

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БЕЦЬ СВІТЛАНА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 625.72

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело

_____ С.О. Бець

Науковий керівник –
Пальчик Анатолій Миколайович,
кандидат технічних наук,
доцент

Ідентичність усіх примірників дисертації
Засвідчую
Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02
_____ О.Ю. Усиченко

АНОТАЦІЯ

Бець С. О. Удосконалення методу розрахунку просторової видимості на автомобільних дорогах.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 «Автомобільні шляхи та аеродроми». (192 – Будівництво та цивільна інженерія). – Національний транспортний університет, Київ, 2021.

Розвиток економіки України в останні роки характеризується стрімким зростанням автомобільного парку. Це призводить до збільшення інтенсивності дорожнього руху і навантаження на мережу автомобільних доріг, що в свою чергу викликає збільшення кількості дорожньо-транспортних подій. Так, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, дорожньо-транспортний травматизм на сьогодні є однією з найбільших проблем охорони здоров'я. Значна кількість дорожньо-транспортних подій відбувається за рахунок незабезпеченої видимості. Відстань видимості є важливим параметром, який забезпечує комфортність та безпеку руху.

В результаті проведених дисертаційних досліджень була встановлена наукова новизна:

- *отримано*: критерії видимості, як в просторі, так і в горизонтальній та вертикальній площині для її оцінки;
- *удосконалено*:
 - метод розрахунку просторової видимості на автомобільних дорогах;
 - методи визначення геометричних параметрів на основі геодезичних координат з використанням супутникових технологій та технологій лазерного сканування місцевості;
 - математичну модель визначення просторової видимості з використанням конуса видимості.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що удосконалений метод розрахунку просторової видимості та визначення параметрів автомобільної дороги дозволяють: проводити аналіз безпеки руху на етапі

проектування; обґрунтовувати необхідність реконструкції окремих ділянок автомобільних доріг.

Удосконалений метод з визначення просторової видимості дає можливість оцінювати видимість, як окремо в плані та профілі, так і в просторі.

Удосконалені методи з визначення геометричних елементів на автомобільних дорогах на основі координат, дають змогу врахувати кривизну в кожній точці, на відміну від існуючих методів, які використовуються лише для розрахунку колових кривих.

Розроблена методика з оцінки просторової видимості дає змогу аналізу та прийняття оптимальних заходів по її покращенню та підвищенню безпеки руху.

Результати дисертаційної роботи були використані в навчально-методичних комплексах дисциплін „Вишукування та проектування автомобільних доріг”, для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, ОП „Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів”, при формуванні програм лекційних занять та в дипломному проектуванні.

Забезпечена видимість на автомобільних дорогах є одним із найважливішим показників безпеки руху. Для безпеки руху на дорозі водій повинен бачити перед собою ділянку достатньої довжини, з тим щоб, побачивши перешкоду, вжити заходи по своєчасному гальмуванню.

Існуючі методи оцінки видимості базуються на представленні дороги в двох окремих площинах, горизонтальній та вертикальній. Це обмежує можливість отримання достовірних значень реальної видимості.

На дальність видимості значним чином впливають геометричні параметри автомобільних доріг. Тому необхідно з достатньою точністю отримати цифрові значення радіусів заокруглень та поздовжнього похилу.

Проведений аналіз існуючих методів визначення основних геометричних параметрів автомобільних доріг в ході дисертаційного дослідження показав їх недосконалість для вирішення поставленої задачі. Вони базуються на представленні криволінійних ділянок автомобільної дороги у вигляді кривих з постійним радіусом. Таким чином визначається радіус на вершині кривої, і він вважається

рівним на всій криволінійній ділянці. Сюди відносяться аналітичні методи для визначення радіуса кривих за хордою та графічні методи, які базуються на методі підбору за допомогою графічних програм. Такий підхід визначення геометричних параметрів дороги не може забезпечити достатньої точності, тому потребує удосконалення.

Для отримання достовірних даних необхідно розробити такі методи визначення геометричних параметрів дороги визначених на основі геодезичних координат, які дадуть змогу враховувати зміну радіуса на кривих зі змінним радіусом. Геометричні параметри визначаються на основі просторових координат, отриманих за допомогою супутникових технологій або технологій лазерного сканування місцевості.

Для вирішення питання визначення радіусів заокруглення на кривих зі змінним радіусом на основі геодезичних координат, отриманих за допомогою супутникових технологій або технологій лазерного сканування місцевості було удосконалено два методи:

- метод подовжених хорд;
- метод перевищень.

Перший метод призначений для визначення радіусів горизонтальних кривих, в тому числі кривих зі змінним радіусом. Він базується на методі хорд, який використовується для розбивки кривих в ускладнених умовах.

Другий метод призначений для визначення радіусів вертикальних кривих та похилів. Він ґрунтується на залежності кривизни від похилу, який можна визначити в будь-якій точці на кривій.

Використовуючи ці методи можна визначити радіус кривої в будь-якій точці дороги.

Удосконалені методи визначення геометричних параметрів автомобільних доріг ґрунтуються на використанні просторових геодезичних координат, отриманих за допомогою супутникових технологій або технологій лазерного сканування місцевості.

В ході дисертаційного дослідження було встановлено, що в реальних умовах, при суміщенні кривих в плані з вертикальними кривими або похилами в поздовжньому профілі, перевірок видимості зустрічного автомобіля окремо в плані та окремо в профілі – недостатньо, а саме має місце незабезпечена видимість в просторі. При певних умовах, наприклад при перевірці окремо в горизонтальній та вертикальній площині відстань видимості є задовільною, а при одночасному поєднанні горизонтальних та вертикальних елементів дороги – видимість не відповідає нормативним значенням.

Допомогти уникнути такої ситуації може перевірка дороги на забезпечення просторової видимості. Для цього був розроблений метод «конусів» для оцінки просторової видимості, який на основі аналізу елементів дороги в просторі, дозволяє проводити оцінку видимості. Він ґрунтується на розподіленні концентрації зору водія. Водій може чітко бачити ситуацію в межах конуса, вершина якого знаходиться на рівні очей водія, приймається 1,2 м. Висота конуса залежить від швидкості руху транспортного засобу та часу доби. Кут між бічними стінками конуса, що є кутом концентрованого зору водія становить від 3 до 12°, це зона найкращого зору, в межах якої водій чітко бачить ситуацію на дорозі. Кут периферійного зору водія складає 36°, в межах цього конусу водій помічає перешкоду, але не може її класифікувати. Щоб чітко побачити перешкоду водій має перевести погляд на неї.

Для отримання просторової видимості необхідно побудувати цифрову модель місцевості. Це можна виконати за допомогою програмних комплексів, таких як AutoCad Civil 3D, Revit та ін. За допомогою цих програм отримані просторові координати точок дороги можна вивести в графічний вигляд. В результаті ми отримуємо просторову модель дороги, яка складається з елементів, прямих та кривих вставок. Кожен з цих елементів можна описати рівнянням. Напрямою просторової математичної моделі дороги описується за допомогою векторів. Щоб отримати напрямок, тобто вектор-функцію в будь-якій точці елемента необхідно взяти першу похідну від рівняння елемента. Сума горизонтального та вертикального векторів складає просторовий вектор, який

вказує на напрямок зору водія. За цим напрямком встановлюється конус і визначається значення видимості в даній точці, після цього конус пересувається по дорозі й заміряється значення видимості в будь-якій точці дороги.

В результаті проведених досліджень була розроблена методика розрахунку просторової видимості на автомобільних дорогах. Вона складається з наступних етапів:

1. Отримання вихідних даних (прямокутні координати (x, y, z) , які характеризують автомобільну дорогу і необхідні для визначення параметрів дороги).
2. Побудова 3Д моделі місцевості та дороги.
3. Визначення параметрів дороги (радіус горизонтальних та вертикальних кривих, ширина проїзної частини, ширина узбіччя, висота насипу, глибина виїмки) та поперечники для побудови моделі місцевості. Основою є координати осі дороги в просторі.
4. Розрахунок конуса видимості у визначених точках автомобільної дороги.
5. Побудова графіків просторової видимості.
6. Розрахунок та побудова графіків коефіцієнтів просторової видимості в плані та профілі.
7. Розробка заходів по покращенню умов руху на основі графіків коефіцієнтів просторової видимості.

В результаті дослідження удосконалено методи визначення геометричних параметрів при паспортизації автомобільних доріг на основі GPS-технологій, супутникових карт і технологій лазерного сканування місцевості та досліджено просторову видимість і розроблено заходи по покращенню умов руху та підвищенню безпеки руху.

Ключові слова: автомобільна дорога, безпека руху, вертикальна крива, видимість, геометричні параметри, горизонтальна крива, конус видимості, оцінка видимості, поздовжній похил, просторова видимість, умови руху.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Савчук С. А. Обеспечение пространственной видимости на автомобильных дорогах. *Modern management review*, 2016, № 23. С. 45-60.

Статті у наукових фахових виданнях:

2. Савчук С. О., Пальчик А. М. Використання GPS технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2013. Вип. 90. С. 12-19.

3. Савчук С. О. Визначення просторової видимості на автомобільних дорогах. *Вісник Національного транспортного університету* : науково-технічний збірник. 2017. Вип. 1(37). С. 358-362.

4. Бець С. О. Розробка методів визначення параметрів кривих змінного радіуса при паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2018. Вип. 104. С. 24-30.

5. Бець С. О. Analysis of spatial visibility on the roads on the basis of visibility coefficients. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : наук.-техн. збірник. Київ. 2019. Вип. 105. С. 28-34.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

6. Савчук С. О., Пальчик А. М. Використання GPS технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Сучасні геоінформаційні технології при підготовці фахівців дорожньої галузі* : тези доповідей міжнародного науково-технічного семінару. Х. : ХНАДУ, 2015.

7. Савчук С. О., Додух К. М. Пропускна здатність перехрещень автомобільних доріг в одному рівні. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2011. №67. С. 133.

8. Савчук С. О., Пальчик А. М. Вплив видимості на швидкість руху транспортних засобів. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2017. № 73. С. 196.

9. Савчук С. О., Пальчик А. М. Перспективи впровадження в Україні підземних та багаторівневих парковок. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2012. № 68. С. 166.

10. Савчук С. О., Пальчик А. М., Соколенко Т. В. Підготовка даних для вишукування та паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2015. № 71. С. 203.

11. Савчук С. О., Полянська А. В, Ситник Є. В. Визначення геометричних елементів автомобільної дороги. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2017. № 73. С. 197.

12. Савчук С. О., Соколенко Т. В., Фірова А. О. Застосування даних GPS при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2015. №71. С. 203.

13. Савчук С. О., Фірова А. О., Соколенко Т. В. GPS технології при паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2015. №71. С. 203.

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

14. Савчук С. А., Совершенствование методов определения параметров автомобильной дороги в плане и профиле. *Автомобильные дороги и мосты*. 2016. №2. С. 95-98.

15. Савчук С. О., Соколенко Т. В. Застосування супутникових геодезичних карт при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2015. Вип. 93. С. 26-38.

ABSTRACT

Bets S.O. Improvement of the method for calculating spatial visibility on the roads.

Thesis for the degree of candidate of Technical sciences in specialty 05.22.11 "Highway and Airfields" – National Transport University. Kyiv, 2021.

Development of the Ukrainian economy in the period 2000-2021 is characterized by rapid growth of the automobile park. This leads to an increase in traffic intensity and load on the network of roads, which in turn causes an increase in the number of road traffic events, including due to unsecured visibility. Thus, according to the World Health Organization, road traffic injuries are one of the biggest health problems today. A significant number of road divisions are due to poor visibility. Visibility is an important parameter that provides comfort and safety.

As a result of the conducted dissertation researches the scientific novelty was established:

- obtained: visibility criteria, both in space and in the horizontal and vertical planes for its assessment;
- improved:
 - method of calculating spatial visibility on highways;
 - methods of determining geometric parameters based on geodetic coordinates using satellite technologies and scanning;
 - mathematical model for determining spatial visibility using the visibility cone.

The practical value of the results obtained is to develop recommendations for determining the parameters of the road and the range of visibility that can be applied in the feasibility studies of the need for partial or complete reconstruction of the highway.

1. The improved method of determining spatial visibility makes it possible to assess visibility both separately in plan and profile, and in space.

2. Advanced methods for determining geometric elements on highways on the basis of coordinates allow you to take into account the curvature at each point, in contrast to existing methods that are used only to calculate circular curves.

3. The developed methodology for assessing spatial visibility allows to analyze and take optimal measures to improve it and increase traffic safety.

Provided visibility on the roads is one of the most important indicators of traffic safety. To ensure road safety, the driver must see a section of sufficient length in front of him to see obstacles in order to take measures for timely braking.

Existing visibility assessment methods are based on the representation of the route in two separate planes, horizontal and vertical. This limits the ability to obtain reliable values of real visibility.

The visibility of highways is largely influenced by the geometric parameters of roads. Therefore, it is necessary to obtain, with sufficient accuracy, the digital values of the radii of the rounds and the longitudinal slope.

An analysis of existing methods for determining the main parameters of highways in the course of the dissertation research has shown that they are not perfect for solving the problem. They are based on the representation of the curvilinear sections of the roads in the form of curves with a constant radius. Thus the radius is determined at the vertex of the curve, and it is considered to be equal throughout the curvilinear section. These include analytical methods for determining the radius of curves for the chord and graphic methods based on the selection method using graphical programs. Such an approach can't provide sufficient accuracy in determining the elements of the route.

To obtain reliable data, it is necessary to develop the following methods for determining the geometric parameters of the road, determined on the basis of geodetic

coordinates obtained using satellite technology or scanning, which allow to study the changed radius on curves with variable radius.

To address the issue of determining rounding radii on curves with variable radius based on geodetic coordinates obtained using satellite technology or scanning, two methods have been improved:

- method of elongated chords;
- method of Exceeding.

The first method is designed to determine the radii of horizontal curves, including curves with a variable radius. It is based on the chord method used to break down the transition curves.

The second method of determination is to determine the radii of vertical curves and slopes. It is based on the dependence of the curvature on the slope, which can be determined at any point on the curve.

Both of these methods of determining the parameters of highways are based on the use of geodetic coordinates obtained using satellite technology or scanning.

In the course of the dissertation research it was established that in real conditions, when combining curves in the plan with vertical curves or slopes in the longitudinal profile, checks of visibility of the oncoming car separately in the plan and separately in profile are insufficient, namely unsecured visibility in space.

Helping to avoid this situation can be a road test to ensure spatial visibility. For this purpose, the method of "cones" for the estimation of spatial visibility was developed, which, based on the analysis of the elements of the route in space, allows us to assess the visibility. It is based on the distribution of driver's vision concentrations. The driver can clearly see the situation within the cone, the top of which is at eye level of water, is taken 1.2 m. The height of the cone depends on the speed of the vehicle and the time of day. The angle between the side walls of the cone, which is the driver's center of view, is from 3 to 12 °, it is the zone of best vision, within which the driver clearly sees the situation on the road. The driver's peripheral vision angle is 36 °, within the limits of this cone the driver notices the obstacle, but can't classify it to clearly see the obstacle the driver has to look at it.

To obtain spatial visibility, you need to build a digital terrain model. It can be performed using software packages such as AutoCad Civil 3D, Revit, etc. With these programs, the obtained spatial coordinates of the road points can be transferred to a graphical overview. As a result, we obtain a spatial model of the road, which consists of elements, straight and curved inserts. Each of these elements can be described by levels. The direction of the spatial mathematical model of the road is described by vectors. The sum of horizontal and vertical vectors is a spatial vector, which characterizes the direction of the driver's vision, and hence the direction of the cone of spatial visibility. To obtain the direction, i.e. the vector function at any point of the element, it is necessary to take the first derivative of the equation of the element. This vector indicates the direction of the driver's vision. In this direction the cone is established and the value of visibility at the given point is defined, after that the cone moves on the road and the value of visibility is measured at any point of the road.

