $X_{ТПП2}$ зі знаками за умовою викладанню вище.

$$X_m^n - X_0 \geq R_1(i_2 - i_1) + l_2 - i_2 R_{21}; \quad (10)$$

$$X_7 - X_m^n \geq R_{22}i_3 + l_3 + R_3(i_4 - i_3), \quad (11)$$

де l_2 та l_3 допустимі величини прямих ділянок між кінцями сусідніх вертикальних кривих (для випадку коли ці вертикальні криві протилежні за характером, то бажано добитись їх величини в межах 10.0-20.0 м, щоб на довгомірні транспортні засоби одночасно не діяли різнохарактерні вертикальні відцентрові сили (тобто протилежні за напрямком), м;

R_{21} , R_{22} – радіуси другої вертикальної спряженої кривої на штучній споруді у випадку коли можливе рішення і з влаштуванням кривої двоякої кривизни, м.

Алгоритм автоматизованого вирішення цієї задачі може мати наступний вигляд.

I етап. Підготовка вихідних даних про наступні величини i_1 , i_4 , X_0 , Y_0 , X_7 , Y_7 , X_m^n , H_2 , прийняття мінімально допустимих величин радіусів вертикальних кривих R_1 , R_{21} , R_{22} та R_3 в залежності від вимог [1,2] та початкових величин повздовжніх уклонів, величину кроків зміни цих уклонів (доцільно приймати $\Delta i = 1\%$) та при необхідності величину кроків зміни величин радіусів вертикальних кривих до мінімально допустимих в обмежених умовах (доцільно приймати $\Delta R = 50.0$ м, а то і менше.

II етап.

Визначення абсцис точок перелому повздовжнього профілю $X_{ТП1}$ та $X_{ТП2}$ за формулами (6) та (7) при заданих значеннях i_2 та i_3 .

III етап.

Перевірка умов (8) та (9). Якщо вона виконується то переходимо до наступного етапу.

У випадку коли умови не виконуються (або одна з них), то розрахункова схема показана на рис. 1 не підходить для вирішення цієї задачі. Слід проектувати на цих ділянках прямолінійний профіль, який проходить через точку перетину осей магістралей в плані X_m^n з відміткою H_2 .

IV етап.

Визначення величини прямих вставок l_2 та l_3 між сусідніми вертикальними кривими з наступних виразів

$$l_2 = X_m^n - X_{ТП1} - \frac{R_1(i_2 - i_1)}{2} + i_2 R_2; \quad (12)$$

$$l_3 = X_{ТП3} - X_m^n - \frac{R_3(i_4 - i_3)}{2} - i_3 R_2. \quad (13)$$

Якщо отримані величини більше ніж бажані, а значення повздовжніх уклонів i_2 та i_3 не перевищують гранично допустимих, то їх величину слід збільшити на Δi і повернутись на II етап. а якщо ці умови не виконуються, тобто при досягненні величинами l_2 та l_3 бажаних результатів або досягнення повздовжніми уклонами i_2 та i_3 граничних значень перейти на наступний етап.

У етап.

Перевірка умов (10) та (11). Якщо ці умови виконуються, то поставлена задача успішно вирішена. Якщо ні, то слід продовжити пошук необхідного результату за рахунок зменшення величин радіусів вертикальних кривих R_1 , R_{21} , R_{22} та R_3 з кожним кроком на величину ΔR до гранично допустимих величин для обмежених умов (див. вище), з кожним кроком повертаючись на II етап. Якщо і вданому випадку умови (10) та (11) не виконуються то слід обґрунтувати зміну обмежень X_0 та X_7 , а якщо не можливо, то прийняти іншу розрахункову схему вирішення цієї задачі.

Отримані результати дозволяють в подальшому провести розрахунки повздовжнього профілю за методикою викладеною в [8,9,10].

Цю ж задачу можна вирішувати користуючись формулами запропонованими в [7,8,11], які мають наступний вигляд:

$$l_2 = \frac{2 [H_2 - i_1(X_m^n - X_0) - Y_0] + (i_2^2 - 2i_1i_2)R_{21} - R_1(i_2 - i_1)^2}{2 (i_2 - i_1)}; \quad (14)$$

$$l_3 = \frac{2 [H_2 - i_4(X_m^n - X_7) - Y_7] + (i_3^2 - 2i_3i_4)R_{22} - R_3(i_4 - i_3)^2}{2 (i_4 - i_3)}. \quad (15)$$

В цих формулах всі позначення відповідають викладеним вище. Після отримання перших результатів здійснюють перевірку виконання умов (10) та (11), а також перевірку чи прийняли прямі вставки l_2 та l_3 бажані величини і при необхідності продовжують обчислення при нових значеннях i_2 та i_3 , R_1 , R_{21} , R_{22} та R_3 відповідно до вимог IV та V етапів до досягнення необхідного результату.

При організації обчислювальних процесів слід пам'ятати, що деякі змінні можуть раніш досягти граничних значень, тоді на наступних кроках пошуку необхідних результатів ці величини повинні залишатись незмінними, а обчислення продовжити з врахуванням можливої зміни решти величин, які не досягли граничних значень поки не буде досягнуто виконання умов (10) та (11).

Література

1. *Державні будівельні норми України: Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень.* ДБН 360-92**. - К. : Держбуд України, 2002. - 140 с.
2. *Державні будівельні норми України: Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів.* ДБН В.2.3-5-2001. - К.: Держбуд України, 2001. - 51 с.
3. *Видуев Н.Г., Гржибовский В.П.* Геодезическое проектирование вертикальной планировки. - М.: Недра, 1964. - 251 с.
4. *Осстрін М.М.* Міські дорожньо-транспортні споруди. Посібник для ВНЗ. - К., 1998. - 196 с.
5. *Привалов И.И.* Аналитическая геометрия. - М.:Наука,1966. - 272 с.
6. *Чередниченко П.П.* Проектирование продольных профилей пересекающих магистралей на пересечениях транспортных путей в разных уровнях. - В зб. Инженерная геодезия, вип.27. - К.: Будівельник, 1984. - С.99-103.
7. *Чередниченко П.П.* Ув'язка в автоматизованому режимі повздожніх профілів магістралей, що перетинаються в різних рівнях. - В зб. Автомобільні дороги та дорожнє будівництво. Вип. 43. - К.: Будівельник, 1988. - С.17-21.
8. *Чередниченко П.П.* Некоторые аспекты автоматизированного проектирования продольных профилей дорог. - В зб. "Инженерная геодезия", вип. 33. - К.: Будівельник, 1990. - С. 102-105.
9. *Чередниченко П.П.* Возможный алгоритм проектування повздожніх профілів магістралей в автоматизованому режимі. - В зб. "Інженерна геодезія", вип. 40. - К.: КДГУБА, 1998. - С. 224-232.
10. *Чередниченко П.П.* Вертикальне планування вулично-дорожньої мережі міст. Посібник для ВНЗ. - К., КНУБА, 2002.; 2-е вид. стереотипне - К., КНУБА(ІПО), 2008. - 180 с.
11. *Чередниченко П.П.* Ув'язка повздожніх профілів магістралей на перетинах в різних рівнях. В зб. "Містобудування та територіальне ", вип. 36. - К.: КНУБА, 2010. - С. 467-470.

Аннотация

Рассмотрено подход к решению задачи увязки продольных профилей магистралей на их пересечениях в разных уровнях в автоматизированном режиме.

Annotation

The approach to the automated mode coordination of arterial longitudinal road profiles in case of several level intersections is examined.