

ЗМІНА ВІДЦЕНТРОВОГО ПРИСКОРЕННЯ ПРИ РУСІ АВТОМОБІЛЯ ПО КРИВИМ ЗМІННОГО РАДІУСУ У ПОЗДОВЖНЬОМУ ПРОФІЛІ

Олійник М.О.

АТЗТ «Київсоюзилхпроект»

Для переведення автомобіля з прямої на криву сталої кривизни водій має повертати штурвал рульового колеса поступово, доводячи кут повороту до необхідної величини. Для виконання цього повороту необхідна певна кількість часу для того, щоб водій плавно повернув штурвал з необхідною кутною швидкістю для виходу на криву, необхідна достатня відстань для того, щоб кривизна траєкторії руху зростала поступово, а разом з тим поступово зростала відцентрова сила. У випадку досить швидкого переведення автомобіля з прямої на криву відцентрова сила виникла би у короткий проміжок часу, що за своїм ефектом відповідало боковому поштовху при вході на криву. Ці обставини потребують влаштування проїзної частини у відповідності з траєкторією руху автомобіля, що являє собою у даному випадку криву, радіус якої поступово зменшується від нескінченності (на прямій) до радіусу основної кривої. Для цього для великих швидкостей руху і малих радіусів кривих з обох сторін колової кривої влаштовуються перехідні криві.

Як було згадано вище, при в'їзді з прямолінійної ділянки на криву на автомобіль діє відцентрова сила, дія якої може бути в залежності від кривої, різна. Наприклад, у випадку кругової кривої невеликого радіусу відцентрова сила може викликати бокове занесення автомобіля. Також відцентрова сила обумовлює перерозподіл навантаження на колеса автомобіля, появу бокового уведення коліс, ускладнює керування автомобілем. Бокове уведення коліс обумовлює швидке зношення шин і перевитрати палива. В критичному режимі працюють фактично всі основні вузли автомобіля, в першу чергу, ходова частина, підвіска, рульові тяги, і т.п. Найбільш несприятливими є точки поєднання прямолінійної та криволінійної ділянки дороги.

Відцентрове прискорення визначається як перша похідна за часом, тому на прямолінійних ділянках ця характеристика рівна нулю, так як $a = \text{const}$ ($a = 0$, так як $\rho = \infty$, $a = \frac{v^2}{\rho}$)

де a – відцентрове прискорення;

ρ – радіус кривизни;

v – швидкість;

R – радіус.

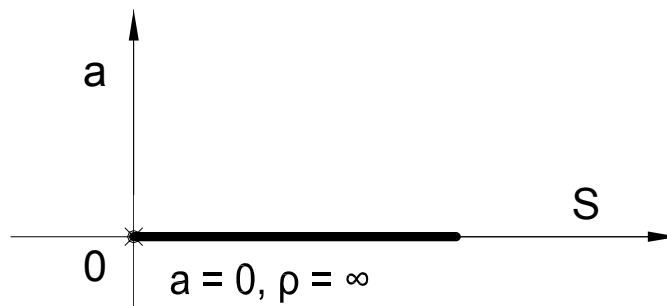


Рис. 1. Значення відцентрового прискорення на прямолінійних ділянках дороги

при $a = 0$, так як $\rho = \infty$

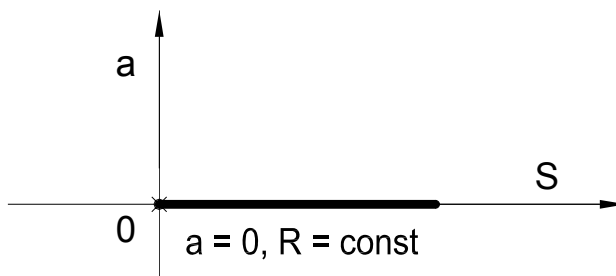


Рис. 2. Значення відцентрового прискорення на криволінійних ділянках, що запроектовані з допомогою колових кривих при $a = 0, R = \text{const}$

На прямій входу на заокруглення (і на прямій виходу) наростання відцентрового прискорення дорівнює нулю, а при в'їзді автомобіля на перехідну криву, у якості якої використано кубічну параболу, на графіку, на якому зображена зміна відцентрового прискорення, можна побачити стрибок із розривом. Такий стрибок буде мати місце і при виході з криволінійної ділянки, що запроектована із допомогою кубічної параболу.

