

УДК 625.7:662.2

к. т.н., доцент Пеньков В.О., Кінь Д.О.,
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова

МОДЕЛЮВАННЯ ЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ДОРІГ НА ТЕХНОГЕННО-ДЕФОРМОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Розглянуто модель деформування автомобільних доріг в місцях проявів локальної кривизни і зосереджених деформацій – уступів, Наведено результати моделювання.

Ключові слова: підземні гірничі роботи, дороги, деформація земної поверхні і споруд, уступ, взаємодія уступів і дороги.

При розробці вугільних родовищ з крутим падінням пластів можливі прояви локальної кривизни – уступи, які є місцями зосереджених деформацій. Наявність уступів на міських вулицях і дорогах негативно впливає на стан доріг і погіршує показники функціонування транспорту [1- 9]. Ступінь їхнього впливу на дороги залежить від параметрів уступів та умов взаємодії з дорогою.

У попередніх роботах [1-5,11,12] показано можливість та доцільність моделювання процесу взаємодії для вирішення практичних задач дорожнього будівництва та міського господарства.

Мета роботи: удосконалення моделей та розширення можливостей моделювання зосереджених деформацій для оцінки їхнього впливу на якісні показники вулиць і доріг на техногенно-деформованих територіях

Матеріали дослідження

При описі профілю уступу можливо використання різних залежностей відповідно до задачі, яка вирішується [6].

Для опису профілю уступу запропоновано залежність:

$$h_y(x) = t \cdot \left(\cos\left(\frac{x}{v}\right) + 1 \right), \quad (1)$$

де x - відстань від початку уступу до поточної точки ($x = 0 \dots L_x$);

t – параметр, який визначає положення точки на уступі $0 \dots h_y$;

v – параметр, який визначає положення точки на уступі $0 \dots L_y$.

Для побудови моделі взаємодії утворено матриці уступу U та поверхні дороги D . Кількість стовбців (m) в них дорівнює ширині автомобільної дороги (B), а кількість рядків n – довжині уступу (L_y).

$$UD = U + D, \quad (2)$$

де $U = m \times n$;

Для визначення елементів матриці U використано залежність (1)

Елементи матриці D визначались за умови:

$$D = \varphi(B, i_{np}, i_{non}) \quad (3)$$

де B - ширина дороги;

i_{np}, i_{non} - відповідно поздовжній та поперечний ухили.

Змінний ухил в межах уступу довжиною (L_y) м описується першою похідною функції (1):

$$i_y(x) = h_y'(x) = t \cdot v \cdot \sin\left(\frac{x}{v}\right) \quad (4)$$

Значення ухилів уступу в залежності від його висоти наведено на рис.1

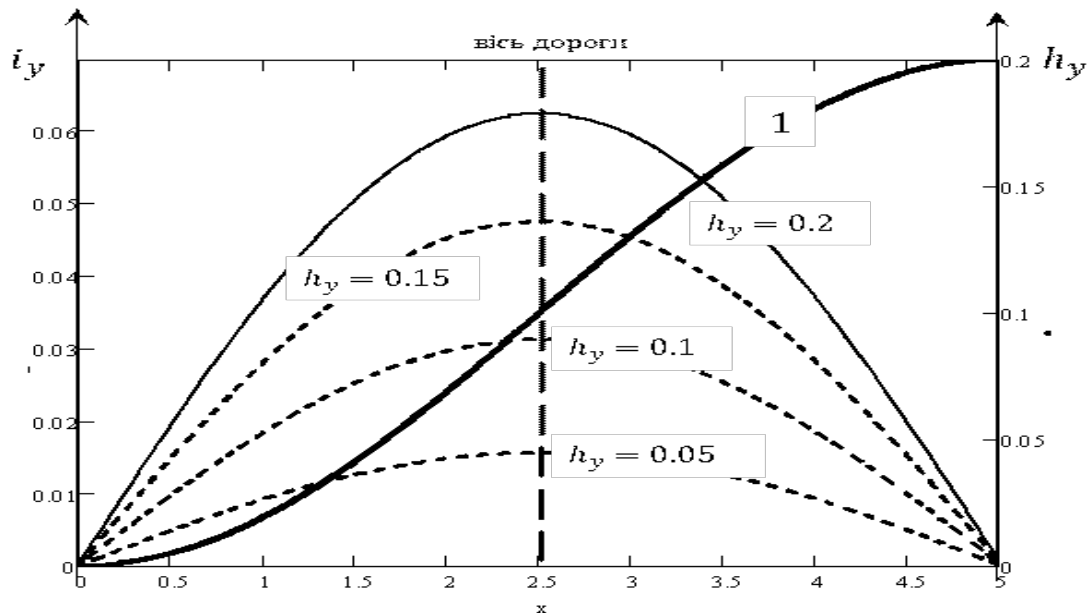


Рис. 1. Ухили $i_y(x)$ при різних висотах уступу: 1- профіль уступу, при $h_y = 0,2$ м

