

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИДИМОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

### Вступ

Будівництво якісних доріг є стратегічно важливим завданням для розвинених країн. Геополітичне положення України сприяє її становленню як транзитної держави, тож саме від якості та стану дорожньої мережі залежить реалізація потенційних можливостей, використання їх для розвитку економіки.

Проведення в Україні Євро-2012 стало своєрідним поштовхом для будівництва та реконструкції вітчизняних доріг, оскільки за оцінками експертів стан безпеки дорожнього руху та наслідки дорожньо-транспортних пригод є одними з найгірших у Європі.

Тож інтегрування України в Європу неможливе без покращення якості доріг, підвищення рівня безпеки та комфортності руху та дорожній мережі, приведення умов дорожнього руху до європейських стандартів.

У 2011 році в Україні планується побудувати 2 тис. км доріг. Вирішення проблем забезпечення високого транспортно-експлуатаційного стану доріг мусить закладатися вже на стадії їх проектування при використанні сучасно обґрунтованої нормативної бази.

Важливим параметром, який забезпечує транспортно-експлуатаційні якості дороги, безпеку руху та комфортність перевезень, є відстань видимості.

Обмеження видимості перш за все впливає на швидкості руху. Характер дії видимості на режими руху в поздовжньому профілі та плані дороги є різним. Якщо обмеження видимості в поздовжньому профілі більш як на 100-150 м майже не впливає на впевненість дій водіїв одиночних автомобілів і не викликає зниження швидкостей, то при русі в умовах обмеження видимості в плані, вплив видимості спостерігається в значно більших межах.

Тож виникає необхідність проаналізувати методи забезпечення видимості дороги, вплив конфігурації дороги на величину видимості.

Актуальність роботи полягає у підвищенні транспортно-експлуатаційних якостей автомобільних доріг.

Новизна роботи - у дослідженні впливу дорожніх умов на об'єми робіт, які необхідно виконувати для забезпечення видимості на криволінійних ділянках автомобільних доріг.

Практична цінність - у розробці методики техніко-економічного обґрунтування вибору методів забезпечення безпеки руху на криволінійних ділянках доріг при варіантному проектуванні.

### **Основна частина**

Величина відстані видимості є визначальною при забезпеченні безпеки руху, оскільки в її основі закладений гальмівний шлях автомобіля. Відстань видимості визначається як відстань, яку повинен бачити водій, щоб, помітивши перешкоду, прийняти рішення для своєчасного гальмування чи об'їзду.

Оскільки закладені при проектуванні та будівництві параметри визначають транспортно-експлуатаційні якості майбутніх доріг, виникло питання, чи відповідає європейським стандартам дорожнього руху розрахункова відстань видимості, що закладається у вітчизняних нормах на проектування доріг. Теоретичний аналіз методів визначення відстані видимості, які пропонуються в інших країнах, засвідчив різний підхід у врахуванні таких складових її визначення як коефіцієнти опору кочення, коефіцієнти зчеплення, також в Україні, на відміну від багатьох інших країн, при визначенні відстані видимості не враховується поздовжній похил [4].

Обстеження дорожнього руху, які проводилися на вітчизняних автомобільних магістралях [4], та їх аналіз показали, що при швидкостях менших за 80 км/год. відстані видимості, закладені в діючих українських нормах ДБН 2.3-4-2007 [1], є дещо вищими за отримані по німецьких методиках. При русі ж на високих швидкостях відстані видимості, розраховані за німецькою методикою, значно перевищують розраховані за українською методикою. При швидкостях руху 100 км/год таке перевищення складає близько 50 м. Швидкостям руху 120-150 км/год відповідають перевищення відстані видимості, відповідно, на 100 -300 м. Тож вітчизняна методика закладає нижчі за європейські відстані видимості саме для автомагістралей, до яких належать і міжнародні транспортні коридори, на яких необхідно забезпечувати безпечний та комфортний рух саме на високих швидкостях.

З метою врахування похилу та залежності коефіцієнтів зчеплення та опору кочення від швидкостей руху були побудовані графіки, які є графічним вирішенням системи рівнянь:

$$f(V) = f + \varphi \pm i$$

$$f(V) = \frac{KV^2}{254 \left( S - \frac{V}{3,6} \right)}, \quad (1)$$

де  $V$  – швидкість автомобіля;

$f$  – коефіцієнт опору кочення;

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям автомобільної дороги ( $f$  і  $\varphi$  величини, залежні від  $V$ ),  $i$  – поздовжній похил траси.

