

УДК 622.243

к.т.н., доц. Пеньков В.О.,
Харківський національний університет
міського господарства ім. О.М. Бекетова

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЯВІВ ЛОКАЛЬНОЇ КРИВИЗНИ ПРИ ТЕХНОГЕННОМУ ВПЛИВІ НА ДОРОГИ

Розглянуті методи моделювання впливу підземних гірничих робіт у вигляді локальної кривизни-уступів на поверхню автомобільних доріг. Обґрунтовано необхідні умови і вимоги до точності представлення даних.

Ключові слова: дорога, уступ, модель, підземні гірничі роботи.

Актуальність теми. Прояви локальної кривизни - уступи є одним з чинників, які формують умови забудови і експлуатації споруд на підроблюваних територіях з крутим падінням вугільних пластів [1,2,3]. Висота уступів може досягати 600мм, середня швидкість росту уступу в 70-90-і роки була 10-20 мм на рік (рис.1).

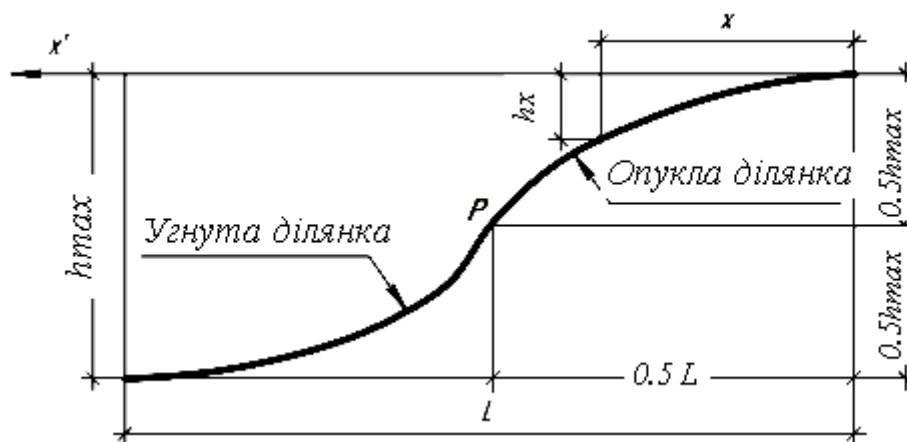


Рис.1 Схема уступу

Оскільки уступи чинять значний вплив на геометричні параметри і пов'язані з ними якісні показники дороги, для розробки заходів із попередження та зменшення негативного впливу доцільне його моделювання.

При реконструкції створюють моделі найрізноманітніших ділянок автомобільних доріг довільної складності. Можливі ручний і в автоматизований режим, в залежності від конкретних умов.

Для створення моделі поодинокого уступу необхідно знати його геометричні параметри. У моделюванні взаємодії використовуються моделі

характерних та найбільш складних ділянок і елементів дороги та уступів прогнозованої висоти, місцезнаходження та напрямку.

Мета і задачі дослідження. Вдосконалення методів оцінки загального впливу ПГР на дороги з урахуванням параметрів, пов'язаних як з умовами проведення підземних гірничих робіт, так і з геологічними умовами на земній поверхні в місцях утворення уступів.

Матеріали дослідження. Знання форми уступу дозволяє оцінити вид і рівень змін поверхні дороги, величини і напрямки ухилів, виявити місця виникнення деформацій стискання і розтягування та оцінити ширину можливих тріщин. Прогнозування місць виникнення уступів з прийнятною достовірністю дозволяє своєчасно виявити ділянки дороги, піддані впливу уступів і змодельовати результат взаємодії у конкретному місці [3,4]. Можливість моделювання форми обумовлена результатами тривалих досліджень багатьох авторів.

Перша модель для визначення форми і висоти уступу, запропонована М.А. Іофісом у 1960 р, яка використана у нормативних документах. Відстань між уступами дуже нестабільна, але у першому наближенні можливо приймати рівним 30м. Пізніше встановлено геологічні і гірничотехнічні умови утворення уступів і доведено можливість прогнозування місць розташування за геологічними даними [4]. Найвірогідніша форма уступу у профілі визначена теоретично і підтверджена експериментально [5]. Надійність опису поверхні уступів і визначення їхніх геометричних характеристик (значень нахилів і кривизни в мульдї зрушення) істотно залежать від прийнятої довжини інтервалу між точками в яких виконується вимірювання.