As a result of the research, a methodology for calculating spatial visibility on highways was developed. It consists of the following steps:

1. Obtaining output data (rectangular coordinates that characterize the road and necessary for determining the parameters of the road).
2. Construction of a 3D model of the terrain and road.
3. Determination of road parameters (radius of horizontal and vertical curves, width of the carriageway, width of the roadside, height of the embankment, depth of the excavation) and diameters for construction of models of places. The basis is the coordinates of the axis of the road in space.
4. Calculation of the cone of visibility at certain points of the road.
5. Construction of a graph of spatial visibility.
6. Calculation and construction of graphs of coefficients of visibility in the plan and profile
7. Development of measures for improvement of traffic conditions on the basis of graphs of coefficients of visibility

As a result of the study, methods for determining the geometric parameters for the certification of highways on the basis of GPS technologies, satellite maps and laser

scanning have been improved, and spatial visibility has been investigated and measures to improve traffic conditions have been developed.

Keywords: road, traffic safety, vertical curve, visibility, geometric parameters, horizontal curve, visibility cone, visibility assessment, welcome slope, spatial visibility, traffic conditions.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Савчук С. А. Обеспечение пространственной видимости на автомобильных дорогах. *Modern management review*, 2016, № 23. С. 45-60.

Статті у наукових фахових виданнях:

2. Савчук С. О., Пальчик А. М. Використання GPS технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2013. Вип. 90. С. 12-19.

3. Савчук С. О. Визначення просторової видимості на автомобільних дорогах. *Вісник Національного транспортного університету* : науково-технічний збірник. 2017. Вип. 1(37). С. 358-362.

4. Бець С. О. Розробка методів визначення параметрів кривих змінного радіуса при паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2018. Вип. 104. С. 24-30.

5. Бець С. О. Analysis of spatial visibility on the roads on the basis of visibility coefficients. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : наук.-техн. збірник. Київ. 2019. Вип. 105. С. 28-34.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

6. Савчук С. О., Пальчик А. М. Використання GPS технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Сучасні геоінформаційні*

технології при підготовці фахівців дорожньої галузі : тези доповідей міжнародного науково-технічного семінару. Х. : ХНАДУ, 2015.

7. Савчук С. О., Додух К. М. Пропускна здатність перехрещень автомобільних доріг в одному рівні. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2011. №67. С. 133.*

8. Савчук С. О., Пальчик А. М. Вплив видимості на швидкість руху транспортних засобів. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2017. № 73. С. 196.*

9. Савчук С. О., Пальчик А. М. Перспективи впровадження в Україні підземних та багаторівневих парковок. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2012. № 68. С. 166.*

10. Савчук С. О., Пальчик А. М., Соколенко Т. В. Підготовка даних для вишукування та паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2015. № 71. С. 203.*

11. Савчук С. О., Полянська А. В, Ситник Є. В. Визначення геометричних елементів автомобільної дороги. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2017. № 73. С. 197.*

12. Савчук С. О., Соколенко Т. В., Фірова А. О. Застосування даних GPS при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників*

відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2015. №71. С. 203.

13. Савчук С. О., Фірова А. О., Соколенко Т. В. GPS технології при паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей. К. : НТУ, 2015. №71. С. 203.*

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

14. Савчук С. А., Совершенствование методов определения параметров автомобильной дороги в плане и профиле. *Автомобильные дороги и мосты. 2016. №2. С. 95-98.*

15. Савчук С. О., Соколенко Т. В. Застосування супутникових геодезичних карт при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво : науково-технічний збірник. 2015. Вип. 93. С. 26-38.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ	24
1.1 Видимість на автомобільних дорогах	24
1.1.1 Видимість поверхні дороги	25
1.1.2 Бічна видимість на перехрещеннях та примиканнях в одному рівні	26
1.1.3 Видимість на горизонтальних кривих	27
1.1.4 Видимість зустрічного автомобіля в поздовжньому профілі	28
1.1.5 Відстань видимості в темну пору доби.....	30
1.1.6 Метеорологічна дальність видимості	31
1.2 Аналіз методів визначення просторової видимості	32
1.3 Висновки до першого розділу.....	44
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ	45
2.1 Визначення радіуса заокруглення осі дороги в плані, профілі та просторі	45
2.2 Взаємозв'язок видимості та психофізіології водія.....	51
2.3 Забезпечення просторової видимості	55
2.4 Висновки до другого розділу	64
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ.....	65
3.1 Існуючі методи визначення геометричних параметрів автомобільних доріг	65
3.2 Методи визначення просторових координат	68
3.2.1 Визначення координат за допомогою геодезичних приладів.....	68
3.2.2 Визначення координат за допомогою глобальних навігаційних супутникових систем.....	69
3.2.3 Визначення координат за допомогою технології лазерного сканування	73

3.3	Визначення параметрів плану та профілю автомобільних доріг.....	76
3.3.1	Визначення радіусу горизонтальної кривої методом подовжених хорд	76
3.3.2	Метод перевищень для визначення радіуса вертикальної кривої та похилу.....	81
3.4	Основна схема і математичне вираження комбінації елементів дороги при оцінці просторової видимості	85
3.5	Геометричні характеристики просторової видимості.....	93
3.6	Висновки до третього розділу	95
РОЗДІЛ 4 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ.....		96
4.1	Алгоритм розрахунку просторової видимості.....	97
4.1.1	Вихідні дані	98
4.1.2	Методи отримання координат.....	98
4.1.3	Переведення географічних координат у прямокутні	100
4.1.4	Визначення параметрів дороги	104
4.1.5	Розрахунок конуса видимості	105
4.1.6	Побудова графіків просторової видимості	106
4.1.7	Побудова графіків коефіцієнтів просторової видимості	107
4.1.8	Розробка заходів по покращенню умов руху на основі графіків коефіцієнтів просторової видимості.....	108
4.2	Приклад розрахунку просторової видимості	109
4.3	Висновки до четвертого розділу	119
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....		120
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		122
ДОДАТОК А ВИХІДНІ ДАНІ ОТРИМАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ GPS-ПРИЙМАЧА.....		136
ДОДАТОК Б ВИХІДНІ ДАНІ ОТРИМАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ КАРТ.....		156
ДОДАТОК В ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ЇХ АНАЛІЗ		177

ДОДАТОК Г АНАЛІЗ ДОРОГИ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ НА ОСНОВІ МЕТОДА «КОНУСА»	183
ДОДАТОК Д АНАЛІЗ КОМБІНАЦІЙ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОГИ НА ОСНОВІ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ	187
ДОДАТОК Е ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ	193
ДОДАТОК Ж СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ.....	195

ВСТУП

Актуальність роботи. Розвиток економіки України в період 2000 – 2021 рр. характеризується стрімким зростанням автомобільного парку. Це призводить до збільшення інтенсивності дорожнього руху і навантаження на мережу автомобільних доріг. Для задоволення цих вимог необхідно розширення існуючої мережі автомобільних доріг та реконструкція і ремонт існуючих доріг.

З розвитком транспортної мережі підвищуються й вимоги до транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг. Зростають швидкості руху транспортних засобів і як наслідок підвищується аварійність на дорогах. Одним із головних факторів підвищення аварійності є недостатня видимість на горизонтальних та вертикальних кривих.

В зв'язку з відсутністю достатньої документальної бази по автомобільним дорогам. Близько 80 % автомобільних шляхів забезпечені паспортами на автомобільні дороги, з них лише 60 % мають повні дані. Для точного аналізу просторової видимості цих даних недостатньо, тому необхідно вдосконалювати методи визначення геометричних параметрів автомобільних доріг.

При цьому саме побудова чіткої тривимірної моделі автомобільної дороги забезпечує всіма необхідними даними для аналізу дороги на рахунок забезпечення достатнього рівня видимості, а вдалий вибір просторового положення автомобільної дороги дає можливість забезпечити комфортність та безпеку руху.

Існуючі методи визначення видимості дають неоднозначні результати, що потребує їх удосконалення.

За останні півстоліття багато авторитетних вчених, фахівців дорожньої галузі зробили значний внесок у розвиток проектування автомобільних доріг: Андреев О.В., Бабков В.Ф., Бегма І.В., Білятинський О.А., Біруля А.К., Брімлі Б., Богаченко В.М., Васильєв А.П., Вознюк А. Б., Воігт А., Гаврилов Е.Р., Гайдукевич В. А., Гамеляк І.П., Гуков М. І., Гусев О.В., Гюлер Е., Дмитрієв М.М., Домке Е.Р., Еркін Е., Есан К., Калужський Я.А., Кастро. М., Кизима С.С., Краммес Р., Лобанов Є.М., Орнатський Н.П, Павлюк Д.О., Пальчик А.М., Піліпака Л.М., Поліщук В.П.,

Пу Дзянтао, Сільянов В.В., Смірнова Н.В., Старовойда В.П., Федотов Г.А., Філіпов В.В., Хамед А. М., Хамроз К., Хомяк Я. В., Шилова Т.О. та інші. В процесі цих досліджень був накопичений великий обсяг інформації, проте питанню визначення просторової видимості не приділено достатньо уваги. Саме тому важливо розробити методику, яка дасть змогу аналізувати просторову видимість, для вибору оптимальних заходів по її покращенню.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні дослідження теоретичного та прикладного характеру виконані за планами Міністерства освіти і науки України, науково-дослідних робіт у Національному транспортному університеті «Удосконалення методів проектування та реконструкції автомобільних доріг» номер держреєстрації 0106 U 000699, «Удосконалення принципів і методів проектування, реконструкції та паспортизації доріг» номер держреєстрації 0111 U 010362.

Метою досліджень є удосконалення методу визначення просторової видимості з урахуванням параметрів автомобільних доріг визначених на основі геодезичних координат, отриманих за допомогою супутникових технологій або технологій лазерного сканування місцевості для підвищення безпеки руху.

Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз існуючих методів визначення просторової видимості;
- удосконалити методи розрахунку параметрів автомобільної дороги на основі геодезичних координат з використанням супутникових технологій;
- удосконалити метод визначення просторової видимості з обґрунтуванням напрямку видимості та конуса зору водія;
- розробити практичні рекомендації з впровадження результатів дослідження просторової видимості.

Об'єкт дослідження – вплив геометричних параметрів та просторової видимості на безпеку дорожнього руху на автомобільних дорогах.

Предмет дослідження – розрахунок просторової видимості на автомобільних дорогах на основі тривимірних координат.

Методи дослідження. У рамках дисертаційної роботи застосовувались методи математичного моделювання, математичної статистики, залежності між параметрами автомобільної дороги та видимістю, експериментальні дослідження для визначення відстані просторової видимості.

Наукова новизна отриманих результатів:

- *отримано:* критерії видимості, як в просторі, так і в горизонтальній та вертикальній площині для її оцінки;
- *удосконалено:*
 - метод розрахунку просторової видимості на автомобільних дорогах;
 - методи визначення геометричних параметрів на основі геодезичних координат з використанням супутникових технологій та технологій лазерного сканування місцевості;
 - математичну модель визначення просторової видимості з використанням конуса видимості.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що удосконалений метод розрахунку просторової видимості та визначення параметрів автомобільної дороги дозволяють: проводити аналіз безпеки руху на етапі проектування; обґрунтовувати необхідність реконструкції окремих ділянок автомобільних доріг.

Удосконалений метод з визначення просторової видимості дає можливість оцінювати видимість, як окремо в плані та профілі, так і в просторі.

Удосконалені методи з визначення геометричних елементів на автомобільних дорогах на основі координат, дають змогу врахувати кривизну в кожній точці, на відміну від існуючих методів, які використовуються лише для розрахунку колових кривих.

Розроблена методика з оцінки просторової видимості дає змогу аналізу та прийняття оптимальних заходів по її покращенню та підвищенню безпеки руху.

Результати дисертаційної роботи використані при розробці галузевих документів СОУ 42.1-37641918-063:2016 «Геоінформаційна система

автомобільних доріг. Вимоги до складу, змісту та застосування» та СОУ 42.1-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги».

Результати досліджень були використані в навчально-методичних комплексах дисциплін „Вишукування та проектування автомобільних доріг”, для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, ОП „Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів”, при формуванні програм лекційних занять та в дипломному проектуванні.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, що наведені в дисертації та представлені здобувачем до захисту, одержані здобувачем особисто [86, 88, 10, 11, 96] або за його безпосередньою участю [90, 89, 91-95, 97, 98]. У спільних працях здобувачем: [91] – запропоновано використовувати для визначення радіусу на перехідних кривих удосконалені методи, які дають змогу визначення радіусу кривизни в будь-якій точці дороги, в тому числі на перехідних кривих; [89, 92, 93] – проаналізовано вплив просторової видимості на швидкість руху транспортних засобів; [94] – розроблені рекомендації щодо застосування супутникових технологій при паспортизації автомобільних доріг; [95] – представлено методи визначення геометричних параметрів, які враховують зміну кривизни на перехідних кривих; [97, 98] – проаналізовано перспективи застосування GPS технології при паспортизації автомобільних доріг; [87] – проведено аналіз ділянки дороги Новики-Тарасів та запропоновано застосування супутникових геодезичних карт при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на наукових конференціях професорсько-викладацького складу аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету (2011, 2012, 2015, 2017 рр., м. Київ, НТУ) та на міжнародному науково-технічному семінарі «Сучасні геоінформаційні технології при підготовці фахівців дорожньої галузі» (Харків: ХНАДУ, 2015 р).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 15 робіт, з них 4 в періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України, 1 стаття в зарубіжних періодичних наукових виданнях; 8 у наукових виданнях

апробаційного характеру; 2 статті додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура та обсяг роботи. Дисертація включає вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел із 147 найменувань та 7 додатків. Основний текст викладений на 121 сторінці. Текст ілюструється 60 рисунками і містить 17 таблиць.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

Геополітичне положення України є дуже вигідним та сприяє розвитку її як транзитної держави, тому важливим завданням дорожньої галузі є забезпечення комфортних та безпечних умов руху на автомобільних дорогах.

Безпека дорожнього руху є однією з головних проблем на автомобільному транспорті у розвинутих країнах світу. Сьогодні автомобільний транспорт визнаний як найбільш небезпечний з усіх інших видів транспорту. За оцінками експертів стан безпеки дорожнього руху та наслідки дорожньо-транспортних подій є одними з найгірших в Європі. Відносна кількість загиблих в Україні у 7 – 10 разів більш, ніж у розвинених країнах Європи, а наслідки ДТП завдають збитків у розмірі 1,4 % її ВВП [74]. Тому для успішного розвитку економіки та інтегрування в Європу необхідно покращувати якість доріг та безпеку руху [45].

Відстань видимості є важливим параметром, що забезпечує транспортно-експлуатаційні якості дороги, комфортність та безпеку руху [40, 131].

1.1 Видимість на автомобільних дорогах

Забезпечена видимість на дорозі є одним із найважливіших показників безпеки руху. Для безпеки руху на дорозі водій повинен бачити перед собою ділянку достатньої довжини, з тим щоб, побачивши перешкоду, вжити заходи по своєчасному гальмуванню [4]. Необхідну відстань видимості встановлюють з умови повної зупинки автомобіля, що рухається з розрахунковою швидкістю, перед перешкодою [1, 3, 83].

Розрізняють декілька видів видимості: видимість поверхні дороги, видимість зустрічного автомобіля, бічна видимість, видимість в плані та видимість в профілі, видимість в темну пору доби, метеорологічна видимість, просторова видимість.

1.1.1 Видимість поверхні дороги

Видимість для зупинки автомобіля перед перешкодою [106] вважається забезпеченою, якщо водій має можливість бачити перед собою дорогу і навколишню ситуацію на деякій відстані, достатній для гальмування автомобіля, або об'їзду перешкоди на дорозі [126].

Для забезпечення безпеки руху [146] для водія повинна бути забезпечена видимість дороги [64] і навколишньої обстановки на відстані, що включає шлях гальмування, шлях, який проходить автомобіль за час реакції водія та запас шляху для забезпечення безпечної відстані до перешкоди.



l_1 – шлях, який проходить автомобіль за час реакції водія;

l_2 – запас шляху;

S_r – шлях гальмування;

$S_{\text{вид}}$ – розрахункова відстань видимості поверхні дороги

Рисунок 1.1 – Відстань видимості для зупинки автомобіля перед перешкодою

Розрахункову відстань видимості поверхні дороги визначають, виходячи з умови можливості повної зупинки автомобіля перед перешкодою [19, 48].