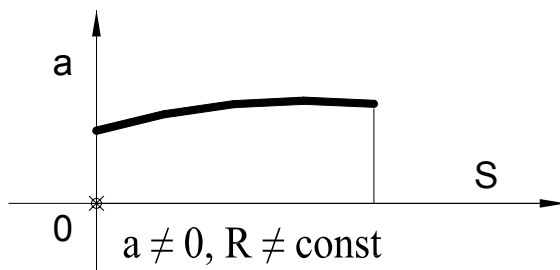


Рис. 3. Значення відцентрового прискорення на криволінійних ділянках, що запроектовані за допомогою парабол (при $a \neq 0$), так як при проектуванні криволінійних ділянок параболу, зміна радіусу незначна, але присутня $R \neq \text{const}$

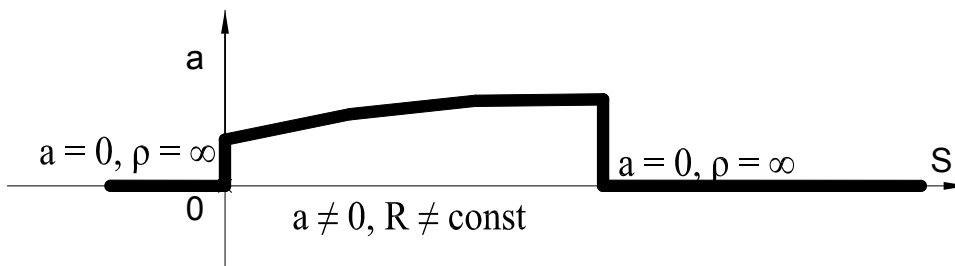


Рис. 4. Значення відцентрового прискорення на прямолінійних та криволінійних ділянках, що запроектовані за допомогою прямих, (при $a = 0$, так як $\rho = \infty$) та парабол ($a \neq 0$, тому $R \neq \text{const}$), так як при проектуванні поздовжнього профілю параболу зміна радіусу незначна, але присутня

Зміна відцентрового прискорення при поєднанні прямолінійної ділянки (прямої) та криволінійної ділянки (параболи), можна побачити що прискорення змінюється стрибкоподібно. Цей стрибок негативно впливає на динаміку руху автомобіля, створює можливість його перекидання, впливає на психофізичний стан водія та пасажирів. Відповідною реакцією водія, як варіант, може бути зменшення швидкості руху, що зменшує пропускну здатність дороги. Тому для ліквідації перепаду значення відцентрового прискорення бажано використовувати перехідні криві змінного радіусу що мають властивості змінювати значення радіусу від нескінченності до певного необхідного радіусу $R = \infty \rightarrow R = \text{const}$.

Клотоїда є кривою, для якої наростання відцентрового прискорення дорівнює постійній, що відрізняється від нуля. Стрибокподібність зміни цієї характеристики негативно впливає на динаміку автомобіля і викликає дискомфорт у водія та пасажирів.

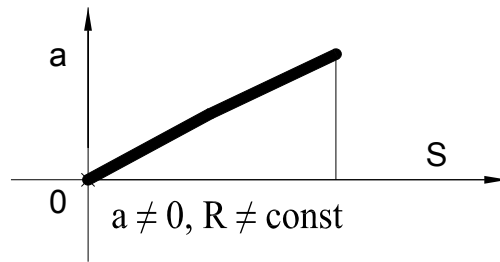
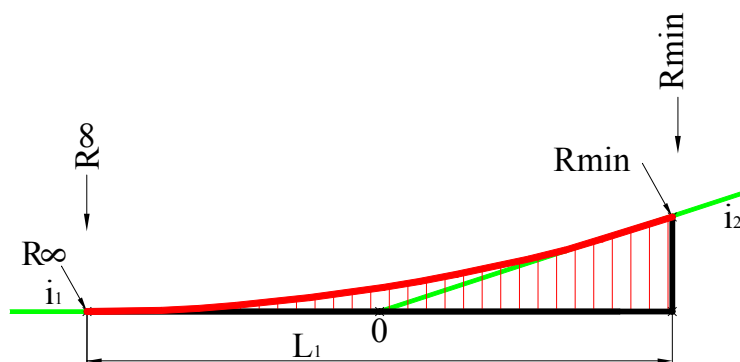


Рис. 5. Зміна відцентрового прискорення при русі автомобіля по криволінійній ділянці, що запроектована за допомогою клотоїди

Для ліквідації перепаду значення відцентрового прискорення (при переході з прямолінійної ділянки на криволінійну і навпаки) бажано використовувати перехідні криві змінного радіусу, що мають властивості змінювати значення радіусу від нескінченності до певного необхідного радіусу $R = \infty \rightarrow R = \text{const}$. Таким чином, за допомогою перехідних кривих зі змінним радіусом можливо змінювати відцентрове прискорення плавно від нуля (при $R = \infty$) до $\frac{v^2}{\rho}$ (при $R = \text{const}$).

Випадок I. Проектування за допомогою однієї перехідної кривої (за мінімальною довжиною). При похилах в один бік ($i_1 = +i_1, i_2 = +i_2$), при похилах, один з яких дорівнює нулю ($i_1 = +i_1, i_2 = 0$), та при похилах у різних напрямках ($i_1 = +i_1, i_2 = -i_2$).