У даній роботі, у розвиток [6,7,9,10], розглядається модель впливу на геометричні елементи дороги поздовжнього уступу виду 3.1, 3.2, 3.3 [8].

В моделі поверхні дороги висоти поперечного профілю дороги визначаються за умов:

$$Hd_n(x) = a$$

$$Hd_{n+1}(x) = Hd_n(x) + i_n \cdot (x - x_n) \quad (5)$$

$$Hd_{n+1}(x_n) = m$$

де d м- довжина поперечного профілю ;

$x_n = 0$; $x_{n+d} = d$; - координати відповідно початкової і кінцевої точок;

$HD(x)$ - умовна висота поверхні проїжджої частини початкової точки.

i_n – задане значення поперечного ухилу; x_n – відстань від початку уступу до заданої точки.

Висоти точок профілю $HD(x)$ визначались за (6)

$$HD(x) = \begin{cases} Hd_n(x) & \text{if } x_n \leq x < x_{n+1} \\ \dots & \dots \\ Hd_{n+p}(x) & \text{if } x_{n+p} \leq x \leq x_{n+q} \end{cases}, \quad (6)$$

де $n, p, q \in N$

Для оцінки впливу положення осі поздовжнього уступу відносно осі дороги розроблено модель динамічного уступу.

Положення початку, середини та кінця уступу довжиною $L_y = 5$ (м):

$$x_n = l; \quad x_{n+1} = x_n + 2,5; \quad x_{n+2} = 5 + x_{n+1}.$$

Відповідно до (1), знайдено значення висот динамічного уступу вздовж поперечного профілю :

$$h_{yn}(x) = \begin{cases} h_k & \text{if } x_n \leq x < x_{n+1} \\ h_{yn}(x) & \text{if } x_{n+1} \leq x < x_{n+2} \\ h_j & \text{if } x_{n+2} \leq x \leq x_{n+q} \end{cases}, \quad (7)$$

де $h_k; h_j$ – поточні висоти точок; $n, k, j, q \in N$

Висоти деформованого профілю визначаються за (8 – 9) :

$$Hu_n(x) = HD(x) + h_{yn}(x); \quad (8)$$

$$Hu_n(x) = \begin{cases} Hu_n(x) & \text{if } s \leq x < x_{n+1} \\ Hu_n(x) & \text{if } x_{n+1} \leq x < x_{n+2} \\ Hu_n(x) & \text{if } x_{n+2} \leq x \leq x_{n+q} \end{cases}, \quad (9)$$

де s – задане значення; $n, p, q \in N$.