На двосмуговій автомобільній дорозі при обгоні можливий рух автомобілів назустріч один одному. При цьому відстань видимості зустрічного автомобіля повинна забезпечити можливість повної зупинки обох автомобілів на деякій відстані один від одного при екстремому гальмуванні [140]. Тому відстань

видимості зустрічного автомобіля дорівнює сумі гальмівних шляхів двох автомобілів і зазору безпеки між автомобілями, що зупинилися [115].

1.1.2 Бічна видимість на перехрещеннях та примиканнях в одному рівні

Головною умовою безаварійного проїзду пересічення з іншими транспортними потоками в одному рівні – є взаємна видимість транспортних засобів, що під'їжджають до пересічення (примикання) з поперечного напрямку [6, 119].

Відстань, на якій має бути помічений транспортний засіб, що рухається в поперечному напрямку має бути такою, що дає можливість водію адекватно оцінити ситуацію та вчасно загальмувати, не допускаючи зіткнення, вона рівнозначна гальмівному шляху [32, 69, 81]:

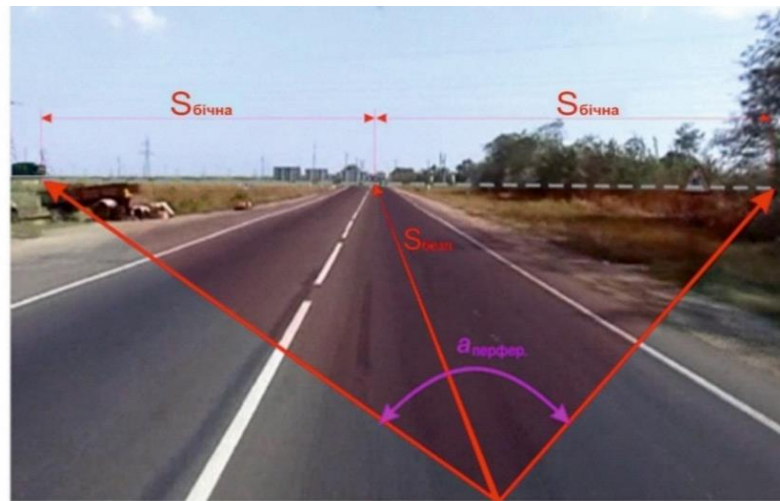


Рисунок 1.2 – Бічна видимість на перехрещеннях та примиканнях в одному рівні

Видимість вважається забезпеченою [4], якщо жоден з елементів місцевості, що знаходиться в межах поля концентрації зору водіїв на відстані $S_{\text{бічна}}$ з кожного напрямку, не перекриває видимість поперечного транспорту (рис. 1.2) [31, 70]. А в межах більш широкої зони – поля периферійного зору водія на відстані $S_{\text{бічна}}$ з кожного напрямку – відсутні суцільні перешкоди, такі як дерева, кущі або забудова [51].

Забезпечити видимість можна за рахунок усунення перепон з поля зору водіїв, або за рахунок обмеження швидкості руху транспортних засобів [31] .

1.1.3 Видимість на горизонтальних кривих

Видимість на горизонтальних кривих вважається забезпеченою, якщо в смузі відводу з кожного напрямку, відсутня будь-яка перешкода (кущі, дерева, схили ґрунту, огорожі та ін.) [1].

Умови видимості повинні бути такими, щоб при русі по кривій водій автомобіля міг побачити поверхню дороги або зустрічний автомобіль на відстані, яка дорівнює довжині гальмування [6, 52, 144].

Межа видимості на горизонтальних кривих визначається наступним чином. Якщо траєкторію руху автомобіля розбити на відрізки, кратні відстані видимості, а потім провести прямі, що з'єднують кінці ділянок відстані видимості по кривій, то крива (парабола), проведена через точки перетину прямих променів з внутрішньої сторони кривої, буде межею видимості [73, 147]. Площа всередині цієї кривої, звана зоною видимості, повинна бути розчищена від перешкод, що перегороджують видимість (рис. 1.3).

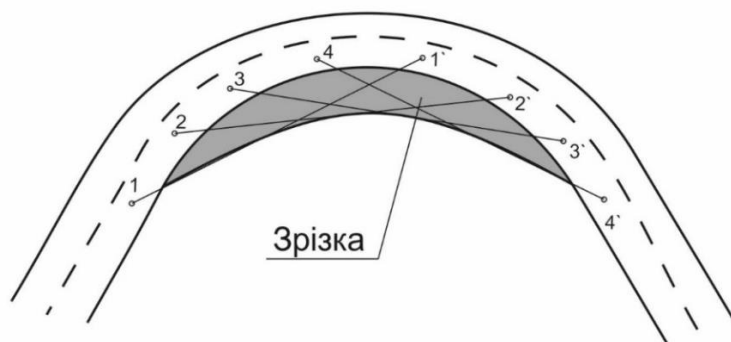


Рисунок 1.3 – Приклад незабезпеченої видимості на горизонтальній кривій

Довжина повітряної лінії видимості на ділянках горизонтальних кривих буде мати менші значення порівняно з кривою видимості. Ця повітряна лінія має

напрямок, який збігається з напрямком зору водія і відповідає фактичній дальності видимості.



$S_{\text{вид}}$ – повітряна лінія видимості

Рисунок 1.4 – Видимість на горизонтальній кривій

На кривих малих радіусів в плані належна видимість може бути забезпечена шляхом зрізання схилів, вирубування дерев і чагарників, знесення парканів і будівель з внутрішньої сторони. Для визначення кордону видимості всередині кривої зони, що потребує розчищення або зрізання ґрунту, зазвичай застосовують графічний метод [115, 145]. Зрізка повинна починатися на відстані видимості від початку або кінця кривої, а рівень зрізки укосів виїмки на рівні бровки земляного полотна.

1.1.4 Видимість зустрічного автомобіля в поздовжньому профілі

За нормами криві у поздовжньому профілі повинні бути вписані в місцях перелому проектної лінії при алгебраїчній різниці ухилів 5 ‰ і більше на дорогах I та II категорії, 10 ‰, і більше на дорогах III категорії, та 20 ‰, і більше на дорогах IV і V категорії.

Умови видимості вертикальних кривих значно погіршуються у нічний час [17, 46]. На опуклих кривих світло фар спрямовано вище поверхні дороги, а на увігнутих кривих світовий потік освітлює дорогу тільки поблизу автомобіля. Тому мінімальний радіус увігнутих кривих обчислюють із умови забезпечення видимості у нічний час [2, 20].

Крім того, при русі увігнутою кривою на автомобіль діє відцентрова сила, що притискає його до проїзної частини [8].

Мінімальний радіус увігнутої кривої [42, 138] перевіряють за умови допустимого перевантаження ресор, щоб відцентрове прискорення не перевищувало $0,5\text{--}0,7 \text{ м/с}^2$ для доріг I–III категорій та $0,3\text{--}0,4 \text{ м/с}^2$ для доріг IV–V категорій [19].

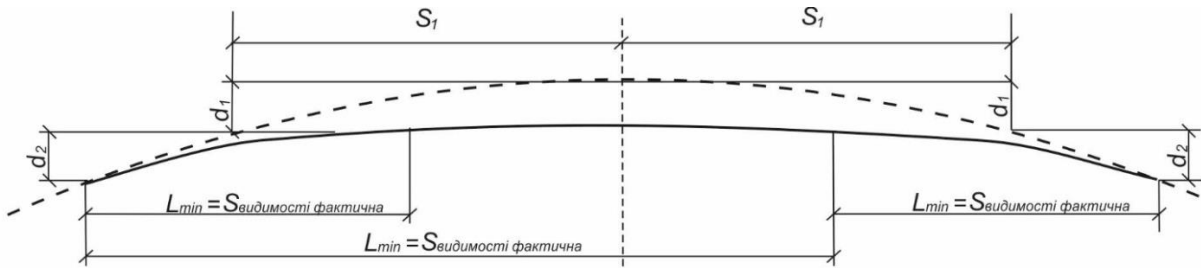


$S_{\text{вид}}$ – відстань видимості

Рисунок 1.5 – Видимість зустрічного автомобіля в поздовжньому профілі

Для збільшення відстані видимості поверхні дороги можна використовувати проектування поздовжнього профілю кривими змінного радіуса [25, 50] (блоком з декількох кривих).

Такий метод проектування кривих дає можливість не тільки збільшити відстань видимості, а також зменшує об'єми земляних робіт, що в свою чергу зменшує вартість проектування [76].



d_1 – перевищення на коловій кривій;

d_2 – перевищення між коловою кривою та перехідною;

S_1 – відстань видимості

Рисунок 1.6 – Порівняння відстані видимості поверхні дороги при проектуванні поздовжнього профілю коловою кривою та кривою змінного радіуса (блоком з двох кривих) [76]

Величина мінімального радіуса вертикальної опуклої кривої визначається за формулою:

$$R = 0,1342S^2, \quad (1.1)$$

де S – відстань видимості поверхні дороги, м.

При проектуванні червоної лінії поздовжнього профілю вертикальними кривими з постійним радіусом в пересіченій місцевості за умови забезпечення відповідної відстані видимості поверхні дороги необхідно використовувати криві великих радіусів, що обумовлює значні об'єми земляних робіт [114]. На рис. 1.6. показана схема, що відображає використання кривих зі змінним радіусом, які дають можливість зменшення об'єму земляних робіт при незмінній необхідній відстані видимості відповідно до досліджень Пальчика А. М. та Олійник М. О. [76].

1.1.5 Відстань видимості в темну пору доби

Відстань видимості в темну пору доби це відстань на якій водій може побачити перешкоду та вчасно вжити заходи для уникнення зіткнення [7, 46].

Вночі водій бачить тільки освітлену смугу на проїзній частині дороги довжиною близько 100 м і шириною 15 м. Видимість в світлі обмежується випуклими формами поверхні проїзної частини, і які впирають промінь фари, або «уходить в небо» при пониженні відміток профілю [102]. Поза нею видимість практично відсутня. У таких умовах водій може просто не помітити транспортні засоби, що стоять на узбіччі, або людей, особливо якщо колір автомобіля, що стоїть, або одяг пішохода мають темні кольори. Близько 50% дорожньо-транспортних подій (ДТП) (в темну пору доби до 90%) складають наїзди на пішоходів [59, 107]. Також небезпеку становлять дальні вогні фар зустрічних автомобілів, які можуть осліплювати водія. Тому вночі водій має бути більше зосереджений і бажано рухатися з меншою швидкістю ніж у світлий час доби [133].



$S_{\text{вид}}$ – відстань видимості

Рисунок 1.7 – Видимість в темний час доби

Значення допустимої відстані видимості в темну пору доби використовується при розрахунку мінімального радіусу увігнутої вертикальної кривої [20].

1.1.6 Метеорологічна дальність видимості

Метеорологічна дальність видимості – це найбільша відстань, на якій при даній прозорості атмосфери абсолютно чорний об'єкт з кутовими розмірами не

менше 20° , що проектується на фоні поблизу горизонту, зливається з фоном та стає невидимим [108].

Для нормальних умов метеорологічна дальність видимості складає 800 м. Метеорологічна дальність видимості погіршується в періоди туманів, опадів, пилових бурь. Чим вища категорія дороги, інтенсивність та швидкість, тим більш відчутний вплив погодно-кліматичних факторів на режим руху [22, 102].



$S_{\text{вид}}$ — відстань видимості

Рисунок 1.8 – Метеорологічна дальність видимості

Метеорологічна дальність видимості залежить від наявності в повітрі часток пилу, дрібних крапель та кришталіків води, які розсіюють світло та зменшують дальність видимості до декількох сотень метрів, інколи навіть декількох десятків метрів [35, 108].

1.2 Аналіз методів визначення просторової видимості

Автомобільна дорога є просторовою лінією, тому і видимість необхідно аналізувати поєднуючи дві площини – горизонтальну та вертикальну. На даному етапі розрізняють різні види видимості, але всіх їх об'єднує один фактор - представлення їх горизонтальній або вертикальній площині. Просторова видимість об'єднує видимість в плані та профілі одночасно. Це дає змогу уникнути ситуацій,

коли за окремими перевірками в плані та профілі видимість забезпечена, а насправді є перешкоди які помітні лише в просторі.

В роботах Гусєва О. В. [41, 42] розглядаються різні групи об'єктів зорової уваги, які впливають на прийняття водієм рішення, що до зміни руху (зміна швидкості, виконання маневрів) та черговість концентрації уваги водія і розподілення зору. В своїй роботі він виділяє основні групи об'єктів дорожньо-транспортної ситуації: водій, автомобіль та оточуюче середовище і їх взаємодію.

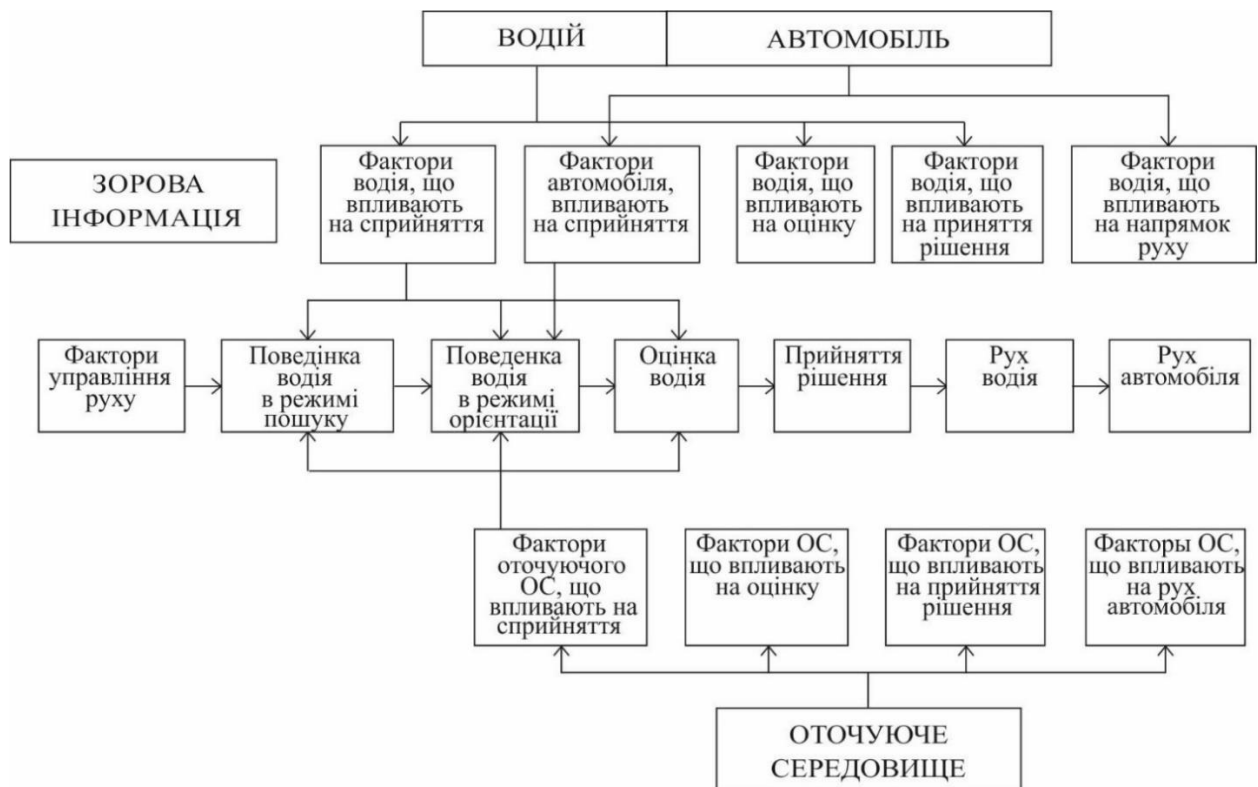
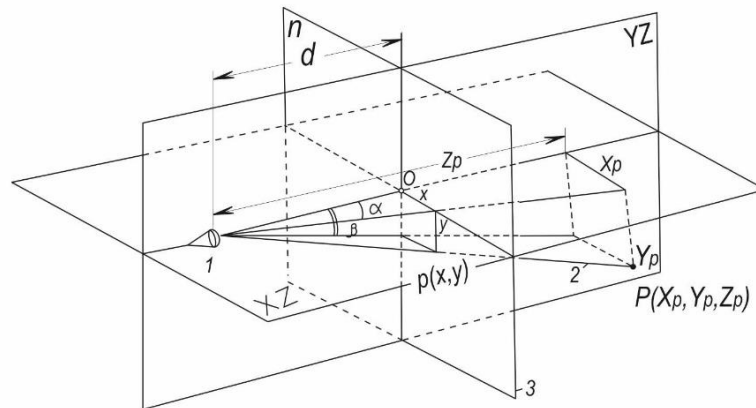


Рисунок 1.9 – Взаємодія водія та зорової інформації

Та три групи об'єктів зорової уваги. До першої групи відносяться об'єкти, врахування яких важливе для управління в даний момент, до другої групи відносяться об'єкти, які в даний момент знаходяться на значній відстані, але доволі скоро будуть мати вирішальне значення для управління автомобілем. До третьої групи відносяться об'єкти, що знаходяться на великій відстані від автомобіля. Ці об'єкти потрапляють в поле зору водія, але водій спочатку опрацьовує інформацію, що відноситься до першої групи, потім опрацьовує інформацію, що відноситься до другої групи і тільки потім до третьої. Водій представляється у вигляді дискретної

точки. Рух якої залежить від конфігурації траси, траєкторії руху транспортного засобу та траєкторії руху дискретної точки зорової уваги.