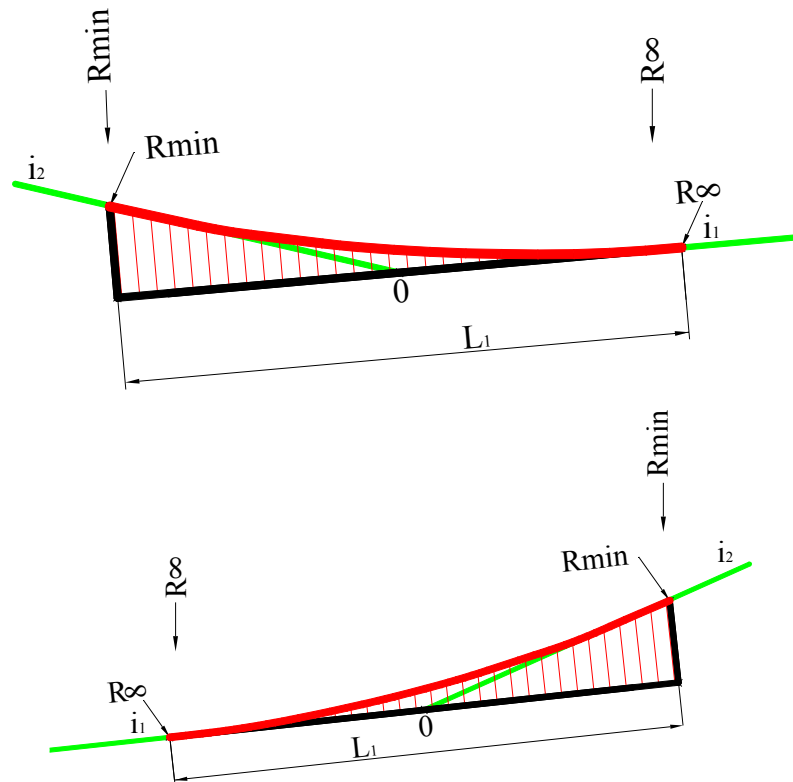


Рис. 6. Проектування з допомогою однієї перехідної кривої (за мінімальною довжиною) при похилах в один бік ($i_1=+i_1, i_2=+i_2$), при похилах, один з яких дорівнює нулю ($i_1=+i_1, i_2=0$) та при похилах у різних напрямках ($i_1=+i_1, i_2=-i_2$)

Де L_1 – довжина перехідної кривої, при умові що L_1 не менше відстані видимості, що нормована ДБН В.2.3- 4:2007 (у випадку для опуклих вертикальних кривих);

i_1, i_2 – похили;

R_{min} – мінімальний радіус перехідної кривої що нормований ДБН В.2.3- 4:2007;

R_{∞} – радіус що дорівнює нескінченності на початку перехідної кривої.

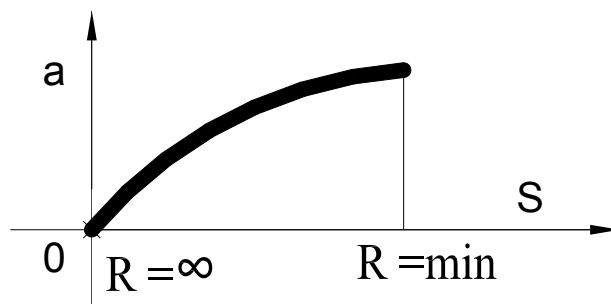


Рис. 7. Зміна відцентрового прискорення з допомогою однієї перехідної кривої (за мінімальною довжиною)

В даному випадку, на початку перехідної кривої відцентрове прискорення дорівнює нулю, потім йде постійне збільшення відцентрового прискорення до кінця кривої, тобто

максимального значення відцентрове прискорення набуває в кінця кривої, при R_{\min} . Величина мінімального радіусу R_{\min} виходить з допустимої величини відцентрового прискорення, довжини кривої та категорії дороги.

Випадок II. Проектування за допомогою двох перехідних кривих (за мінімальною довжиною). При похилах в один бік ($i_1=+i_1, i_2=+i_2$), при похилах, один з яких дорівнює нулю ($i_1=+i_1, i_2=0$), та при похилах у різних напрямках ($i_1=+i_1, i_2=-i_2$).