Величини  $f$  і  $\varphi$  характеризують дорожні умови і є залежними від швидкості  $V$ .

Перша складова системи відображає суму опорів, які зазнає автомобіль під час руху, тобто коефіцієнту опору кочення та коефіцієнту зчеплення (величин, залежних від швидкостей руху), а друга - залежність відстані видимості від швидкості.

Запропонована номограма дозволяє визначати безпечну швидкість руху незалежно від умов, які обмежують видимість дороги. Проведені натурні обстеження руху транспортних потоків на автомагістралях засвідчили достовірність отримуваних даних.

На прямих горизонтальних ділянках водій бачить перед собою дорогу на більшій відстані, ніж на кривих у плані. Перешкоди для видимості в плані можуть виникнути на заокругленнях, розташованих в закритій місцевості або у виїмці.

Забезпечуючи видимість на всій довжині автомобільної дороги, особливу увагу при проектуванні та будівництві слід приділяти видимості на горизонтальній кривій.

Для визначення зони видимості будується крива межі зони видимості. Існують графічний та аналітичний способи побудови цієї кривої.

Графічний спосіб полягає в тому, що на викресленому в великому масштабі плані заокруглення наносять траєкторію руху автомобіля. На траєкторії руху автомобіля позначається ряд точок, від яких відкладаються відрізки відстані видимості. Кінці відрізків сполучають прямими лініями, огинаючи яких і буде зображувати криву межі зони видимості (рис. 1). Цей спосіб трудомісткий і не достатньо точний. У зв'язку з чим були запропоновані способи, засновані на математичному описі кривої видимості.