Згідно з дослідженнями Гусєва О. В. особливість будови ока людини обумовлює, що найбільш повна інформація може бути отримана при знаходженні об'єкта зорової уваги в межах певної фігури (піраміда, конус) ясного бачення.



- 1- «циклопічне» око водія;
- 2- промінь ясного бачення в напрямку об'єкта зорової уваги (точки P);
- 3- картинна площина

Рисунок 1.10 – Перспективні та фактичні координати на місцевості ДТЗВВ

Аналізуючи роботу Гусєва, можна зробити висновок, що основна увага в роботі приділялась саме зоровому сприйняттю дорожньо-транспортної ситуації.

У своїх дослідженнях Смірнова Н. В. [102, 103] піднімає питання видимості в темну пору доби при світлі фар в різні сезони року на протязі життєвого циклу дороги. В своїй роботі Смірнова Н. В. аналізує відомі схеми світлових потоків при лівій та правій фарі при поворотах направо і наліво. Згідно з дослідження доведено, що менше значення видимості відповідає повороту направо [102].

З рисунку 1.11 видно, що зі зменшенням радіуса величина видимості $S_{\text{фар}}$ стрімко зменшується, наприклад, навіть при порівняно великому радіусі 400 м, $S_{\text{фар}} = 14$ м, що, звичайно, потребує обережного водіння та зниження швидкості [102].

Важливою частиною його праць є дослідження зорового аналізатора водія (відчуття та сприйняття). Гайдукевич В. А. виділяє дві системи зору: периферійну, яка призначена для виявлення та центральну частину, призначену для розпізнання [34]. Монокулярний зір, тобто зір одним оком розподіляється у формі приблизеній до кола. Якщо сумістити зір лівим і правим оком утвориться площа розподілу зображена на рис. 1.13.

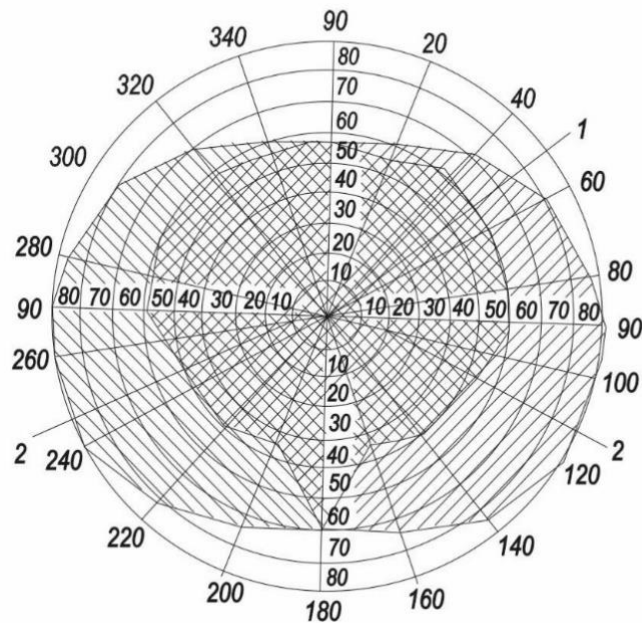


Рисунок 1.13 – Поле зору обох очей

Ці дослідження показують лише одну із складових видимості, тобто зорові характеристики та реакції водіїв, що не дає повної характеристики при аналізі підвищеної аварійності на певних ділянках.

Розроблений Павлюком Д. О та Кизимою С. С. метод побудови моделі осі автомобільної дороги [75], заснований на векторному підході враховує лише напрямок траси в просторі. В цьому методі траса автомобільної дороги представляється у вигляді годографа вектор-функції, який являє собою множину кінців векторів, що виходять з фіксованої точки у просторі і змінюються залежно від скалярного аргументу. За скалярний аргумент приймається поширений у дорожній практиці параметр – довжина горизонтального прокладення траси.

Визначивши вектор-функцію, отримуємо можливість вивчати її властивості, а значить і властивості траси, за способами диференціальної геометрії. За видом вектор-функції визначаються геометричні характеристики траси як просторової кривої, виходячи з функціонального призначення траси.

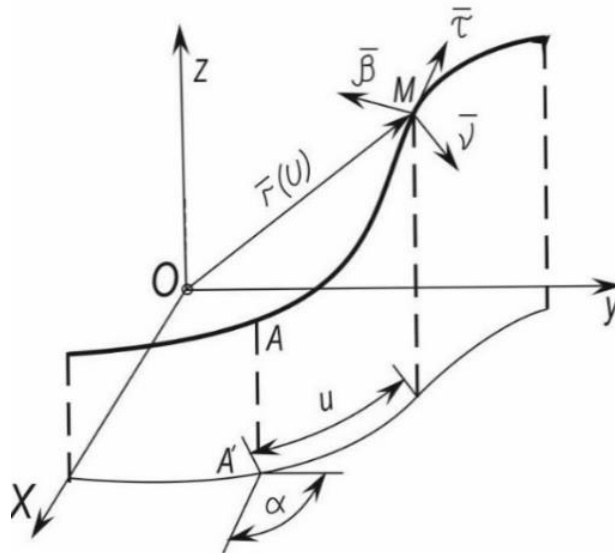


Рисунок 1.14 – Побудова вектор-функції скалярного аргументу

Цей метод дає можливість оцінити кривизну, положення осі дороги в просторі, але не дає достатніх даних для оцінки руху на досліджуваній ділянці.

Вирожемський В. К. [29, 30] в своїх працях досліджував проблему безпеки пішоходів на дорогах. На основі досліджень проведених в ДП «ДерждорНДІ» виділяються основні фактори, через які відбувається такий вид ДТП, як «наїзд на пішохода», а саме перевищення безпечної швидкості та неочікуваний вихід на проїзну частину пішохода. Всі ці фактори ще більше ускладнює погіршена видимість.

В роботах Піліпака Л. М. [78, 79, 80], імітаційний метод побудови просторової траси базується на представленні осі дороги у вигляді жорсткого стрижня і враховує лише зміну геометричних елементів. В роботі за «еквівалент» об'єкта приймається просторова зігнута вісь навантаженого стрижня, геометричні характеристики якої залежать від величини і характеру прикладеного до стрижня навантаження та умов закріплення кінців стрижня.

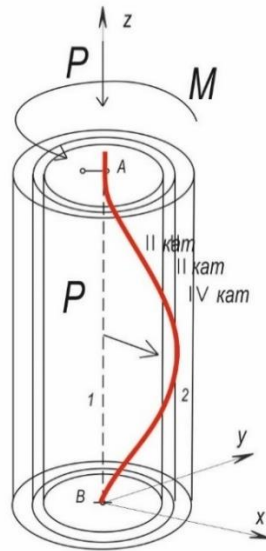


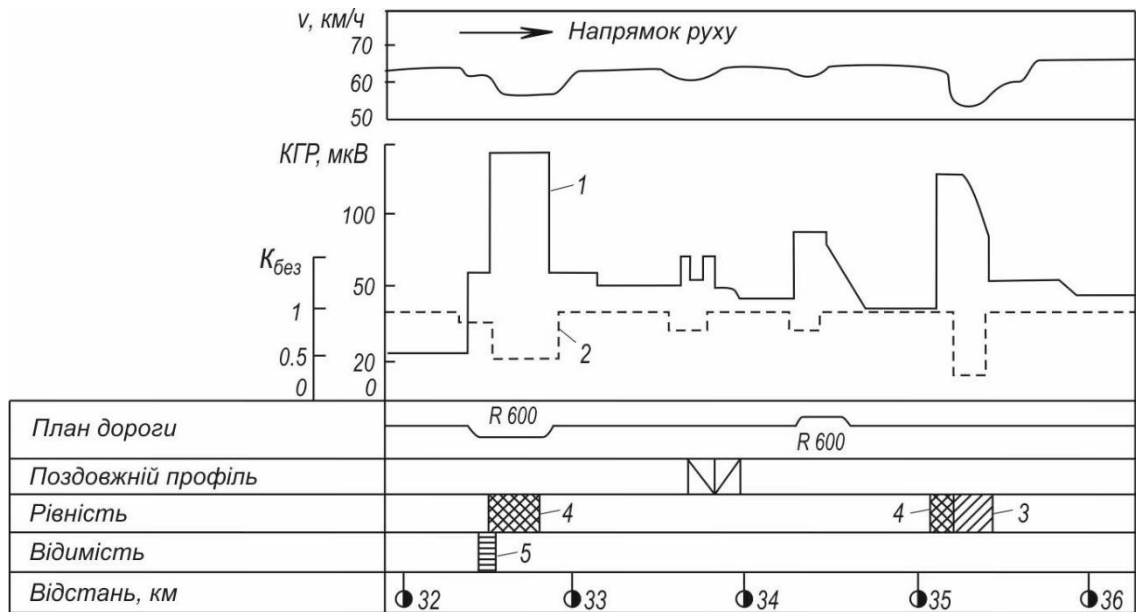
Рисунок 1.15 – Основна схема моделі, представленої в роботі Піліпака Л. М.

Деформація згинання стрижня характеризує переміщення точок, що лежать на його осі. Під дією навантаження первісно пряма вісь стрижня викривлюється в просторі згинання. Цей простір обмежений стінками циліндра, відстань до яких залежить від категорії дороги. Маючи початкові координати точок повітряної лінії і переміщення перерізів моделюючого стрижня в трьох проекціях можна розрахувати тривимірні координати криволінійної просторової осі дороги. Цей метод дає можливість побудувати максимально плавну трасу, але це не може гарантувати забезпечення достатньої дальності видимості.

Бабков В. Ф. [3–6] займався питаннями безпеки руху та видимості. Основа його досліджень базувалась на дослідженні такого фактору дорожнього руху як водій.

Відповідно до його досліджень видимість в плані менше впливає на дорожньо-транспортні події ніж видимість в поздовжньому профілі.

Бабков В. Ф. описує проблему погіршення видимості на різних ділянках: круті повороти в плані, ділянки з кривими малого радіуса в профілі, а також описує небезпечні ділянки з погіршеною видимістю за рахунок розташування шляхопроводів на ділянках увігнутих кривих. Таким чином в своїх роботах він описує небезпечні ділянки з погіршеною видимістю і пропонує шляхи покращення видимості.



- 1 – зміна шкірно-гальванічної реакції;
- 2 – зміна коеф. безпеки;
- 3 – ділянка з невеликими нерівностями;
- 4 – ділянка дуже не рівного покриття;
- 5 – ділянка обмеженої видимості

Рисунок 1.16 – Зміна нервово-психічної напруги водія при проїзді ділянкою дороги зі зміною елементів плану і профілю по дослідженням Бабкова В. Ф.

Основну увагу Бабков В. Ф. приділяв дослідженнями впливу дорожньої ситуації на сприйняття і реакцію водія, що як наслідок, впливає на безпеку руху. В його роботах просторова видимість представлена лише як зорова характеристика, яка не має точних цифрових значень.

В дослідженнях Вознюка А. Б. та Гукова М. І. [31, 32, 51, 70, 119] розглядаються питання пов'язані з безпекою руху. Розглянуті питання впливу такої складової системи «водій-автомобіль-дорога-середовище» як водій. Згідно з дослідженнями комфорт роботи водія залежить від рівня емоційної та фізичної напруги. При цьому рівень фізичної напруги має бути мінімальним, а от емоційної – оптимальним [31]. Проведений аналіз факторів, що впливають на прийняття рішення водієм та фактори, що сприяють підвищенню аварійних ситуацій. Також приділена увага аналізу видимості транспортних засобів на перехрещеннях в

одному рівні та горизонтальних і вертикальних кривих. Розглянуті умови при яких видимість не забезпечується [70].

Білятинський О. А. [8, 9, 13-15] в своїх дослідженнях піднімав багато питань пов'язаних з видимістю на автомобільних дорогах, це побудова кривої видимості, розрахунок координат точок кривої видимості при русі по кругових та перехідних кривих, визначення площі зрізки при відсутності видимості, визначення відстані видимості на горизонтальних кривих при наявності перешкод та ін.

А також Білятинський О. А. займався питаннями детальної розбивки кривої видимості в плані. Він розробив у співавторстві таблиці для побудови кривих видимості в залежності від радіуса траєкторії та кута повороту та при заданих значеннях довжини перехідної та колової кривої.

Сільянов В. В. [101] займався дослідженнями в області транспортних потоків та безпеки руху, в тому числі і видимості на автомобільних дорогах. Велику увагу він приділяв саме видимості дорожніх знаків. За його словами, особливу увагу необхідно приділяти перевіряючи видимість дорожніх знаків в нічну пору доби та при несприятливих погодних умовах. Такі несприятливі погодні умови як дощ, снігопад, туман в значній мір впливають на видимість, а отже збільшується число аварій. Відповідно до його досліджень в різні періоди року суттєво змінюється число дорожньо-транспортних подій та їх складність, що в значній мірі пов'язано з погодними умовами, видимістю та зчірними якостями. Погодні умови та стан доріг впливають на важкість наслідків дорожньо-транспортних подій. Як правило важкість дорожньо-транспортних подій восени та навесні вище, ніж літом, зимою – дещо нижче через наявність снігу та більш низьких швидкостей руху.

Також Сільянов В.В. займався оцінкою пропускної здатності доріг. Оцінку він проводив аналізуючи велику кількість коефіцієнтів, які залежать від багатьох факторів, таких як ширина полоси, склад потоку, геометричні параметри, дорожні знаки та ін. Одним із них є коефіцієнт β_5 , який залежить від відстані видимості. Він має значення від 0,68 (при відстані видимості до 50 м) до 1,0 (при відстані видимості більше 300 м). Результати визначення пропускної здатності оформлюються у вигляді лінійного графіка пропускної здатності та коефіцієнтів

завантаження окремих ділянок дороги. При складанні графіка враховують, що кожен елемент дороги має зону впливу, в межах якої відбувається зміна режиму руху потоків автомобілів та пропускної здатності.

Одним із питань, якими займався Федотов Г. А. [111, 112] є вплив дорожніх умов на безпеку руху. В своїх дослідженнях він розкриває питання впливу таких дорожніх умов, як план та профіль, пересічення доріг, які впливають на забезпечення видимості. На безпеку руху також впливають зчипні якості поверхні дорожнього покриття, конструкція автомобілів та психоемоційний стан водія. Останній з них безпосередньо пов'язаний з забезпеченням комфортного руху водія, тобто достатньої видимості.