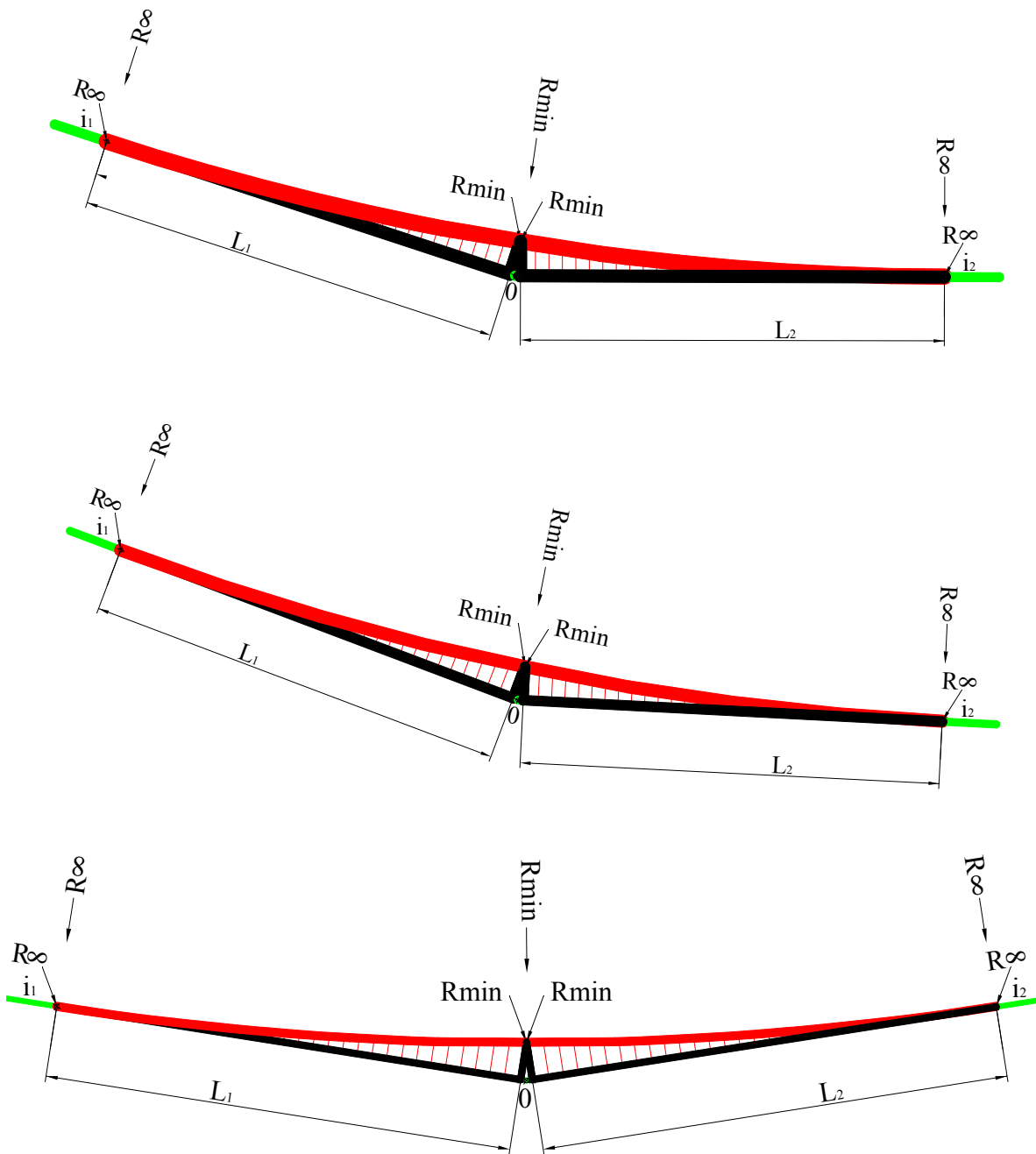


Рис. 8. Проектування з допомогою двох перехідних кривих (за мінімальною довжиною та похилом дотичної) при похилах в один бік ($i_1=+i_1, i_2=+i_2$), при похилах, один з яких дорівнює нулю ($i_1=+i_1, i_2=0$) та при похилах у різних напрямках ($i_1=+i_1, i_2=-i_2$)

Де L_1, L_2 – довжини перехідних кривих, при умові що L_1, L_2 не менше відстані видимості, що нормовані ДБН В.2.3- 4:2007 (у випадку для опуклих вертикальних кривих);

i_1, i_2 – похили;

R_{min} – мінімальний радіус перехідної кривої що нормований ДБН В.2.3- 4:2007;

R_{∞} – радіус що дорівнює нескінченності на початку перехідної кривої.