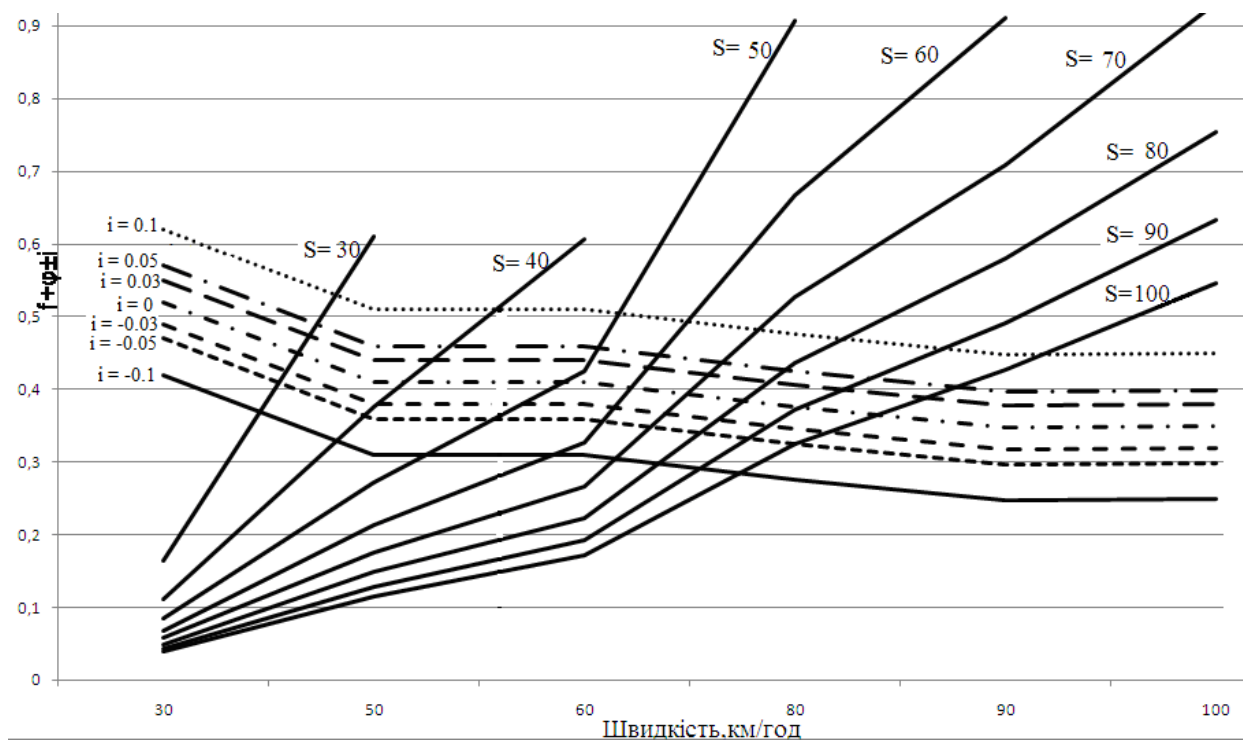


Рис. 1. Визначення безпечної швидкості руху в залежності від видимості в даних дорожніх умовах

Питанням визначення відстаней видимості на кривих у плані присвячені дослідження Ю.Н. Даденкова, С.А. Лопатто, В.И. Ксенохондова, О.А. Білятинського, О.М. Таранова [2]. Математичний опис кривої видимості дає змогу за допомогою ЕОМ розв'язувати різні інженерні задачі, такі, як визначення площі та об'єму зрізання укусу, встановлення радіуса кривої на заокругленні, виходячи з умов забезпечення видимості, та інші.

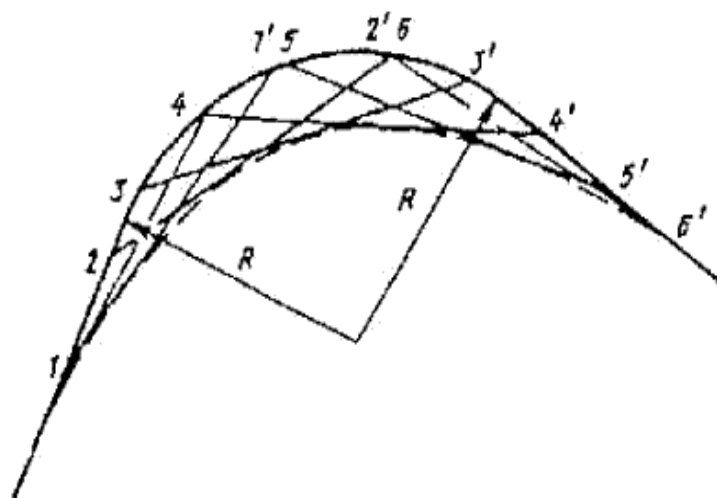


Рис. 2. Схема визначення границі зрізки

Важливим чинником при проектуванні дороги є визначення площі зрізки з метою забезпечення видимості на горизонтальних кривих.

Досліджуючи зміну величини площі від зміни параметрів дороги за допомогою програмного комплексу MathCad, виявлено такі закономірності:

- площа зрізки при сталій видимості при зміні радіусу майже не змінюється;
- при збільшенні відстані видимості збільшується й площа зрізки;
- при збільшенні довжини перехідної кривої площа зрізки видимості зменшується;
- при зменшенні кута повороту траси дороги площа зрізки зменшується.

Основним параметром, який впливає на величину об'єму робіт при проведенні зрізки, є величина відстані видимості. Тому при виконанні варіантного проектування зміна інших параметрів дороги значної зміни не викличе.