Відповідно до його досліджень виділяють наступні ділянки з підвищеною небезпекою:

- ділянки різкої зміни на відносно коротких відрізках дороги допустимих швидкостей, що забезпечуються елементами плану та поздовжнього профіля, переважно в зв'язку з недостатньою видимістю і малими радіусами кривих та відсутністю віражів;

- ділянки де у водіїв можуть виникнути неправильні уявлення про подальший напрямок дороги за межею прямої видимості;

- ділянки де є можливість неочікуваної появи на дорозі пішоходів або в'їзду транспорту з придорожньої смуги, та ін.

Гаврилов Е. Р. та Бегма І. В. [7] досліджували емоційну напругу. Вони займалися оцінкою впливу дорожньої обстановки, в тому числі вплив погіршеної видимості на емоційний стан водія. Вони оцінювали емоційну напругу при виникненні необхідності в операціях, пов'язаних зі зміною швидкості руху (обгін, гальмування). Відповідно до досліджень Гаврилова Е. Р. та Бегми І. В. зоровий аналізатор надає водієві 90-95% всієї інформації із зовнішнього середовища. Від того наскільки точно та надійно працює зоровий аналізатор, у великій мірі залежить нормальне функціонування системи «дорога-водій-автомобіль». Вирішальним фактором, що впливає на основні характеристики роботи зорового аналізатора (площа зони концентрації уваги водія, відстань до зони концентрації

зору), є швидкість руху. Основна доля отримуваної інформації (близько 90 %) сприймається центральною частиною поля, площа якого залежить від швидкості руху. Із збільшенням швидкості відбувається зменшення площі зони концентрації уваги. В основному їх дослідження були зосереджені на водіїв і його психофізіологічних реакціях на дорожню ситуацію.

Основним направленням досліджень Казіміра Хамроза [123] є безпека дорожнього руху, пов'язана з взаємодією таких факторів як водій та дорожня обстановка. Зокрема досліджувався вплив горизонтальних кривих та придорожніх умов. Згідно з його дослідженнями найбільша кількість аварій відбувається саме на горизонтальних кривих і становить в чотири рази більше ніж кількість зіткнень на прямолінійних ділянках. Він виділяє наступні змінні фактори, які стосуються горизонтального прокладання дороги та впливають на безпеку руху:

- щільність та довжина горизонтальних кривих;
- кут відхилення дороги;
- кількість горизонтальних кривих та їх послідовність з'єднання;
- радіус та довжина кривої і довжина прямолінійних відрізків.

Його дослідження в більшій мірі мають експериментальний характер, вони показують, які саме фактори впливають на підвищення аварійності на криволінійних ділянках.

Бредфорд Брімлі в своїх працях [130] основному займався дослідженням безпеки руху на автомобільних дорогах. Найбільш домінуючим фактором при дорожніх аваріях він виділяє людську помилку. Ця помилка варіюється від повної халатності (наприклад, відволікання або порушення правил водіння) до обмеження здібностей людини (наприклад, повільніші рефлексії з віком, низька видимість при несприятливій погоді). Саме несприятливі погодні умови в більшості випадків були причинами аварій з тяжкими наслідками. Проводилися дослідження на одних і тих же ділянках доріг у Флориді в ясну погоду та дощову і туманну. Аналіз випадків показав збільшення кількості аварій з тяжкими наслідками в 1,5 рази в туманну погоду, і при цьому це були переважно водії середнього віку та молодь. Але це не стосується водіїв старшого віку, що вказує на те, що вони належним чином

дотримуються більшої обережності в періоди низької видимості. В його дослідженнях розкривається взаємозв'язок погодних умов, видимості та кількості аварій, але немає кількісних показників дальності видимості.

В своїх працях [140, 141] Роберт Томсон разом з Сарбаз Отманом вирішують питання безпеки в межах трьох основних аспектів: водій, транспортний засіб та дорожнє середовище. В результаті їх досліджень були виведені наступні залежності:

- при збільшенні швидкості до 70-110 км/год різко підвищується рівень аварійності та тяжкість травм, водій не встигає адекватно оцінити ситуацію на дорозі прийняти заходи для уникнення аварії;

- найбільший рівень аварійності спостерігається на двосмугових дорогах з шириною проїзної частини від 5,8 до 7,5 м;

- на лівоповоротних кривих спостерігається більш високий рівень аварійності ніж на правоповоротних. Відрізки дороги з лівими поворотами з радіусами менше 100 м мають аварійність в два рази більше ніж на правоповоротних такого ж радіусу;

- на ділянках доріг з радіусами більше 700 м, навпаки правоповоротні криві є більш небезпечними при зміні смуги руху та виконанні маневрів.

Їхні дослідження мають аналітичний характер, в основному в їхніх роботах приведені аналіз даних по аваріям на автомобільних дорогах та виведені залежності.

В процесі цих досліджень був накопичений великий обсяг інформації, проте в основному їхні пошуки були зосереджені на двох основних характеристиках:

- дослідження пов'язані з проектуванням дороги: визначення просторового напрямку дороги та оптимального положення в просторі [75, 78, 79, 80];

- дослідження психоемоційного стану водія і взаємозв'язку між станом водія і обстановкою на дорозі [3-9, 13-15, 29-34, 41, 42, 51, 70, 101-103, 111, 112, 119, 123, 130, 140, 141].

Проведений аналіз показав залежність просторової видимості в горизонтальній та вертикальній площині від параметрів автомобільної дороги, таких як радіус горизонтальної кривої, поздовжній похил, радіус вертикальних кривих (опуклих та увігнутих), ширина проїзної частини, ширина узбіччя, кута зору водія.

1.3 Висновки до першого розділу

1. Існуючі методи визначення видимості ґрунтуються на теоретичному розгляданні видимості окремо в двох площинах. Такий підхід не забезпечує достовірних даних, так як траса автомобільної дороги це просторова лінія, і видимість має розглядатися також в просторі.

2. Визначальну роль у вирішенні питань забезпечення зручності та безпеки руху дає видимість. Це вимагає пошуку такого методу оцінки видимості, який би розглядав її в просторі.

3. Огляд праць науковців, які займалися дослідженням видимості не дають можливості реально оцінити числові значення величини просторової видимості.

4. Результати досліджень даного розділу викладено у наступних публікаціях [89, 92, 94, 96, 97].

5. Для досягнення мети досліджень на основі проведеного аналізу сформульовані основні задачі дослідження:

- провести аналіз існуючих методів визначення просторової видимості;
- удосконалити методи розрахунку параметрів автомобільної дороги на основі геодезичних координат з використанням супутникових технологій;
- удосконалити метод визначення просторової видимості з обґрунтуванням напрямку видимості та конуса зору водія;
- розробити практичні рекомендації з впровадження результатів дослідження просторової видимості.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ

Для забезпечення достатньої просторової видимості необхідно, щоб вісь дороги мала плавні кути повороту та оптимальне положення в просторі. Для цього необхідно, щоб параметри автомобільних доріг мали такі значення, які будуть забезпечувати плавний рух по дорозі [67, 129]. Як для горизонтальних так і для вертикальних кривих з'являється задача визначення їх напрямку або їх опуклості [120]. Для горизонтальних кривих це відноситься до визначення їх направлення повороту – направо чи наліво відносно осі дороги. Для вертикальних кривих визначається – опукла чи увігнута крива. Таким критерієм для першого випадку може бути зростання чи зменшення відповідних координат X та Y , а для другого – характер зміни координати Z . Цей принцип можна використовувати не лише на існуючих дорогах, а й на дорогах, що проектуються. Це дає можливість вибору оптимального положення дороги з умови безпеки руху за рахунок забезпечення достатньої видимості.

2.1 Визначення радіуса заокруглення осі дороги в плані, профілі та просторі

Траса дороги описується точками з тривимірними координатами. На основі цих даних можна визначити радіус кривої, як в плані і профілі, так і в просторі.

Визначення радіусу заокруглення осі дороги в плані

На рис. 2.1 представлена схема для визначення радіуса кривої в плані. План дороги представлений у вигляді точок з прямокутними координатами (x, y) . Відрізок AC – хорда з відомою довжиною. Посередині кривої знаходиться точка B – вершина кривої. Точка D ділить ходу на два рівних відрізки AD та DC . Перевищення точки B над хордою становить величину Δ [60]. На основі вище

наведених вихідних даних проводиться визначення радіусу кривої на основі координат.

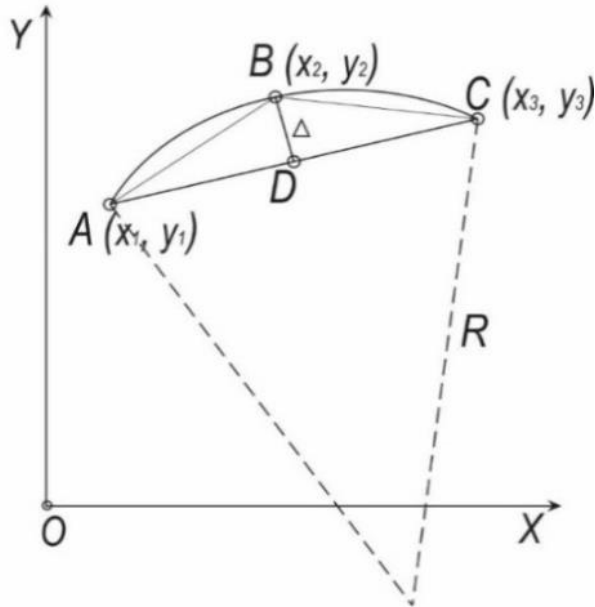


Рисунок 2.1 – Схема для визначення радіусу існуючої кривої в плані

Рівняння хорди є рівнянням прямої проведеної через точки $A(x_1, y_1)$ і $C(x_3, y_3)$:

$$\frac{x-x_1}{x_3-x_1} = \frac{y-y_1}{y_3-y_1}. \quad (2.1)$$

Перемножимо чисельники зі знаменниками та розкриємо дужки:

$$x(y_3 - y_1) - x_1(y_3 - y_1) = y(x_3 - x_1) - y_1(x_3 - x_1). \quad (2.2)$$

Приведемо до вигляду рівняння:

$$x(y_3 - y_1) - y(x_3 - x_1) + y(x_3 - x_1) - x_1(y_3 - y_1) = 0. \quad (2.3)$$

Після розкриття дужок і скорочень:

$$x(y_3 - y_1) - y(x_3 - x_1) + y_1 \cdot x_3 - x_1 \cdot y_3 = 0. \quad (2.4)$$

Нехай:

$$x(y_3 - y_1) = A;$$

$$y(x_3 - x_1) = B;$$

$$y_1 \cdot x_3 - x_1 \cdot y_3 = C,$$

тоді

$$\underbrace{x(y_3 - y_1)}_A - \underbrace{y(x_3 - x_1)}_B + \underbrace{y_1 \cdot x_3 - x_1 \cdot y_3}_C = 0.$$

Відстань до точки В від АС:

$$BD = \Delta = \left| \frac{x_2(y_3 - y_1) - y_2(x_3 - x_1) + y_1 \cdot x_3 - x_1 \cdot y_3}{\sqrt{(y_3 - y_1)^2 + (x_3 - x_1)^2}} \right|; \quad (2.5)$$

Звідси, R :

$$R = \frac{A \cdot B \cdot C}{2 \Delta S} = \frac{A \cdot B \cdot C}{4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \Delta \cdot C} = \frac{A \cdot B}{2 \Delta} = \frac{AB \cdot BC}{4 \Delta}. \quad (2.6)$$

Знаходимо всі величини:

$$\begin{aligned} AD &= \sqrt{AB^2 - BD^2}; & AB &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}; \\ DC &= \sqrt{BC^2 - BD^2}; & BC &= \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2}; \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$AD = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 - \Delta^2}; \quad DC = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 - \Delta^2}$$

Визначення радіусу кривої осі дороги в профілі

На рис. 2.2 представлена схема для визначення радіуса кривої в профілі. Профіль дороги представлений у вигляді точок з прямокутними координатами (x , z).

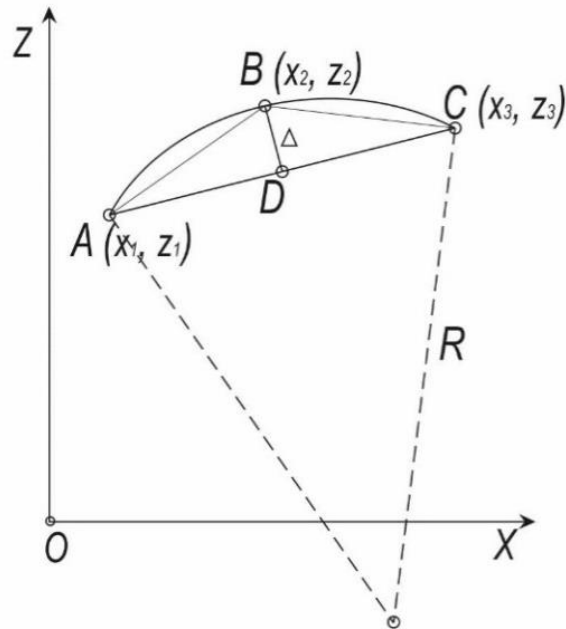


Рисунок 2.2 – Схема для визначення радіусу існуючої кривої в профілі

Рівняння хорди AC є рівнянням прямої проведеної через точки $A(x_1, z_1)$ і $C(x_3, z_3)$ [60]:

$$\frac{x-x_1}{x_3-x_1} = \frac{z-z_1}{z_3-z_1}. \quad (2.8)$$

Перемножимо чисельники зі знаменниками та розкриємо дужки:

$$x(z_3 - z_1) - x_1(z_3 - z_1) = z(x_3 - x_1) - z_1(x_3 - x_1).$$

Приведемо до вигляду рівняння:

$$x(z_3 - z_1) - z(x_3 - x_1) + z(x_3 - x_1) - x_1(z_3 - z_1) = 0. \quad (2.9)$$

Після розкриття дужок і скорочень:

$$x(z_3 - z_1) - z(x_3 - x_1) + z_1 \cdot x_3 - x_1 \cdot z_3 = 0. \quad (2.10)$$

Нехай:

$$x(z_3 - z_1) = A;$$

$$z(x_3 - x_1) = B;$$

$$z_1 \cdot x_3 - x_1 \cdot z_3 = C,$$

тоді

$$\underbrace{x(z_3 - z_1)}_A - \underbrace{z(x_3 - x_1)}_B + \underbrace{z_1 \cdot x_3 - x_1 \cdot z_3}_C = 0.$$

Відстань до точки B від AC :

$$BD = \Delta = \left| \frac{x_2(z_3 - z_1) - z_2(x_1 - x_3) + z_1 \cdot x_3 - x_1 \cdot z_3}{\sqrt{(z_3 - z_1)^2 + (x_1 - x_3)^2}} \right|; \quad (2.11)$$

Звідси, R :

$$R = \frac{A \cdot B \cdot C}{2AS} = \frac{A \cdot B \cdot C}{4 \cdot \frac{1}{2} \Delta \cdot C} = \frac{A \cdot B}{2\Delta} = \frac{AB \cdot BC}{4\Delta}. \quad (2.12)$$

Знаходимо всі величини:

$$AD = \sqrt{AB^2 - BD^2}; \quad AB = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2};$$

$$DC = \sqrt{BC^2 - BD^2}; \quad BC = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2}; \quad (2.13)$$

$$AD = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} - \Delta; \quad DC = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2} - \Delta.$$

Визначення радіусу кривої осі дороги в просторі

На рис. 2.3 представлена схема для визначення радіуса кривої в просторі. Вісь дороги представлений у вигляді точок з прямокутними координатами (x, y, z).