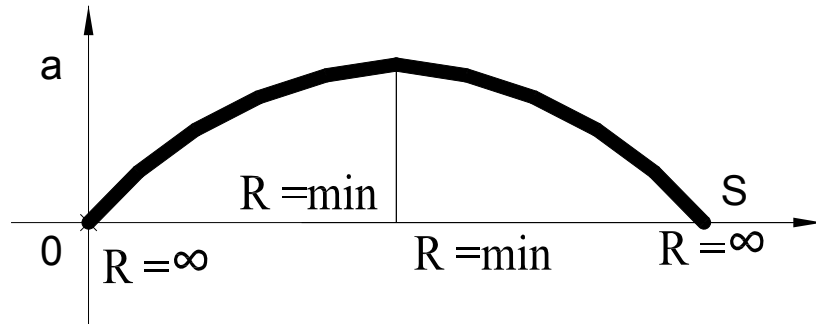
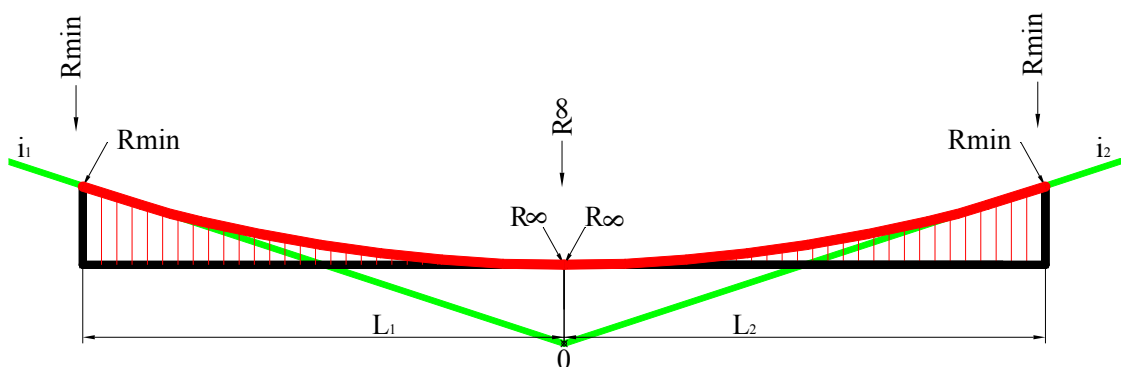


Рис. 9. Зміна відцентрового прискорення при проектуванні з допомогою двох перехідних кривих (за мінімальною довжиною)

На початку кривих, радіус перехідних кривих є $R = \infty$. В місці стику кривих $R = R_{min}$. В точках дотику перехідних кривих з проектною лінією знаходиться початок перехідної кривої та радіус $R = \infty$. Кінець вертикальної кривої від точки перетину похилів знаходиться на відстані мінімальної довжини перехідної кривої визначеного радіусу ($R = R_{min}$) від пікетажного положення точки перетину похилів. На початку кривої радіус перехідної кривої є R_{∞} . В місці стику кривих, з проектною лінією, похил проектної лінії співпадає з похилом дотичної до перехідної кривої в точці дотику.

Випадок III. Проектування за допомогою двох перехідних кривих (від прямої лінії).

При похилах в один бік ($i_1 = +i_1, i_2 = +i_2$), при похилах, один з яких дорівнює нулю ($i_1 = +i_1, i_2 = 0$), та при похилах у різних напрямках ($i_1 = +i_1, i_2 = -i_2$).