У дослідженні моделювання впливу уступів на дороги використані модель дороги та уступів.

Модель дороги графічна, аналітична - в експериментах вважається безпомилковою. Встановлюються обмеження по рівню впливу уступів Δ_y на елементи дороги у порівнянні із будівельним допуском Δ_c .

Вплив вважається :

- ігнорованим при $\Delta_y \leq 0.5\Delta_c$;
- відчутним при $0.5\Delta_c < \Delta_y \leq 1.0\Delta_c$;
- значним; при $1.0\Delta_c < \Delta_y \leq 2.0\Delta_c$.

При $\Delta_y \geq 2.0\Delta_c$ вплив уступу стає домінуючим і визначає рівень деформованості ділянки дороги.

При описі поверхні уступів доцільно використовувати інтервали рівної довжини l , використовуючи формулу радіуса кривизни поверхні R , для форм мікрорельєфу при виконанні геодезичної зйомки по сітці квадратів [1].

$$R = l/\Delta i ,$$

де Δi – різниця ухилів двох суміжних інтервалів;

Необхідна кількість точок для опису кривої залежить від її складності та необхідної і достатньої детальності, визначальним показником є розмір об'єкту. За результатами натурних знімань більше 700 уступів середнє значення радіуса кривизни R становить близько 5 м, загальна довжина уступу L_y складає в середньому біля 5 м (по 2.5м на опуклу та угнуту частину). Детальність доцільно обмежити величиною стрілки – відстані від теоретичної поверхні кривої до модельованої при заміні кривої хордами.

При стрілці рівній допустимому відхиленню точок від проектної поверхні при будівництві $f = \Delta_c = 5\text{ мм}$, $R = 5\text{ м}$, мінімальна відстань між точками: $l = \sqrt{8R \cdot f} = 0.45\text{ м}$. Подальше зменшення відстані між точками недоцільне.

Точність вимірювань і результатів можна визначити із наступних залежностей: $m_R = m_{\Delta_i} \cdot l / \Delta_i^2$; $m_R / R = m_{\Delta_i} / \Delta_i$

$$i = h/l ; \quad m_i = m_h / l ; \quad m_h = m_H \cdot \sqrt{2} = 1.4m_H ,$$

$$\text{тоді} \quad m_i = 1.4m_H / l ; \quad m_{\Delta_i} = 1.4m_H \cdot \sqrt{2} / l = 2.8m_H / l ,$$

де $m_i, m_{\Delta_i}, m_h, m_H$ -середні квадратичні похибки визначення ухилу, різниці ухилів, перевищення, висоти окремих точок при зніманні уступу;

m_R / R та m_{Δ_i} / Δ_i - відносні похибки визначення радіусів та різниці ухилів.

При допустимому значенні $m_{R\partial} / R$, допустиме значення похибки різниці ухилів $m_{\Delta_i} = 2.8m_H / l_i$. Мінімальна необхідна кількість точок для опису кругової кривої - 3 точки. Для визначення радіуса, загального для половини уступу по 3-х точках за результатам їхніх натурних досліджень середнє значення Δ_i для ($l = 1.25$) складає близько 0.100-0.120.

$$\text{При } m_H = 0.005 , \quad l_2 = 1.25 \quad m_{\Delta_{i2}} = 0.011 ,$$

$$\text{тоді } m_R / R = m_{\Delta_i} / \Delta_i = 0.011 / 0.100 = 9\%$$

При $l_1 = 0.5$, $m_{\Delta_{i1}} = 2.8 \cdot 0.005 / 0.5 = 0.028$, тобто локальні ухили і радіуси визначаються із значною похибкою і нема потреби у їхньому визначенні і використанні. Найбільш надійними будуть значення радіусів опуклості та угнутості за вимірюваннями висот у точках на відстанях 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 від довжини уступу, коли $m_R / R \approx 9\%$.

Для моделювання впливу уступів на дороги запропоновано аналітичний спосіб, в якому процес впливу уступу на дорогу розглядається як взаємодія топографічних поверхонь, представлених матрицями одного розміру або регулярними цифровими моделями з квадратною сіткою [3]. Матрицю результуючої деформованої поверхні дороги D_r одержують шляхом

поелементного віднімання матриці топографічної поверхні уступу U з матриці топографічної поверхні дороги D.