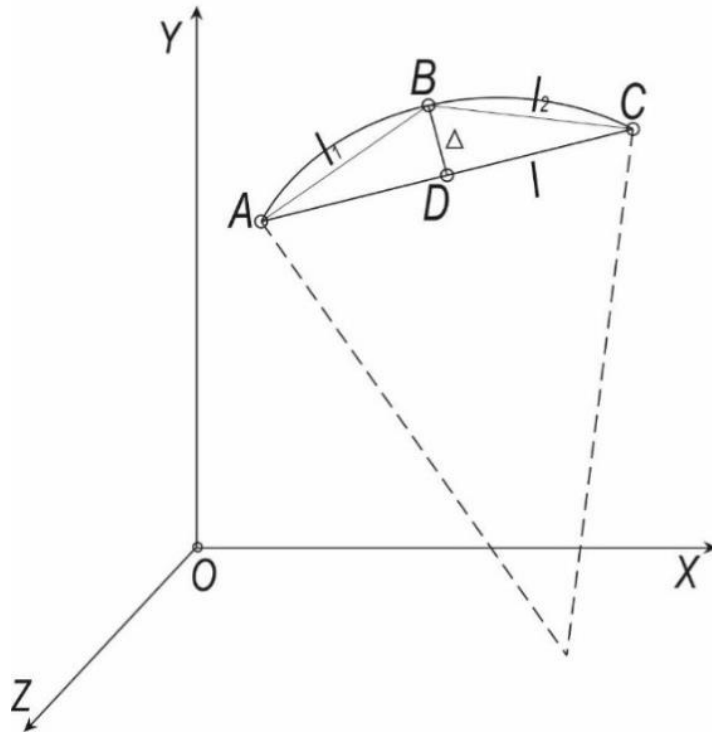


Рисунок 2.3 – Схема для визначення радіусу існуючої кривої в просторі

Перевищення та радіус:

$$h = \frac{l^2}{2R}; \quad R = \frac{l^2}{2\Delta}. \quad (2.14)$$

Пряма AC, що проходить крізь точки A і C:

$$\frac{x-x_1}{x_3-x_1} = \frac{y-y_1}{y_3-y_1} = \frac{z-z_1}{z_3-z_1}. \quad (2.15)$$

Замінімо вирази значеннями l_1, m_1, n_1 :

$$\frac{x-x_1}{x_3-x_1} = l_1,$$

$$\frac{y-y_1}{y_3-y_1} = m_1,$$

$$\frac{z - z_1}{z_3 - z_1} = n_1 ,$$

тоді

$$l_1 = m_1 = n_1 . \quad (2.16)$$

Визначаємо відстані від точки В (x_2, y_2, z_2) до прямої AC (тобто, довжину перпендикуляру $\Delta = BD$):

$$\Delta = \frac{\sqrt{[(y_2 - y_1)(z_3 - z_1) - (y_3 - y_1)(z_2 - z_1)]^2 + \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + (z_3 - z_1)^2}}}{\sqrt{+[(z_2 - z_1)(x_3 - x_1) - (z_3 - z_1)(x_2 - x_1)]^2 + [(x_2 - x_1)(y_3 - y_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1)]^2}} . \quad (2.17)$$

Визначаємо величини AD та DC :

$$\Delta^2 = x(AC - x); \quad \Delta^2 = x \cdot AC - x^2; \quad x^2 = x \cdot AC + \Delta^2;$$

$$DC = AC - AD; \quad (x = AD)_{1,2} = \frac{AC \pm \sqrt{AC^2 - 4\Delta^2}}{2} . \quad (2.18)$$

Вибираємо $\min(AD, DC) - l$, у формулу $R = \frac{l^2}{2\Delta}$

2.2 Взаємозв'язок видимості та психофізіології водія

Забезпечена видимість на дорозі є одним із найважливіших параметрів, який забезпечує транспортно-експлуатаційні якості дороги, безпеку та комфортність руху [49, 72]. Для безпеки руху на дорозі водій повинен бачити перед собою ділянку достатньої довжини, з тим щоб, побачивши перешкоду, вжити заходи по своєчасному гальмуванню [23, 24]. Необхідну відстань видимості встановлюють з умови повної зупинки автомобіля, що рухається з розрахунковою швидкістю, перед перешкодою.

Зоровим полем називають вимірювану в градусах область, видиму фіксованим (нерухомим) оком. Розміри поля зору визначаються кутами зору (рис. 2.5).

Поле зору кольорових об'єктів менше, ніж для некольорових. Водії, які мають звужене поле зору [7], можуть допустити помилку в управлінні автомобілем через неможливість визначення об'єктів за межами його поля зору (наприклад, пішоходів або автомобілів на узбіччі, автомобілів, що обганяють, об'єктів, що знаходяться на перехрещенні і т.д. [128]. Співставлене поле зору людини – зір обома очима (рис. 2.4), складає $120\text{--}130^\circ$. Якщо предмет розглядається спільною для обох очей ділянкою поля зору, то його видно найбільш чітко. Такий зір називають бінокулярним.



Рисунок 2.4 – Поле зору обома очима

Здатність ока чітко розрізняти деталі об'єкта характеризуються гостротою зору [1, 34]. Найбільша гострота зору характерна для центрального зору в конусі з кутовим значенням близько $3^\circ\text{--}4^\circ$ (зона найчіткішого сприйняття), гарна гострота зору – в конусі $5\text{--}6^\circ$, задовільна – в конусі $12\text{--}15^\circ$, при цьому по вертикалі ці кути дещо менші. Зона ефективної видимості (в межах 30°) – це найчіткіша область зору

за умови належної уваги; граничне поле зору (горизонтально по 70° в обидва боки, 45° угору та 65° униз), у ньому можливе нечітке сприймання образів при нерухомих очах. Малу гостроту зору на периферії компенсує рухливість очей. Коли об'єкт попадає до видимої області, обидва ока узгоджено фіксуються на ньому, зображення потрапляє на фовеальні області сітчаток, де гострота зору максимальна.

Враховуючи особливості кожної людини можуть бути відхилення від цих значень [34]. Орієнтовні значення кутів зору при повороті очей та голови представлені на рис. 2.5.

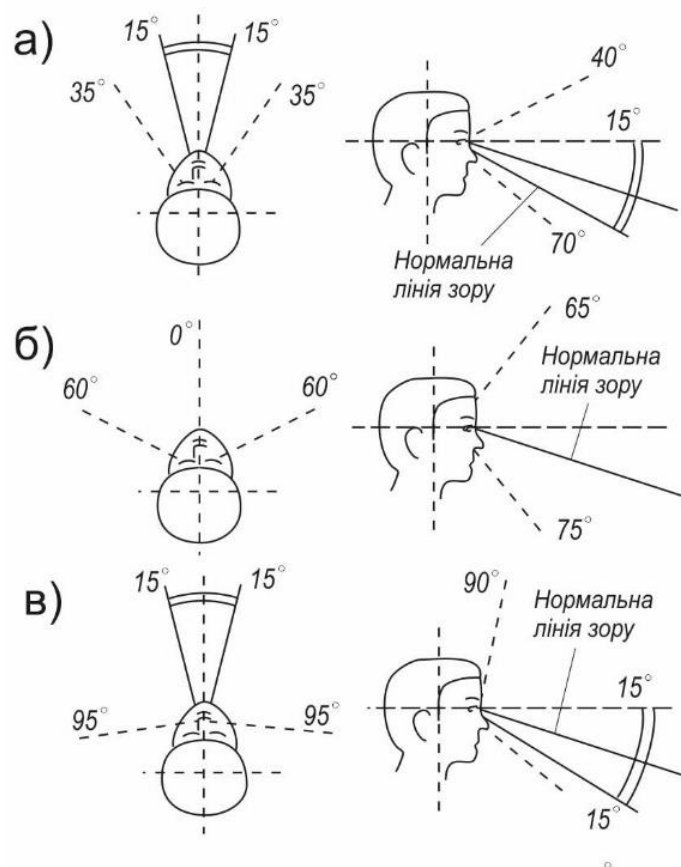


Рисунок 2.5 – Кути зору: а – при повороті лише очей; б – при повороті голови; в – при повороті голови та очей. Пунктирні лінії відповідають максимальному куту зору, суцільні – оптимальному.

Для розглядання предмета, який знаходиться в зоні периферійного поля зору, людина рефлекторно переводить на цей предмет око так, щоб він потрапив в зону

гострого зору, це потребує часу. Так, при проїзді перехрещення водій може витратити на переведення погляду з фіксацією від 0,5 до 1,1 с. В залежності від швидкості за цей час автомобіль проходить відстань від декількох метрів до декількох десятків метрів [4, 136].

Через обмеженість периферійного поля зору на великій швидкості водій може запізно помітити джерело небезпеки на дорозі [82, 132] (рис. 2.6).

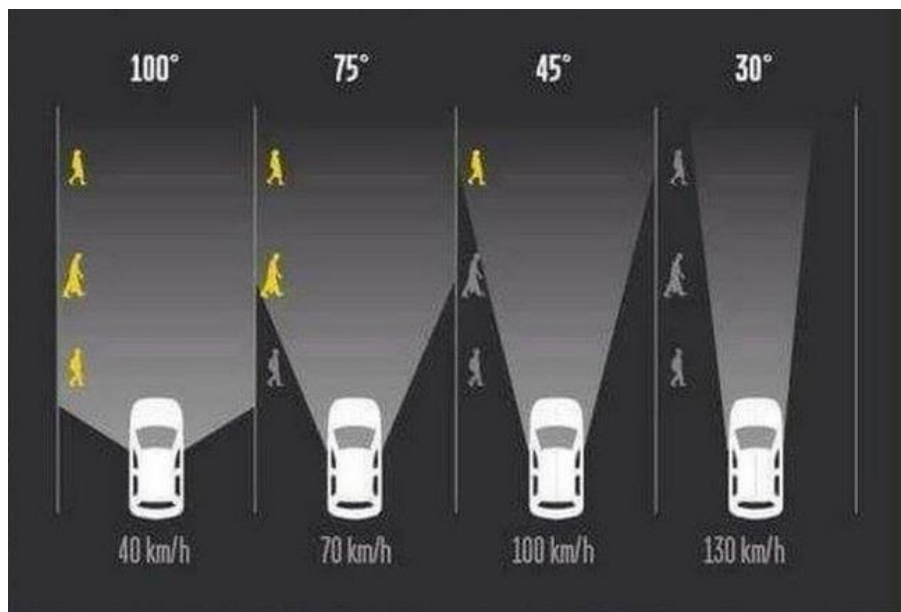


Рисунок 2.6 – Зміна кута периферійного зору водія в залежності від швидкості

Сприйняття розмірів предмета засновано на оцінці співвідношень його кутового розміру в полі зору і відстані до предмета. Предмети здаються тим меншими, чим далі розташовані вони від спостерігача. Око здатне сприймати також просторове положення предметів відносно один одного і відстань між ними [6, 54]. Точність цих функцій зорового аналізатора важлива для впевненого управління автомобілем, так як саме за їх допомогою оцінюються положення автомобіля на дорозі, розміри проїзної частини, відстань до перешкод і т.д [54].

Вирішальне значення для зору мають умови освітленості [19, 64]. Для того щоб очі могли впізнати предмет, необхідний певний рівень освітлення.

Предмети можуть розпізнаватися за силуетом, коли яскравість об'єкта нижче яскравості фону, що його оточує, та по оберненому силуету, коли яскравість об'єкта більше яскравості оточуючого фону.

При зміні рівня освітленості відбувається пристосування зорового аналізатора до нових умов [135]. Цей процес називається адаптацією. Одним із механізмів яскравісної адаптації є зіничний рефлекс. При зменшенні освітленості діаметр зіниці збільшується від 2 мм на яскравому світлі до 10 мм у напівтемряві. Світловий потік, що потрапляє в око, зростає при цьому в 25 разів, тобто пропорційно площі зіниці. Відповідно до цього збільшується й чутливість [133].

Час адаптації, тобто час, необхідний для перебудови очей на новий режим освітлення, є важливою фізіологічною особливістю зору водія [58], що безпосередньо позначається на безпеці руху. При переході від темна до світла очі присвоюються швидше, ніж при переході від світла до темна. Час адаптації тим менший, чим менша різниця між початковим і кінцевим рівнями яскравості – при співвідношенні 1063 (більша до меншої) час адаптації 1с, при співвідношенні 3:5 – адаптація практично миттєва.

Найбільші складнощі при керуванні водій відчуває при різких змінах освітленості дороги, при русі в умовах недостатньої освітленості та при недостатній контрастності об'єктів на дорозі. У всіх цих випадках процес зорового сприйняття суттєво сповільнюється. Що може стати причиною підвищеної аварійності та збільшення кількості аварій [41, 56].

Особливо небезпечним є осліплення зустрічного водія при увімкнених фарах дальнього світла. Повне відновлення зору після засліплення відбувається від 3 до 40 с.

2.3 Забезпечення просторової видимості

В реальних умовах, коли криві в плані суміщаються з вертикальними кривими та похилами, перевірок видимості зустрічного автомобіля окремо в плані та окремо в поздовжньому профілі – недостатньо [31, 51, 119] (рис. 2.7.) [32, 70] .



Рисунок 2.7 – Приклад невиявленої обмеженої просторової видимості на ділянці автомобільної дороги ($R=1000$ м, похил - 7‰)

Допомогти уникнути такої ситуації може перевірка дороги на забезпечення просторової видимості.

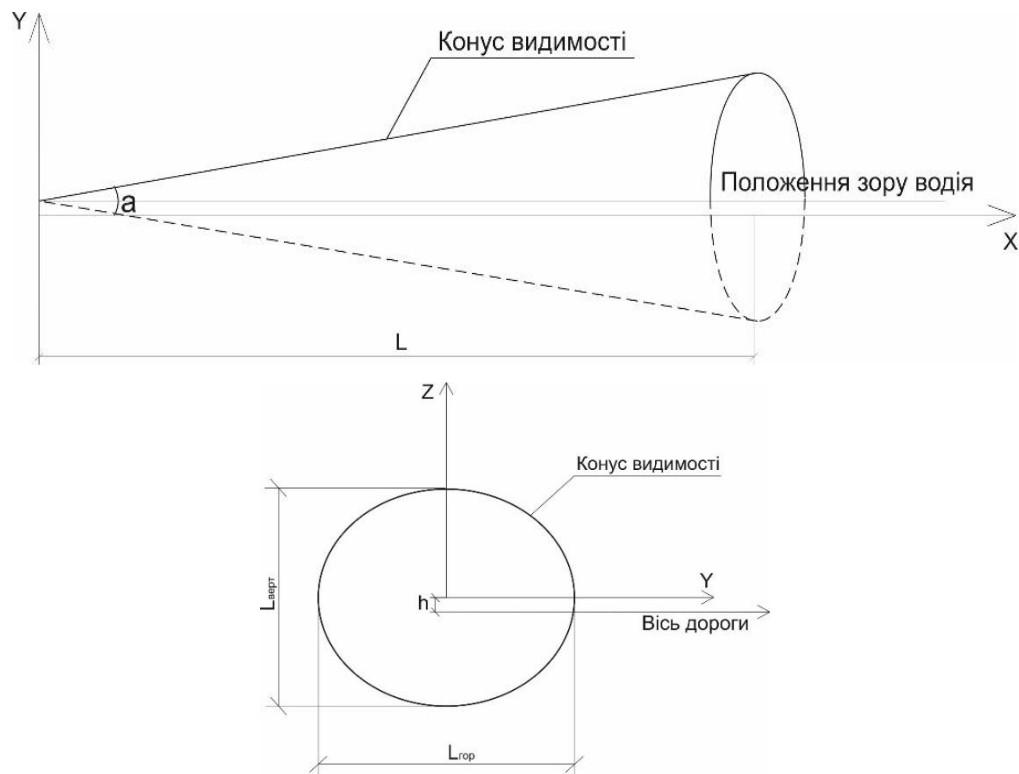
Просторова видимість об'єднує в собі видимість в плані та профілі одночасно. Це необхідно для того, щоб виявити забезпечення видимості на ділянках, де має місце об'єднання кривих або похилів в профілі та плані одночасно [86, 126, 144]. В такому випадку навіть якщо за розрахунками планова видимість є забезпеченою, то видимість в просторі може бути не задовільною. Для вирішення даної проблеми можна використати «метод конусів (ліхтаря)». Згідно цього методу, розподілення концентрованого зору водія пропонується розглядати у вигляді конуса. Водій може чітко бачити ситуацію в межах умовного конуса, вершина якого знаходиться на рівні очей водія, пропонується прийняти 1,2 м (для легкового автомобіля). Висота конуса залежить від швидкості руху транспортного засобу та часу доби,

приймається за нормативами (ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Споруди транспорту [43] та ДБН В. 2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів [44]). Кут між бічними стінками конуса відповідає концентрованому зору водія та становить 12° – в денний час та $2-3^\circ$ – в нічний час доби, що відповідає куту розподілення світла від фар автомобіля [11, 91, 102]. Периферійне поле зору зменшується у зв'язку з тим, що водій на великій швидкості зосереджує свою увагу на віддалених об'єктах [41, 138]. Так, якщо автомобіль знаходиться в нерухомому стані поле зору становить приблизно 120 градусів, а за швидкості 100 км/год воно звужується до 40 градусів.