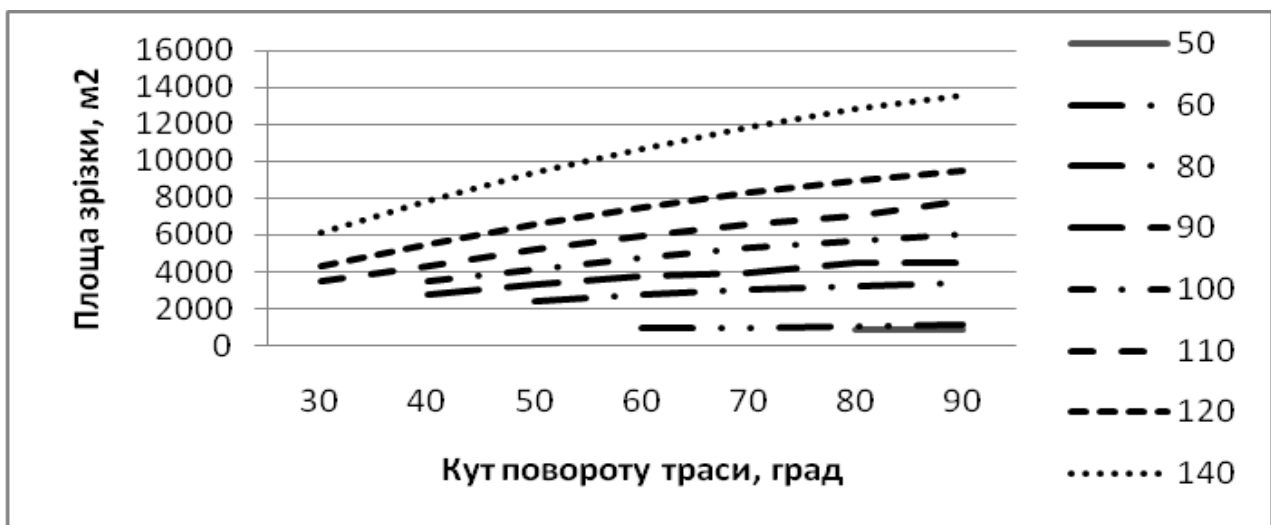


Рис. 3. Залежність площі зрізки від кута повороту для заданої технічної категорії дороги

На основі визначеної категорії дороги та умов прокладення траси в залежності від рельєфу місцевості приймають розрахункову швидкість, для якої згідно діючих норм призначають величину радіусу, перехідної кривої та величину відстані видимості.

Залежності, які були використані при розрахунку [2], є досить громіздкими. Тож була зроблена спроба спростити розрахунок, встановлюючи площу зрізки відповідною до середині кривої по бісектрисі. Графічне порівняння обох

методів за допомогою програмного комплексу AutoCad дозволяє говорити про незначне зменшення величини площі зрізки.

Тож для перевірки забезпечення видимості дороги в плані і побудови границь зони видимості обмежуємось встановленням розміру зрізки в середині кривої по бісектрисі, тобто визначаємо так звану «стрілу» видимості. Для найбільш загального випадку, коли відстань видимості менша довжини кривої, величина зрізки становить:

$$f = R(1 - \cos \frac{S}{2R}) \quad (2)$$

де  $S$  – відстань видимості, м;  
 $R$  – радіус кривої в плані [5],

В США величина зрізки обчислюється за схожою формулою [8]:

$$f = R(1 - \cos \frac{20,65S}{R}) \quad (3)$$

Різниця між вищезгаданими формулами полягає у тому, що величина позначає величину кута у радіанах, а - у градусах.

Результати побудови "стріли" видимості за вказаними залежностями наведено на рис. 4.