У практичній діяльності, для існуючих доріг які тривалий час знаходяться в експлуатації, виникає потреба в оцінці впливу ПГР для уточнення міжремонтних строків, розробки заходів для зменшення негативного впливу, визначення змін параметрів геометричних елементів, умов і безпеки руху, при розслідуванні ДТП.

Наявність проектної документації дозволяє швидко вирішувати задачу графоаналітичним методом. При цьому результат розглядається як різниця поверхонь ділянки дороги і уступу та подається графічно у вигляді ізоліній висот деформованої поверхні.

Для якісного вирішення задачі цим методом необхідно дотримання відповідних умов і вимог, які підлягають обґрунтуванню.

При графічному моделюванні для побудови однієї ділянки результуючої ізолінії необхідно не менше 2-х перетинів ізоліній поверхні уступу і поверхні дороги. В якості моделі уступу використовують комплект шаблонів для різної висоти h_y . Масштаб шаблону 1:50-1:100, кількість ізоліній 10 (висота перетину $0.1 h_y$). Для визначення висот ліній шаблону використовують типову криву, або інші залежності, розглянуті у [3]. Великий масштаб шаблону вимагає згущення проектних горизонталей моделі дороги, що є дуже простим і компенсується наочністю остаточного рішення. Модель деформованої ділянки створюють накладанням відповідного шаблону на підготовлене креслення ділянки дороги, визначають точки перетинів ізоліній поверхонь дороги і уступу. Для них визначають результуючі висоти, за яким ізолініями зображують остаточну поверхню (рис.2-4).

Висновки Розглянуті способи моделювання проявів локальної кривизни (уступів) і їхнього впливу на елементи доріг дозволяють спростити і прискорити оцінку можливого стану підроблюваних доріг за різноманітних умов і різному рівню технічного оснащення виконавців.

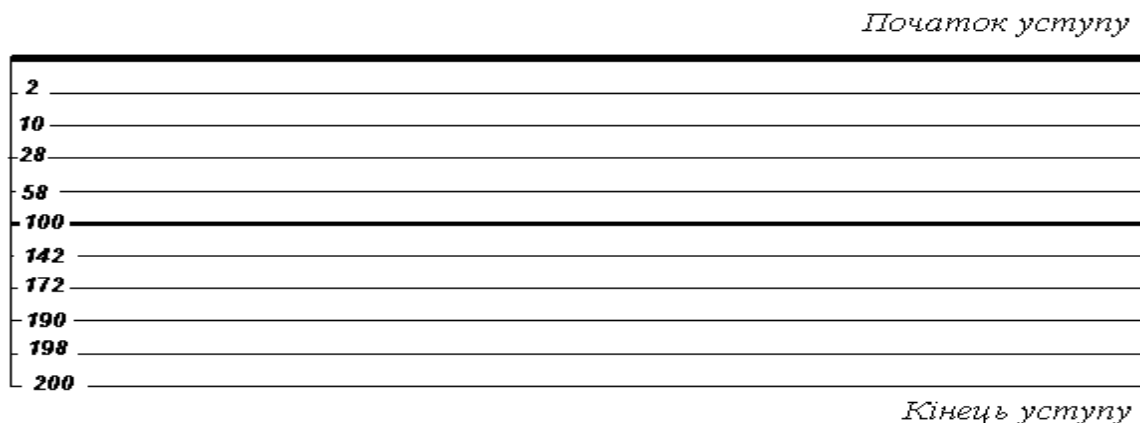
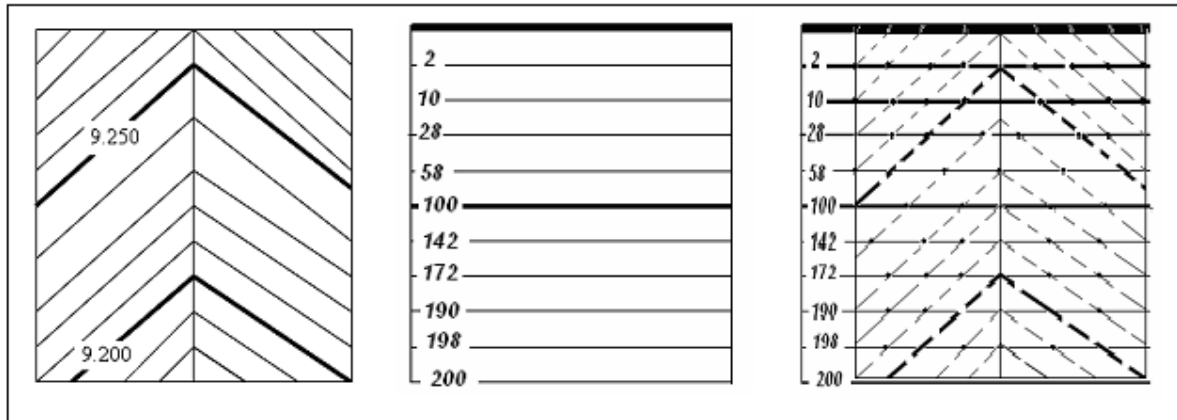