Даний метод може мати графічне та аналітичне вираження.

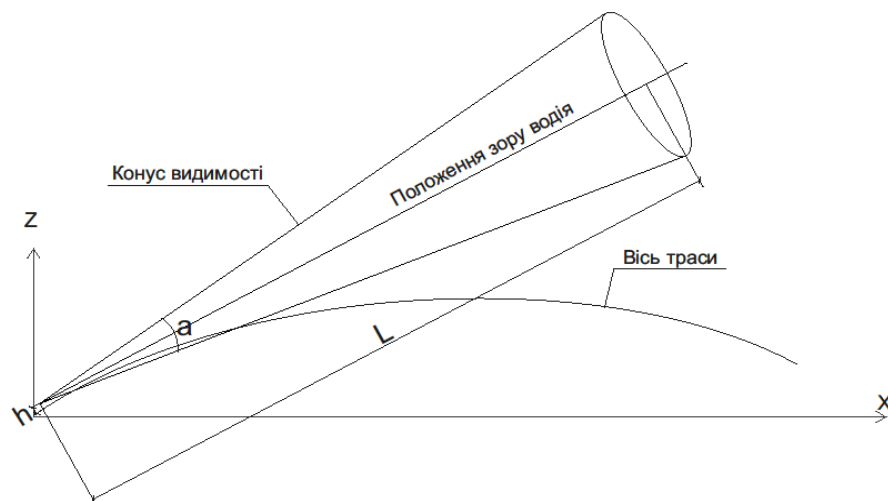
В графічному вигляді метод використовується таким чином. Для початку необхідно створити просторову модель місцевості та дороги. Це можна виконати за допомогою графічних редакторів та функції завантаження координат для створення моделі місцевості. Для більш точного визначення видимості необхідно, щоб на моделі місцевості окрім рельєфу ще розміщувалися об'єкти, які можуть створювати перешкоди для забезпечення видимості: будинки, дерева, кущі, дорожні знаки, тощо. На рівні зору водія встановлюється умовний конус розподілу концентрації зору [66]. Його напрямок залежить від положення просторового вектора, який складається з суми горизонтального та вертикального вектору зору. З рухом транспортного засобу по просторовій моделі дороги переміщується й конус. Таким чином можна візуально оцінити межу видимості – все що розміщується в середині конуса потрапляє в зону видимості [107]. Потім, на основі отриманих даних, за допомогою математичних розрахунків можна визначити числові значення відстані просторової видимості.

На прямолінійній ділянці напрямок встановлення конуса видимості співпадає з напрямком дороги [134]. На ділянках вертикальних кривих зір водія направлений по дотичній до кривої в точці розміщення транспортного засобу в кожен момент часу (рис. 2.9). Використовуючи розроблений метод можна визначити відстань видимості в будь-які точці дороги, включаючи ділянки кривих зі змінним радіусом.



L – відстань видимості, залежно від швидкості руху та погодних умов та часу доби;
 h – положення лінії зору водія над поверхнею дороги, $h=1,2$ м;
 α – кут розподілу концентрованого зору водія, залежить від часу доби;
 $L_{\text{гор}}$ – розмір видимості в горизонтальній площині, залежно від розподілення зору водія;
 $L_{\text{верт}}$ – розмір видимості у вертикальній площині, залежно від розподілення зору водія

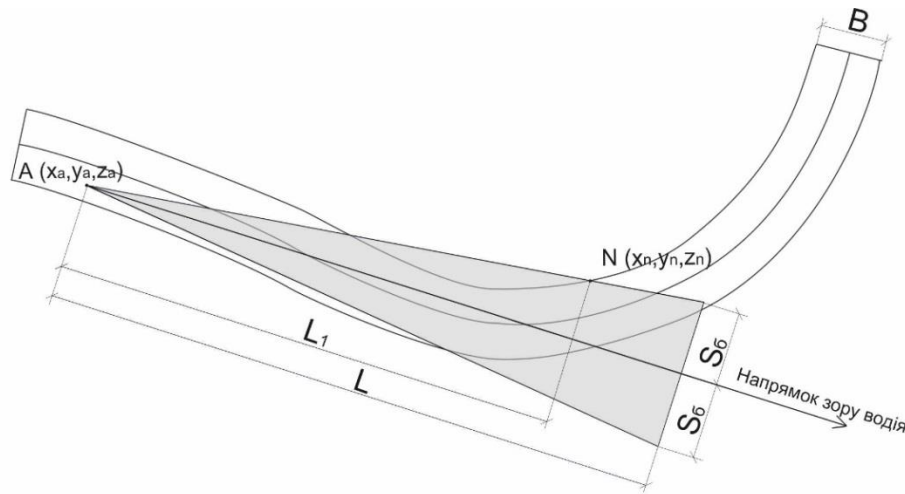
Рисунок 2.8 – Конус видимості на прямій ділянці автомобільної дороги



L – відстань видимості, залежно від швидкості руху, погодних умов та часу доби;
 h – положення лінії зору водія над поверхнею дороги, $h=1,2$ м;
 α – кут розподілу концентрованого зору водія, залежить від часу доби

Рисунок 2.9 – Конус видимості на опуклій кривій

На ділянках горизонтальних кривих зір водія направлений по дотичній до кривої в точці розміщення транспортного засобу [60, 61] (рис. 2.10). Таким чином можна визначити відстань видимості в будь-якій точці криволінійної ділянки, в тому числі, на ділянках кривих зі змінним радіусом.



L – відстань видимості, залежно від швидкості руху, погодних умов та часу доби;

L_1 – відстань видимості зустрічного автомобіля в межах конуса;

S_0 – бічна видимість;

B – ширина дороги

Рисунок 2.10 – Конус видимості на горизонтальній кривій

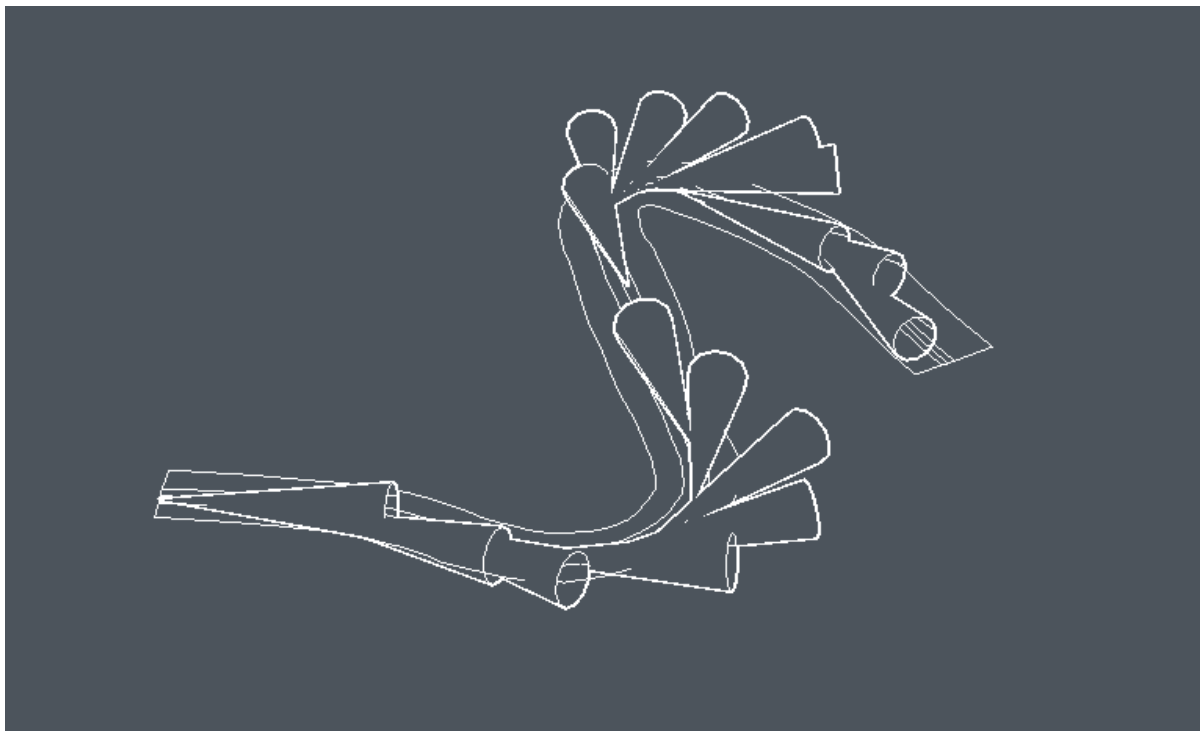


Рисунок 2.11 – Конус видимості у зображенні 3д

На рис. 2.11 показано конус видимості, який дає змогу оцінити відразу видимість в просторі. Після оцінки просторової видимості можна оцінити ділянки де видимість не забезпечується і більш детально вивчити їх виявивши, яка саме видимість не забезпечена – в горизонтальній чи вертикальній площині.

В аналітичному вигляді цей метод описується рівнянням конуса в просторі.

Для денної видимості воно має вигляд:

Для спрощення за основу конуса приймаємо коло з радіусом $BE = r = |AB| \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = d \cdot \operatorname{tg} 6^\circ$.

Направляючу конуса, тобто окружність знаходимо з рівнянь:

Рівняння сфери з центром в точці з координатами x_2, y_2, z_2 :

$$(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = d^2 \cdot \operatorname{tg}^2 6^\circ. \quad (2.19)$$

Рівняння площини, яка проходить через точку В (x_2, y_2, z_2) та перпендикулярна вектору, що співпадає з напрямком осі конуса АВ, тобто перпендикулярна площині:

$$(x_2 - x_1)(x - x_2) + (y_2 - y_1)(y - y_2) + (z_2 - z_1)(z - z_2) = 0. \quad (2.20)$$

Отримуємо систему рівнянь, що описують площину, яка представляє собою основу конуса

$$\begin{cases} (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 = d^2 \cdot \operatorname{tg}^2 6^\circ \\ (x_2 - x_1)(x - x_2) + (y_2 - y_1)(y - y_2) + (z_2 - z_1)(z - z_2) = 0. \end{cases} \quad (2.21)$$

Вершина конуса знаходиться в точці А (x_1, y_1, z_1). Утворююча конуса це пряма, що проходить через точку М (x, y, z) з направляючим вектором $\vec{a}(m, n, l)$ [59] може бути записана в канонічному вигляді наступним рівнянням:

$$\frac{x - x_1}{m} = \frac{y - y_1}{n} = \frac{z - z_1}{l}. \quad (2.22)$$

Так як напрямок утворюючої залежить лише від співвідношень 3-х кутових коефіцієнтів m , n та l , то один із них (той, що не рівний нулю) можна вважати рівним 1. Таким чином, рівняння утворюючої конуса можна записати в такому вигляді:

$$\frac{x-x_1}{m} = \frac{y-y_1}{n} = \frac{z-z_1}{1}. \quad (2.23)$$

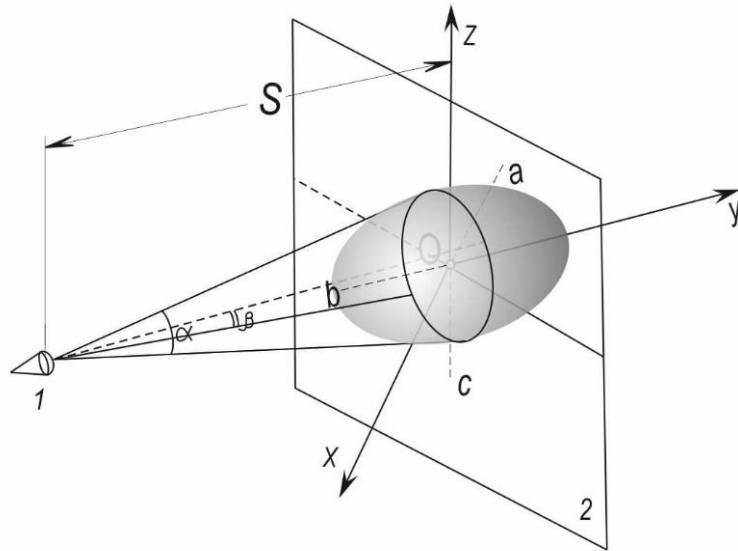
Таким чином, конічна поверхня буде визначатися таким рівнянням:

$$\begin{cases} (x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2 = d^2 \cdot \operatorname{tg}^2 6^\circ \\ (x_2-x_1)(x-x_2) + (y_2-y_1)(y-y_2) + (z_2-z_1)(z-z_2) = 0. \\ \frac{x-x_1}{m} = \frac{y-y_1}{n} = \frac{z-z_1}{1} \end{cases} \quad (2.24)$$

Цей теоретичний конус встановлюється на рівні зору водія, де основа конуса знаходиться на максимальній відстані видимості для даної швидкості руху. Напрямок встановлення теоретичного конуса визначається по просторовому вектору [86, 88].

Згідно з дослідженнями Гайдукевича В. А. [33, 34] зір водія обома очима розподіляється нерівномірно по горизонталі та вертикалі. В горизонтальній площині кут з розподілення концентрованого зору більше ніж у вертикальній. Тому в основі конуса має бути еліпс сплюснений по вертикалі. Опираючись на цю інформацію рівняння конуса в просторі можна уточнити.

В основі конуса приймається еліпсоїд обертання. Для денної видимості кут між бічними стінкам конуса в горизонтальній площині становить 12° , у вертикальній площині – 8° . Відповідно до цих даних необхідно внести коригування для уточнення рівняння, що описує конічну поверхню, яка характеризує розподілення зору водія.



- 1 – рівень зору водія;
 2 – площина, що розрізає еліпсоїд;
 a, b, c – осі обертання еліпсоїда

Рисунок 2.12 – Схема для визначення рівняння конуса з еліпсом в основі

Рівняння еліпсоїда має вигляд [60]:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1. \quad (2.25)$$

Еліпсоїд обертається по осі c , вісь a та b є рівними та мають значення:

$$a = b = dtg4^\circ. \quad (2.26)$$

Підставивши вираз 2.23 у рівняння 2.22 отримуємо:

$$\frac{x^2}{d^2 tg^2 4^\circ} + \frac{y^2}{d^2 tg^2 6^\circ} + \frac{z^2}{d^2 tg^2 4^\circ} = 1. \quad (2.27)$$

Таким чином, конічна поверхня з еліпсом в основі конуса буде визначатися наступним рівнянням:

$$\begin{cases} \frac{x^2}{d^2tg^24^\circ} + \frac{y^2}{d^2tg^26^\circ} + \frac{z^2}{d^2tg^24^\circ} = 1 \\ (x_2 - x_1)(x - x_2) + (y_2 - y_1)(y - y_2) + (z_2 - z_1)(z - z_2) = 0 \\ \frac{x-x_1}{m} = \frac{y-y_1}{n} = \frac{z-z_1}{1} \end{cases} \quad (2.28)$$

Таким чином можна визначати різні відстані видимості: видимість поверхні дороги, видимість зустрічного автомобіля та ін.

Рівняння конічної поверхні буде мати незмінний вигляд, різницю буде складати різниця координат між вершиною та основою конуса.