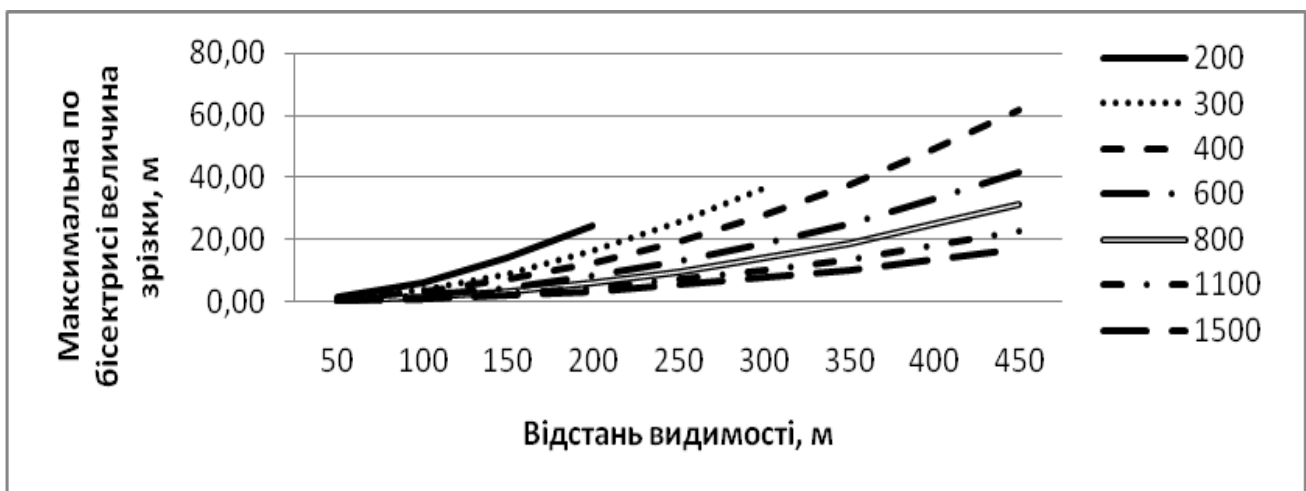


Рис. 4. Залежність максимальної по бісектрисі величини зрізки від відстані видимості та радіуса горизонтальної кривої

З графіків видно, що при збільшенні величини видимості «стріла» видимості збільшується, а при збільшенні радіусів кривих – зменшується.

Видимість дороги в плані можна забезпечувати двома шляхами: обмежити швидкість руху по кривій або провести зрізку. Отримані залежності дають можливість вирішувати відповідні техніко-економічні задачі.

Запропонована методика вибору варіанту забезпечення видимості на кривих в плані є наступною.

Встановлюється інтенсивність та склад руху на дорозі.

Для розрахунку приймаємо усереднений склад руху на автомагістралях, отриманий за результатами проведених натурних обстежень:

Легкових автомобілів 30-50%

Вантажних автомобілів 30-50%

Автобусів 5-15%

Автопотягів 5-10%

Визначаємо наявну «стрілу» видимості, по ній за рисунком 4 визначаємо видимість для заданого радіусу горизонтальної кривої.

Оскільки на сьогоднішній день немає точних залежностей, які дозволяють визначити, як змінюється коефіцієнт зчеплення зі зростанням швидкості, тому виникла необхідність певного коректування графіків, зображених на рисунку 1. На рисунку 5 зображена номограма для обмеження швидкості з умови видимості, враховуючи, що коефіцієнт зчеплення сталий на ділянці дороги при різних швидкостях.

*Примітка:* Графіки, зображені на рисунках 1 і 5, можна використовувати не лише для обмеження швидкості, а й для визначення видимості для заданих умов, а також визначення необхідного коефіцієнту зчеплення чи поздовжнього похилу для певної швидкості та видимості.

Підраховуються транспортні витрати за умов, коли швидкість на криволінійній ділянці не обмежується, а видимість забезпечується зрізкою і при обмеженій швидкості, коли зрізка не виконується.

$$T = t \cdot N \cdot 365 \cdot c, \quad (4)$$

де  $T$  – транспортні витрати, грн;

$t$  – час проїзду автомобіля по ділянці дороги, год.;

– добова інтенсивність руху, авт./добу;

c – вартість 1 авто·год, яка визначається:

$$C = aC_1 + bC_2 + dC_3 + kC_4, \quad (5)$$

a,b,d,k – кількість автомобілиниць відповідно легкових, вантажних автомобілів, авто потягів.

$C_1, C_2, C_3, C_4$  – вартість 1 авто/год для легкових автомобілів – 80 грн/год, вантажних – 120 грн/год, автобусів – 150 грн/год, автопотягів – 180 грн/год.

За рисунком 6 визначаємо об'єм робіт, що відповідає визначеним транспортним витратам.