Рис. 2 Шаблон уступу висотою 200 мм



а

б

в

Рис. 3 Моделі дороги (а) , уступу(б), взаємодії (в)

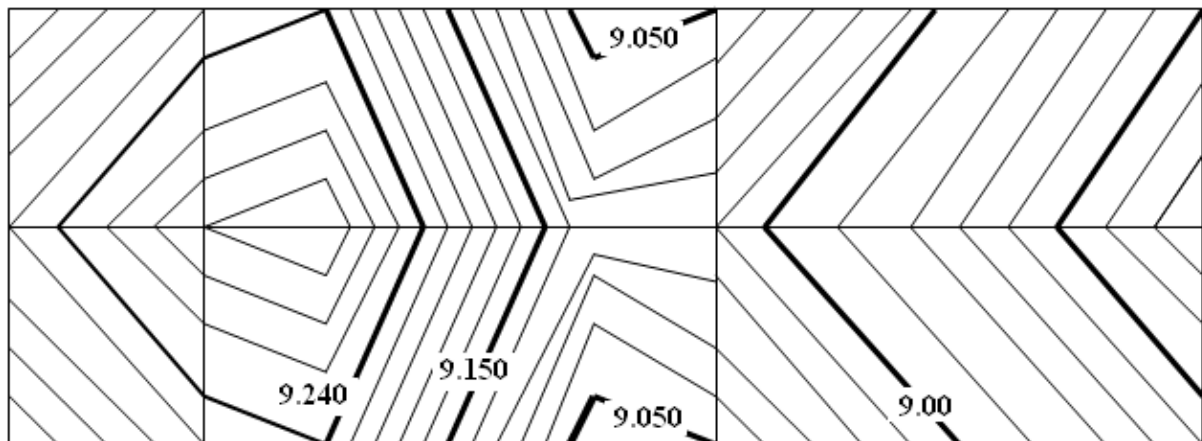


Рис. 4 Модель ділянки дороги з поздовжнім ухилом 0.020, деформованої поперечним уступом висотою 0.20м. Ізолінії висот проведено через 0.01м

Список використаних джерел.

1. Пеньков В. А., Сирик А.Г. Влияние подработки на городские улицы и дороги. / В. А. Пеньков, А. Г. Сирик // Містобудування та територіальне планування, - 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: - К.: КНУБА, 2000. – Вип.6. – с.126-133.

3. Пеньков В.А. О моделировании поверхности дороги, деформированной уступами /В.А. Пеньков // Містобудування та територіальне планування,- К.: КНУБА.-2001.- вип. 10.- С. 138-143.

4. Пеньков В.А., Систематизация уступов на подрабатываемых улицах и дорогах/ В.А., Пеньков, А.Г., Сирик // Містобудування та територіальне планування: К.: КНУБА, 2001. – Вип.8. – с.137-145.

5.Сірик О.Г. Вдосконалення моделі утворення уступу/ О.Г.Сірик, В.О.Пеньков О.В. Грабар, М.В. Васечкін // Містобудування та територіальне планування: - К.: КНУБА, 2004. – Вип.18. – с.149-157.

Аннотация

У статье рассмотрены методы моделирования влияния подземных горных работ в виде локальной кривизны-уступов на поверхность автомобильных дорог. Обоснованы необходимые условия и требования к точности представления данных.

Ключевые слова: дорога, уступ , модель, подземные горные работы.

Abstract

The article considers the methods of modeling the impact of underground mining on the change of form and deformation of motor roads.

Keywords: road, the ledge , model, underground mountain works, change of the form.