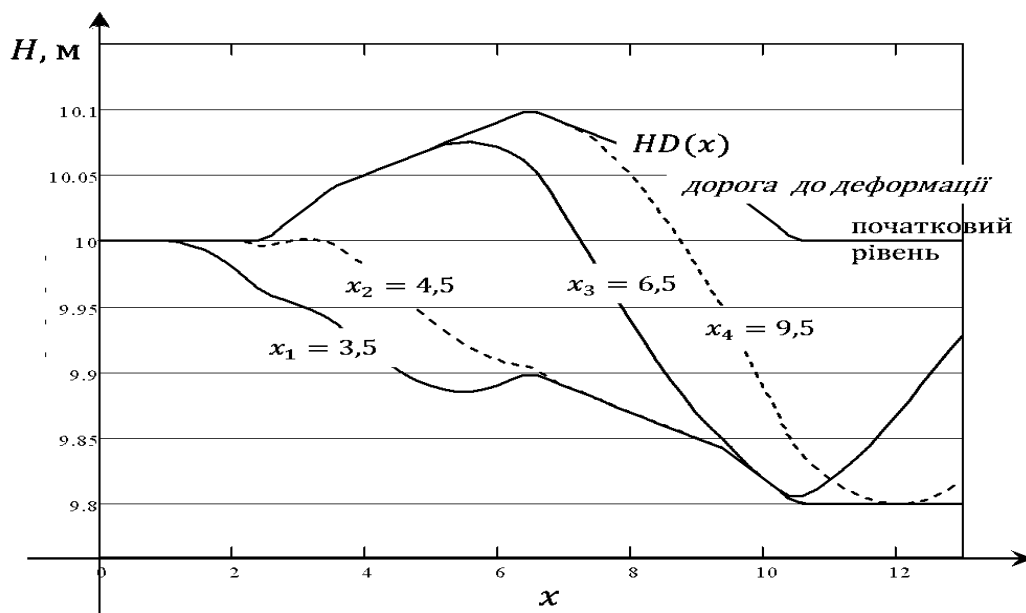


Рис. 2. Зміна поперечного профілю дороги в залежності від положення осі поздовжнього уступу висотою $h_y = 0,2$ м, відносно осі дороги.

Для визначення ухилів поперечного профілю дороги пропонуються залежності (10) – (13).

$$Id(x) = \begin{cases} i_n & \text{if } x_n \leq x < x_{n+1} \\ i_{n+1} & \text{if } x_n \leq x \leq x_{n+1}, \\ \dots & \\ i_n & \text{if } x_{n+p} \leq x \leq x_{n+q} \end{cases}, \quad (10)$$

де i_n – задане значення ухилу; x_n – задане значення закладення; $n, p, q \in N$; $x = 0; 0,5 \dots 12,5$; $i = 0; 0,04; 0,02; -0,02; -0,04; 0$

Функція ухилів уступу є похідною від функції висоти уступу:

$$IU_n(x) = (h_{yn}(x))' = \frac{d(h_{yn}(x))}{dx}, \quad (11)$$

$$Iu_n(x) = \frac{d(h_{yn}(x-x_{n+1}))}{dx}. \quad (12)$$

$$IU_n(x) = \begin{cases} i_k & \text{if } x_n \leq x < x_{n+1} \\ Iu_n(x) & \text{if } x_{n+1} \leq x \leq x_{n+2} \\ i_j & \text{if } x_{n+2} \leq x \leq x_{n+q} \end{cases} \quad (13)$$

де $i_k; i_j$ – задане значення ухилів; $n, k, j, q \in N$

Ухили деформованого поздовжнім уступом поперечного профілю визначаються за (14):

$$Is_n(x) = IU_n(x) \quad (14)$$

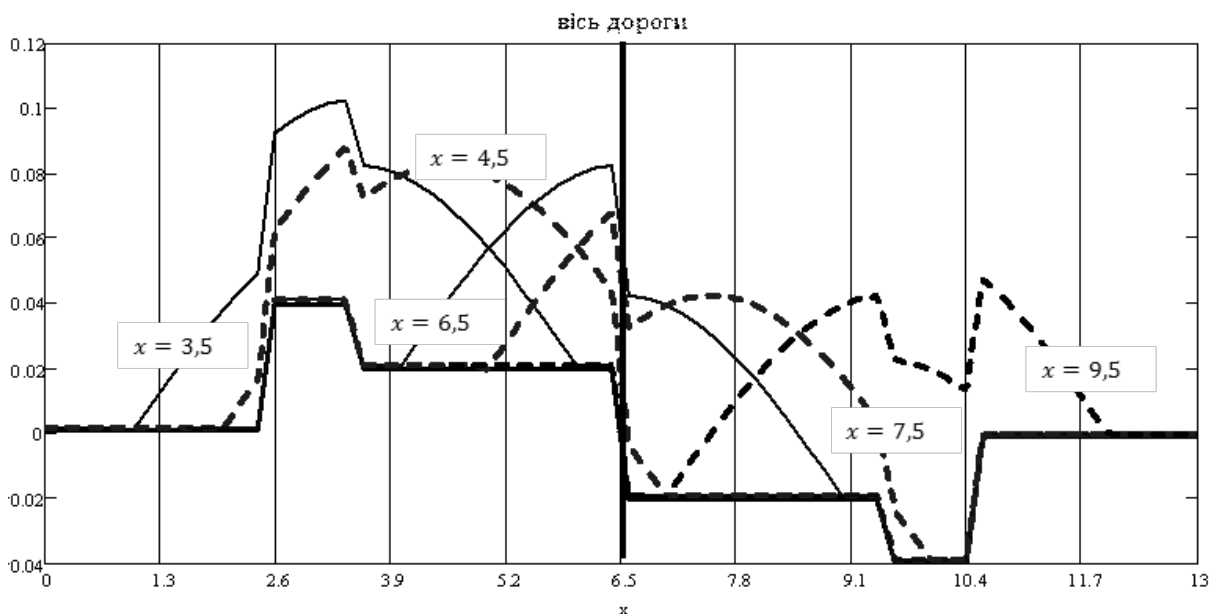


Рис. 3. Ухили деформованого поздовжнім уступом поперечного профілю в залежності від положення осі уступу при x осі дороги 6,5 м