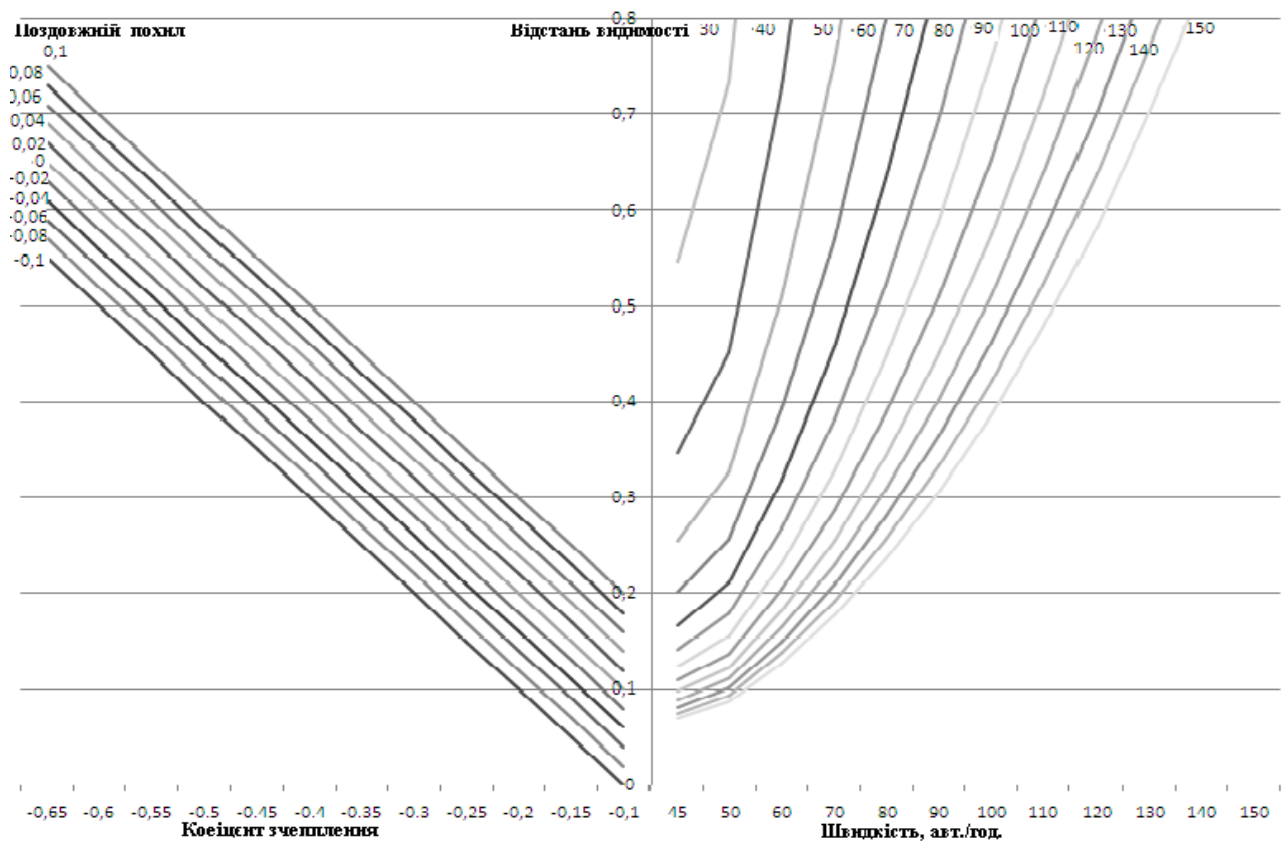


Рис. 5. Номограма для обмеження швидкості за умови забезпечення видимості із врахуванням дорожніх умов

*Примітка:* Для побудови графіка було прийнята орієнтовна вартість  $1\text{м}^3$  розробки ґрунтів, що складає 0,0772 тис. грн.

Для заданої категорії дороги визначається необхідний об'єм земляних робіт, які треба виконувати для проведення зрізки з метою забезпечення видимості, використовуючи дані рис. 3.