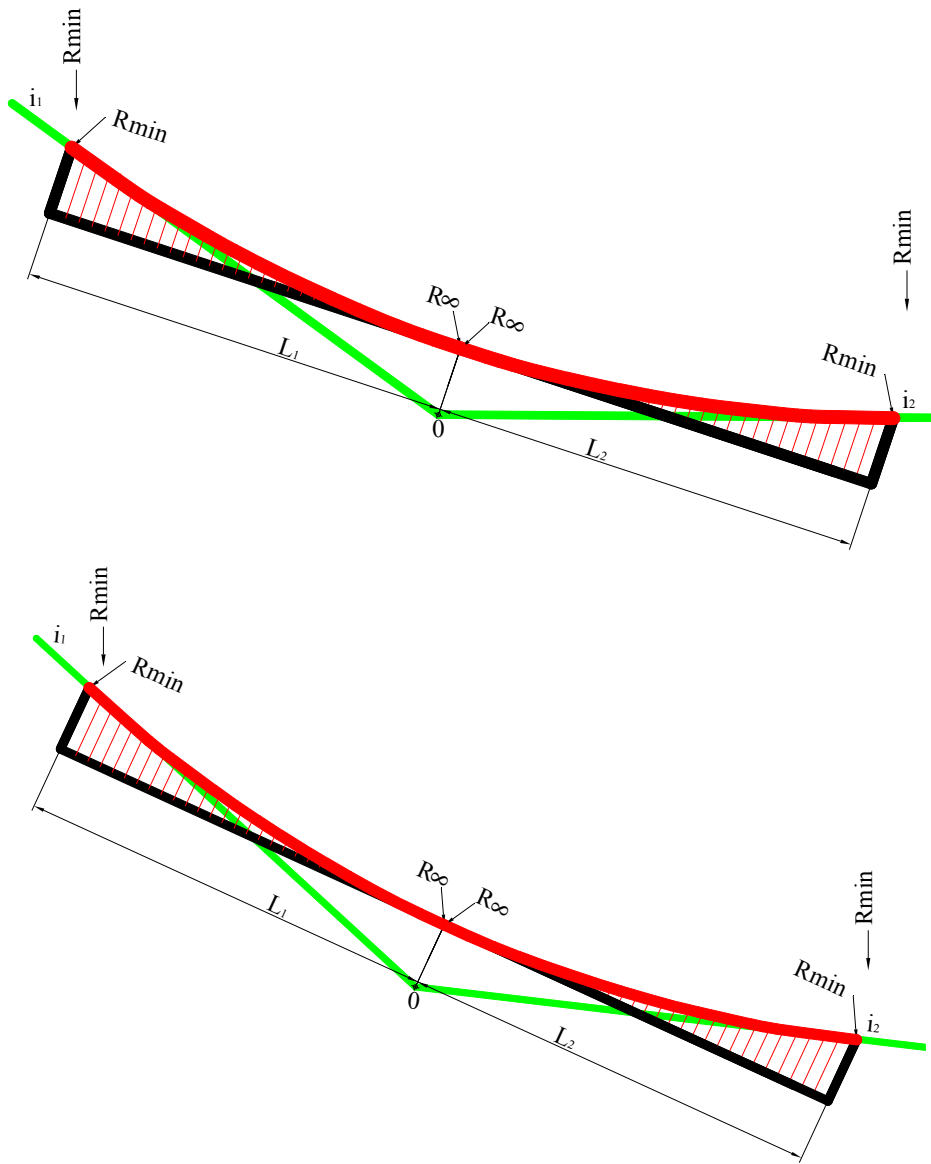


Рис. 10. Проектування за допомогою двох перехідних кривих (за похилом дотичної від прямої лінії) при похилах в один бік ($i_1=+i_1, i_2=+i_2$), при похилах, один з яких дорівнює нулю ($i_1=+i_1, i_2=0$), та при похилах у різних напрямках ($i_1=+i_1, i_2=-i_2$)

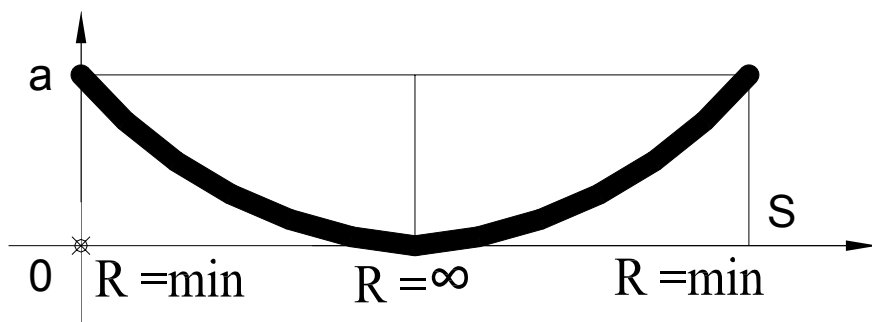
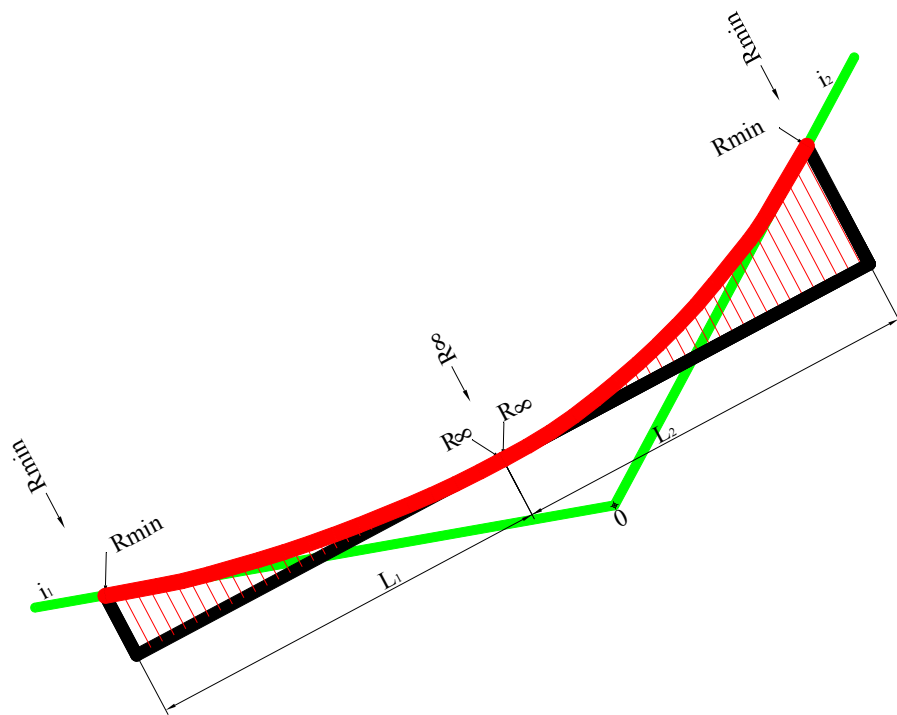
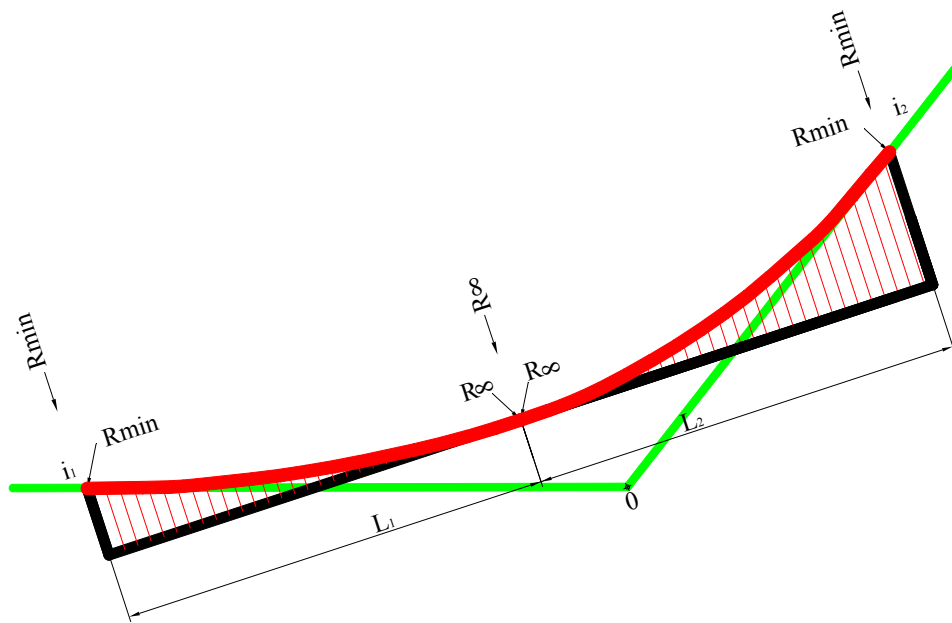