Висновки:

Вдосконалена модель впливу проявів локальної кривизни на елементи доріг дозволяє поширити результати попередніх досліджень на специфічні умови поздовжніх уступів, спростити і прискорити оцінку можливого стану підробджуваних доріг за цих. Запропонована модель дає можливість оцінити умови руху та поверхневого водовідведення і може бути використана для оптимізації проектних рішень і в діяльності дорожньо-експлуатаційних організацій.

Список використаних джерел

1. Пеньков В.А. Влияние подработки на городские улицы и дороги / В.А. Пеньков, А.Г. Сирик // Містобудування та територіальне планування: наук. - техн. зб. – К.: КНУБА, 1999. – Вип.4. – С. 98-105.
2. Пеньков В.А. Перспективы исследований влияния локальной кривизны на городские улицы и дороги Донбасса / В.А. Пеньков, А.Г. Сирик // Містобудування та територіальне планування: наук.- техн. зб. – К.: КНУБА, 2000. – Вип. 6. – С. 126-133.
3. Пеньков В.А. Параметры зоны геометрического воздействия локальной кривизны на городские улицы дороги / В.А. Пеньков, А.Г. Сирик // Містобудування та територіальне планування: наук.- техн. зб. – К.: КНУБА, 2000. – Вип. 7. – С. 152-165.
4. Пеньков В.А. Систематизация уступов на подрабатываемых улицах и дорогах / В.А. Пеньков, А.Г. Сирик // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2001. – Вип. 8. – С. 137-145.
5. Пеньков В.А. Моделирование поверхности дороги, деформированной уступами / В.А. Пеньков // Містобудування та територіальне планування: наук.- техн. зб. – К.: КНУБА, 2001. – Вип.10. – С. 138-143.
6. Сирик О.Г. Вдосконалення моделі утворення уступу / О.Г. Сирик, В.О. Пеньков., М.В. Васечкін, О.В. Грабар// Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2004. – Вип. 18. – С. 149-157.
7. Пеньков В.А. О моделировании поверхности дороги, деформируемой уступами/ В.А. Пеньков, М.Г. Павлова. // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту, 2007, № 2(5). – С.154-160.
8. Пеньков В.А. Особенности водоотвода на дорогах подрабатываемых городов/ В.А. Пеньков, // Містобудування та територіальне планування: наук.- техн. зб. – К.: КНУБА, 2013. – Вип.49. – С. 420-424.
9. Пеньков В.А. Усовершенствованная модель влияния подработки на продольный профиль автомобильной дороги/ В.А. Пеньков, // Містобудування

та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2013. – Вип.50. – С. 508-512.

10. Пеньков В.О.. Моделювання проявів локальної кривизни при техногенному впливі на дороги / В.О. Пеньков, // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2014. – Вип.52. – С. 305-310.

11. Пеньков В.О. До розвитку досліджень міських вулиць і доріг на техногенно-деформованих територіях / В.О. Пеньков, // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2015. – Вип.58. – С. 398 -405.

12. Шнеер В.Р. Оценка ущерба от подработки городов и поселков при сосредоточенных деформациях земной поверхности / В.Р., Шнеер, Л.А Иванова. М.П.Басин, А.В Трифонов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України, № 1, 2007 С.82-93

Аннотация

Рассмотрена модель деформирования автомобильных дорог в местах проявлений локальной кривизны и сосредоточенных деформаций. Приведены результаты моделирования изменений высот и уклонов поперечного профиля .

Ключевые слова: подземные горные работы, дороги, деформация земной поверхности и сооружений, уступ, взаимодействие уступов и дороги.

Abstract

Considered a model of deformation of roads in places of local curvature and concentrated deformation. The results of simulation of changes in elevation and slope cross-section.

Keywords: underground mining, roads, local curvature concentrated deformation, ledge.