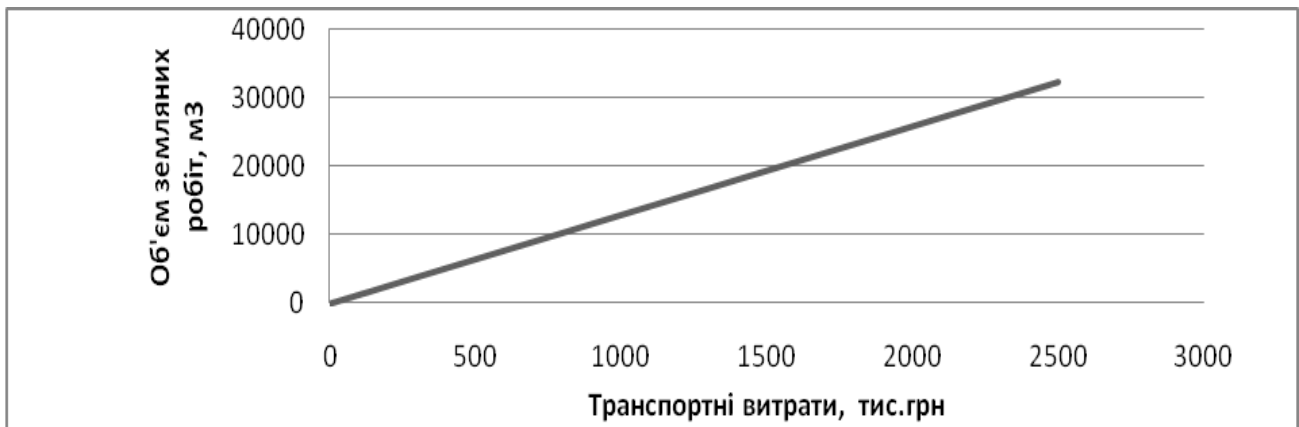


Рис. 6. Графік для визначення об'єму земляних робіт, що відповідає визначеним транспортним витратам

Якщо необхідний об'єм робіт менший за отриманий з графіка, зображеного на рисунку 6, то забезпечення видимості доцільніше виконувати шляхом зрізки необхідного об'єму ґрунту, якщо більший – то треба обмежувати швидкість руху автомобілів.

Запропонована методика може використовуватися як при різних дорожніх умовах, так і при різному складі транспортних потоків.

При неможливості виконання зрізки величина обмеження швидкості може обґрунтовуватися за графіками, зображеними на рисунку 5.

### **Висновки**

Забезпечення відстані видимості є важливим чинником для досягнення безпечних та комфортних перевезень.

Аналіз теоретичних даних та порівняння вітчизняних норм з нормативами різних країн світу привів до висновку, що при розробці українських норм не враховується вплив деяких параметрів, що визначають видимість. Вітчизняні норми ґрунтуються переважно на розробках 80-их років минулого сторіччя і не можуть забезпечувати сучасний рух на автомобільних дорогах на належному рівні. Виконані дослідження показали, що вітчизняна методика закладає нижчі за європейські відстані видимості саме для автомагістралей, до яких належать і міжнародні транспортні коридори, на яких особливо важливо гарантувати безпеку та комфортність поїздок на високих швидкостях.

Найскладнішим є забезпечення видимості на ділянках горизонтальних кривих. Проаналізовані існуючі методи. Важливим чинником є визначення площі зрізки з метою забезпечення видимості на криволінійних ділянках.

Проведений аналіз об'ємів робіт - площі зрізки, яку треба виконувати для забезпечення відстані видимості, показав, що серед інших параметрів, які досліджувалися (радіуси кривих, кути повороту траси тощо), саме відстань видимості найбільшою мірою визначає величину необхідної площі зрізки.

Розроблена методика техніко-економічного обґрунтування вибору методів забезпечення безпеки руху на криволінійних ділянках доріг при варіантному проектуванні: забезпечення відстані видимості шляхом виконання зрізки чи обмеження швидкостей руху на кривих.

Побудовані графіки для визначення безпечної швидкості руху незалежно від дорожніх умов, які обмежують видимість дороги. Отримані графіки є зручними для практичного застосування.

## Література

1. Автомобільні дороги. ДБН В.2.3-4-2007. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 87 с.
2. Белятынский А.А., Таранов А.М. Определение видимости при проектировании автомобильных дорог. – К.: Будівельник, 1983. – 95 с.
3. Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старовойда В.П., Хом'як Я.В. Проектування автомобільних доріг: Підручник. У 2 ч. Ч.1. – К.: Вища шк., 1997 – 518 с.
4. Хом'як А.Я., Назіна М.О. Дослідження відстані видимості на автомобільних дорогах. – К.: Вісник НТУ, № 21, частина 1, 2010. – С. 86-90.
5. Пособие по проектированию элементов плана, продольного и поперечного профилей, инженерных обустройств, пересечений и примыканий автомобильных дорог. – М.: Союздорнии, 1989. – 123 с.
6. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1986. - 317 с.
7. Daniel B. Fambo, Kay Fitzpatric, Rodger J. Koppa. The Transportation Research Board of the National Academies. The National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 400: The Determination of Stopping Sight Distance. Washington, D.C., National Academy Press – 1997. – 138 p.