Рис. 11. Зміна відцентрового прискорення при проектуванні за допомогою двох перехідних кривих (за похилом дотичної від прямої лінії)

Випадок IV. Проектування за допомогою двох перехідних кривих (від прямої лінії зі зсуванням).



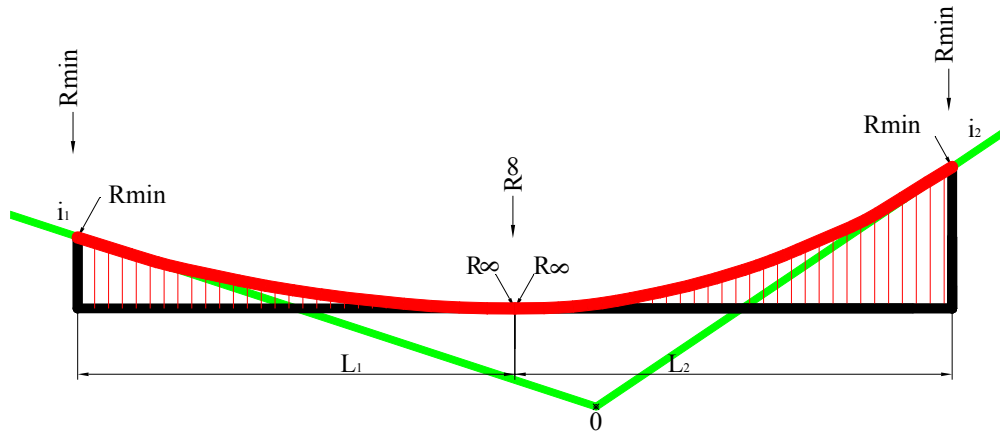


Рис. 12. Зміна відцентрового прискорення при проектуванні за допомогою двох перехідних кривих (за похилом дотичної зі здвижкою) при похилах в один бік ($i_1=+i_1$, $i_2=+i_2$), при похилах, один з яких дорівнює нулю ($i_1=+i_1$, $i_2=0$), та при похилах у різних напрямках ($i_1=+i_1$, $i_2=-i_2$)

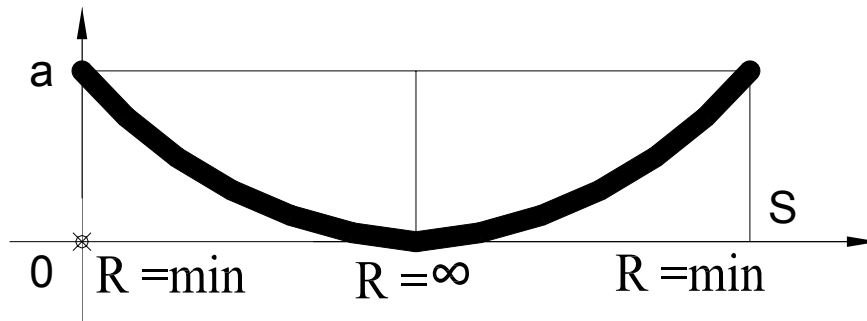


Рис. 13. Зміна відцентрового прискорення при проектуванні з допомогою двох перехідних кривих (за похилом дотичної зі здвижкою)

У поздовжньому профілі при проектуванні вертикальних кривих враховується відцентрове прискорення тільки для угнутих вертикальних кривих. Для опуклих вертикальних кривих відцентрова сила зменшує дію від ваги автомобіля (зменшує відцентрове прискорення) і впливає на розрахунок радіусу кривої. Відцентрове прискорення має невелику величину через це і не впливає на визначення радіусу кривої і тому радіус кривої визначається по допустимій відстані видимості поверхні дороги та зустрічного автомобіля.

Для угнутої вертикальної кривої ці сили підсумовуються, і відцентрове прискорення збільшується. Через те, що від прискорення направлено вертикально і не впливає на перекидання та ковзання автомобіля і враховуючи його дію на пасажирів, по даним медиків, про вплив прискорення на самопочуття пасажирів та водіїв, можна приймати $g=1\text{м/сек}^2$, що дає можливість значно зменшити радіус угнутої вертикальної кривої. В даному випадку, видимість поверхні дороги та зустрічного автомобіля забезпечені при розрахунку вертикальних угнутих кривих.

Відцентрове прискорення приймається при розрахунку перевантажень при взльоті та посадці літаків – значення нормального перевантаження, по визначенню медицини, складає $1\text{м}^2/\text{сек}.$, приймаємо значення допустимо нормального відцентрового прискорення рівним $1\text{м}^2/\text{сек}.$

Використовуючи перехідні криві змінного радіусу що мають властивості змінювати значення радіусу від нескінченності до певного необхідного радіусу $R=\infty \rightarrow R=\text{const}$ ліквідується перепад

значення відцентрового прискорення (при переході з прямолінійної ділянки на криволінійну і навпаки). Таким чином, за допомогою перехідних кривих зі змінним радіусом можливо змінювати відцентрове прискорення плавно, від нуля (при $R = \infty$) до $\frac{v^2}{\rho}$ (при $R = \text{const}$).

Література

1. О.В. Андреев, В.Ф. Бабков, А.К. Бируля и др. Справочник инженера-дорожника, Транспорт, 1977.
2. Проектирование в строительстве автомобильных дорог. Справочник под редакцией В.И. Заворицького. К., Техника, 1996.
3. Справочник инженера-дорожника: «Изыскание и проектирование автомобильных дорог» / под ред. О.В. Андреева. – М.Транспорт, 1977.
4. Я.В. Хомяк, В.С. Чвак, П.П. Дзюба «Принципы проектирования продольного профиля автомобильных дорог». – К. КАДИ, 1984.
5. О.А. Білятинський „Російсько-український словник автодорожника”. – К. «Вища школа», 1999.
6. А.А. Белятинский, А.В. Василенко, А.М. Романюка „Проектирование автомобильных дорог с учетом экономии энергоресурсов”. – К. „Будівельник”, 1990.
7. Пособие по проектированию автомобильных дорог. Ройзман А.С. Изд-во «Транспорт», 1968г., стр.1-240.
8. М.Г. Котик, А.В.Павлов, И.М. Пашковский, Ю.С. Сардановский, Н.Г. Щитаев. Издательство «Машиностроение», Москва, 1965 г., с. 256.
9. К.А. Путилов. Курс физики. Том II. Издание шестое. Государственное издательство физико-математической литературы. Москва 1963.
10. В.И. Пуркин, М.И. Судьин «Применение ЭВЦМ при проектировании автомобильных дорог». Московский автомобильно-дорожный институт, 1979. Москва, 1979 г.
11. А.А. Белятинский, Л.В. Василенко, А.М. Романюха «Проектирование автомобильных дорог с учетом экономии энергоресурсов». Киев «Будивельник», 1990.
12. Я.В. Хомяк, В.С. Чвак, П.П. Дзюба «Проектирование профиля автомобильных дорог». Киев УМК ВО, 1990.