Траса автомобільної дороги описується елементами: прямими та кривими вставками. На напрям руху транспортного засобу вказує просторовий вектор, який об'єднує в собі горизонтальний та вертикальний. Цей вектор вказує напрям зору водія, а бокові стінки конуса обмежують зону видимості, що дає змогу аналізувати просторову видимість. Концентрованим зором водій може чітко бачити ситуацію в межах конуса 12° без переведення голови чи направлення зору. В межах конуса 36° , що відповідає периферійному зору водій може бачити ситуацію, але не може чітко характеризувати її [41, 137]. Для уточнення йому необхідно переводити зір, щоб предмет, який привернув увагу потрапив в зону концентрованого зору.

Розглянемо декілька варіантів об'єднання елементів в плані та поздовжньому профілі представлених в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Поєднання елементів дороги

Номер комбінації	Траса автомобільної дороги в плані	Траса автомобільної дороги у поздовжньому профілі
1	2	3
1	Пряма	Пряма
2	Пряма	Колова крива
3	Колова крива	Пряма
4	Колова крива	Колова крива
5	Перехідна крива (клотоїда)	Пряма

Кінець таблиці 2.1

1	2	3
6	Перехідна крива (клотоїда)	Колова крива
7	Колова крива	Перехідна крива (парабола)
8	Перехідна крива (клотоїда)	Перехідна крива (парабола)

2.4 Висновки до другого розділу

1. Розглянуті теоретичні основи побудови «конуса видимості». «Конус видимості» представляє собою розподіл концентрованого зору водія. Він залежить від часу доби та швидкості руху транспортного засобу.

2. Досліджено взаємозв'язок просторової видимості та психофізіології водія. Це дало змогу зробити наступні основні висновки:

- Зір ясного бачення водія розподіляється певним чином – у вигляді конуса. Кут розподілу концентрованого зору водія для денної пори становить 12° .
- В основі конуса ясного бачення знаходиться еліпс, відповідно до психофізіології водія.

3. Дальність видимості визначається перетином бокових стінок умовного конуса з краєм проїзної частини. Точка перетину має відповідні координати, різниця цих координат дає числове значення величини відстані видимості. Запропонований підхід дозволяє отримати просторову видимість автомобільної дороги, яка найбільш точно буде відображати видимість в просторі.

4. Розроблено математичне вираження дальності просторової видимості, що характеризується рівнянням конуса в просторі.

5. В подальших дослідженнях необхідно визначити рівняння елементів та встановити напрямок встановлення конуса.

6. Результати досліджень даного розділу викладено у наступних публікаціях [11, 86, 88, 91, 92].

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

Просторова видимість залежить від багатьох факторів, основними з них є геометричні параметри та рельєф місцевості. Просторова видимість визначається за допомогою конуса видимості, який в свою чергу характеризується геометричними елементами дороги, такими як радіуси та похили.

3.1 Існуючі методи визначення геометричних параметрів автомобільних доріг

На сьогоднішній день існують такі методи визначення параметрів автомобільних доріг: графічно-аналітичний (практичний) метод для визначення радіуса горизонтальної та вертикальної кривої та графічний (метод підбору) визначення радіуса горизонтальної кривої в графічних редакторах. Для визначення поздовжнього похилу використовується графічно-аналітичний (практичний) метод (Додаток В).

Графічно-аналітичний (практичний) метод для визначення радіуса горизонтальної кривої

Координати точок, за допомогою графічних редакторів виводяться в графічний вигляд. На плані дороги виділяються криволінійні ділянки та аналізуються більш детально. Визначаються радіуси поворотів і проводиться їх аналіз. Для цього виділяють три точки, які знаходяться на кривій з радіусом R , що є шуканою величиною. Відповідно до рис. 3.1 відрізок AC – хорда з відомою довжиною. Посередині кривої знаходиться точка B – вершина кривої, радіус R проведений через цю точку ділить хорду на два рівних відрізка AD і DC , з довжиною $L/2$. Перевищення точки B над хордою становить величину Δ .

На основі цих вихідних даних виводиться формула для обчислення радіусу горизонтальної кривої [5, 16, 47].

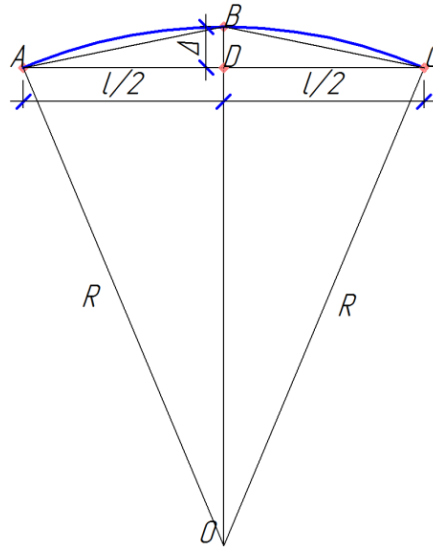


Рисунок 3.1 – Схема для визначення радіуса горизонтальної кривої

Розрахункова формула:

$$R = \frac{4\Delta^2 + l^2}{8\Delta}, \quad (3.1)$$

де Δ – перевищення між хордою та вершиною кривої;

l – хорда

Графічно-аналітичний (практичний) метод для визначення радіуса вертикальної кривої

Радіус вертикальної кривої визначається за формулою:

$$R = \frac{l^2}{2h}, \quad (3.2)$$

де l – хорда;

h – перевищення між вершиною та початком кривої.

Графічний метод визначення радіуса кривої в графічних редакторах

Для визначення радіусу кривої графічним методом необхідно завантажити координати до редактору та вивести їх в графічний вид.

Використовуючи команду «побудувати коло за трьома точками» визначаються радіуси заокруглень методом підбору колової кривої. Для цього будуємо коло за трьома точками, які знаходяться на полілінії, що представляє трасу автомобільної дороги, рівновіддаленими одна від одної [16, 120]. Також за допомогою інших інструментів AutoCAD вимірюються довжини прямих та кривих ділянок.

Графічно-аналітичний метод для визначення поздовжнього похилу

Для виведення в графічний вигляд координат точок, виміряних за допомогою рухомої лабораторії з GPS-приймачем [37, 68] користуються спеціальними програмами. На основі цих даних за формулами розраховується похил дороги [77].

Проведений аналіз методів визначення геометричних параметрів представлений в табличній формі.

Таблиця 3.1 – Порівняння методів визначення геометричних параметрів [15, 16, 21]

Параметр	Графічно-аналітичний метод для визначення радіуса кривої	Графічний метод для визначення радіуса кривої	Графічно-аналітичний метод для визначення поздовжнього похилу
1	2	3	4
Результати розрахунків	визначення радіусів горизонтальних та вертикальних колових кривих	визначення радіусів горизонтальних та вертикальних колових кривих	визначення розміру поздовжнього та поперечного профілю
Точність	Висока (до 2 м)	низька, метод підбору (до 25 м)	висока
Спосіб використання	Графічні редактори + математичні розрахунки	Графічні редактори Adobe AutoCad	Графічні редактори + математичні розрахунки

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4
Переваги	- більш висока точність в порівнянні з графічним методом	- швидкість отримання даних	- точність отримання даних
Недоліки	- можливість визначення лише кривих з постійним радіусом	- низька точність отриманих результатів	-

З метою вдосконалення методів технічного обліку та паспортизації доріг, отримання більш повної та об'єктивної інформації про їх стан та підвищення продуктивності праці при зборі та обробці даних використовують сучасні методи отримання координат.

3.2 Методи визначення просторових координат

Для визначення видимості необхідно мати значення всіх елементів дороги. В даний час існує декілька методів визначення радіусів горизонтальних та вертикальних кривих [9, 18] та похилів на автомобільних дорогах. Для їх застосування необхідно мати координати [55, 65], які будуть описувати параметри дороги, або модель місцевості.

3.2.1 Визначення координат за допомогою геодезичних приладів

При виконанні більшості геодезичних задач, як правило, потрібно виконувати як кутові, так і лінійні виміри, їх виконують за допомогою різних геодезичних приладів: теодолітів, нівелірів і тахеометрів. Для визначення координат і побудови моделі місцевості найчастіше використовують тахеометричну зйомку [73]. Тахеометрична зйомка являє собою топографічну, тобто контурно-висотну зйомку [12], у результаті якої одержують план місцевості із зображенням ситуації й рельєфу. Тахеометрична зйомка [55] виконується за

допомогою технічних теодолітів і рейок або спеціальних приладів – тахеометрів. З однієї точки стояння, просторові координати якої відомі, визначають положення пікетних точок способом полярних координат (кута b між орієнтирним напрямком і вибраною точкою та віддаллю d від станції до цієї точки). Перевищення визначають за виміряною віддаллю d та вимірним вертикальним кутом n . Метод тахеометрії забезпечує точність визначення положення точки в плані 20–30 см і по висоті – 10 см на віддалі 100 м. При збільшенні віддалі візування ці похибки швидко зростають [21].

3.2.2 Визначення координат за допомогою глобальних навігаційних супутникових систем

Визначення координат за допомогою супутникових навігаційних систем

GPS, Система глобального позиціонування (Global Positioning System) – сукупність радіоелектронних засобів, що дозволяє визначати положення та швидкість руху об'єкта на поверхні Землі або в атмосфері [117].

Положення об'єкту обчислюється на ньому завдяки використанню GPS-приймача, який приймає та обробляє сигнали супутників космічного сегменту GPS [116, 118] системи глобального позиціонування. Для визначення точних параметрів орбіт супутників та керування GPS система в своєму складі має наземні центри управління [99, 142, 143].

Супутникові навігаційні системи складаються з трьох сегментів: космічного, сегменту управління та сегменту користувача.

Космічний сегмент складається з супутників, які знаходяться на орбіті, їх кількість має бути не менше 24 супутників, для забезпечення достатньої точності. Чим більше видимих сигналів супутників приймає приймач, тим більша точність вимірів. Сегмент управління [39, 109] відслідковує рух супутників і виконує періодичну корекцію орбіт, коригує їх ефемеридні константи і усуває накоплені помилки бортових годинників. Сегмент користувачів складається з приймачів [37, 125] та деяких додаткових пристроїв, таких як антени, інтерфейс з виконавчими

пристроями, а також додаткового програмного забезпечення [28, 96]. В найпростішому випадку приймач отримує від GPS супутника навігаційні дані, вмонтований обчислювач вирішує навігаційну задачу і виводить на дисплей абсолютні значення координат [10, 38, 91].

Якісно зменшити похибку (до декількох сантиметрів) у вимірюванні координат дозволяє режим так званої диференціальної кореляції. Диференційний режим (DGPS) складається з використання двох приймачів – один непорушно знаходиться в точці з відомими координатами і називається «базовим», а другий – мобільним. Дані отримані базовим приймачем, використовуються для корекції інформації, зібраної рухомим апаратом. Корекція може виконуватися як в режимі реального часу, так і при «офлайновій» обробці даних, наприклад на комп'ютері.

Таблиця 3.2 – Основні характеристики систем навігаційних супутників [53, 63, 71, 104, 118]

Параметр	BDS COMPASS	TEN GALILEO	TEN GALILEO	ГЛОНАСС
1	5	3	4	2
Число НС (резерв)	30 (5)	24 (3)	27 (3)	24 (3)
Число орбітальних площин	-	6	3	3
Число НС в орбітальній площині	8	4	9	-
Тип орбіт	Кругова	Кругова	Кругова	Кругова ($e=0\pm0.01$)
Висота орбіти, КМ	21500	20183	23224	19100
Нахил орбіти, градуси	~55	~55 (63)	56	64.8 $\pm$ 0.3

Кінець таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Номінальний період обігу по середньому сонячному часу	-	~11 год. 58 хв	14год. 4хв. и 42с.	11год. 15хв 44 ± 5 с
Спосіб розділення сигналів НС	-	Кодовий	Кодово-частотний	Кодово-частотний
Несумісні частоти радіосигналів, МГц	E1=1575.42 E5=1191.795 E5A=1176.46 E5B=1207.14	L1=1575.42 L2=1227.60 L5=1176.45	E1=1575.42 E5=1191.795 E5A=1176.46 E5B=1207.14 E6=12787.75	L1=1602.5625...1615.5 L2=1246.4375...1256.5 E6=12787.75
Період повторення далекомірного коду (або його сегмента)	-	1 мс (C/A-код)	-	1 мс
Тип далекомірного кода	-	Код Голда (C/A-код 1023 зн.)	М-послідовність	М-послідовність (СТ-код 511 зн.)
Тактова частота далекомірного коду, МГц	-	1.023 (C/A-код) 10.23 (P,Y-код)	E1=1.023 E5=10.23 E6=5.115	0.511
Швидкість передачі цифрової інформації(СИ- и D- код)	-	50 зн/с (50Гц)	25, 50, 125, 500, 100 Гц	50 зн/с (50Гц)
Тривалість суперкадра, хв	-	12.5	5	2.5
Число кадрів в суперкадрі	-	25	-	5
Число рядків в кадрі	-	5	-	15

Визначення координат за допомогою супутникових карт 3planeta googlemaps

Супутникові карти – це фотографії земної поверхні, отримані із супутника [96]. Супутникові карти є інтерактивними, тобто з їх допомогою можна визначати координати [116] в будь-якій точці супутникового зображення, що дозволяє розраховувати довжину по карті і відстань між об'єктами, визначати площу будівель та форми рельєфу на планеті, відстань по дорозі, вимірювати кути та визначати азимути. Таким чином, за допомогою супутникових геодезичних карт можна визначити основні елементи автомобільної дороги [101], такі як ширина проїзної частини, радіуси горизонтальних кривих, поздовжні похили, радіуси вертикальних кривих, пікетажне положення. Кожна точка на карті характеризується географічними координатами X, Y та висотою Z [117].

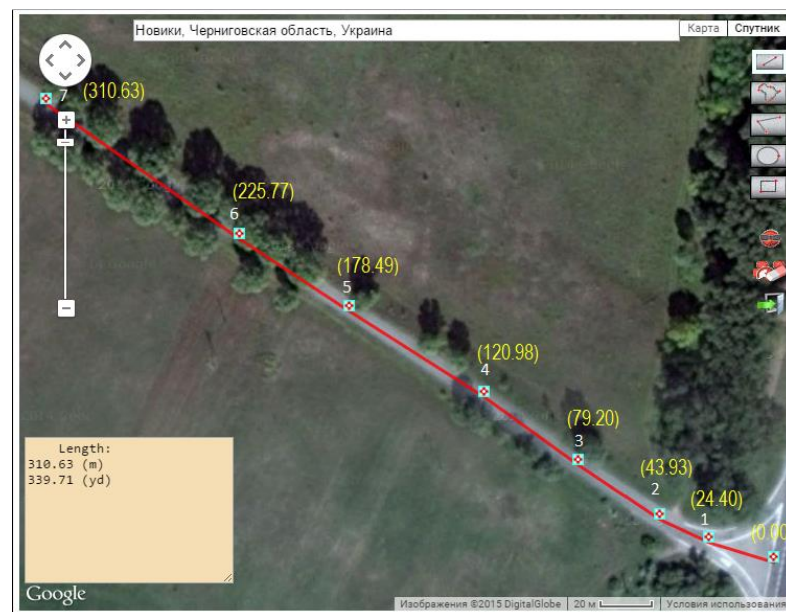


Рисунок 3.2 – Отримання координат за допомогою супутникової геодезичної карти

Супутникові карти google (3gplaneta) використовують геодезичну систему координат WGS-84 [84]. Ця геодезична система являє собою загально земну референтну систему [65].

Отримані географічні координати задані в градусах довготи та широти переводяться у прямокутну систему координат [84].

3.2.3 Визначення координат за допомогою технології лазерного сканування

Наземне лазерне сканування – це сучасна технологія, яка дозволяє з високою швидкістю та точністю визначати координати значної кількості точок (хмар точок) на поверхні об'єктів, які характеризують його форму, розміри та розташування в просторі [110, 121, 122].

Ця технологія реалізується з допомогою спеціальних приладів – наземних лазерних сканерів [100], які вимірюють горизонтальні (ϕ) та вертикальні (θ) напрямки розповсюдження лазерного випромінювання і похилі відстані (S) до точок об'єкту.

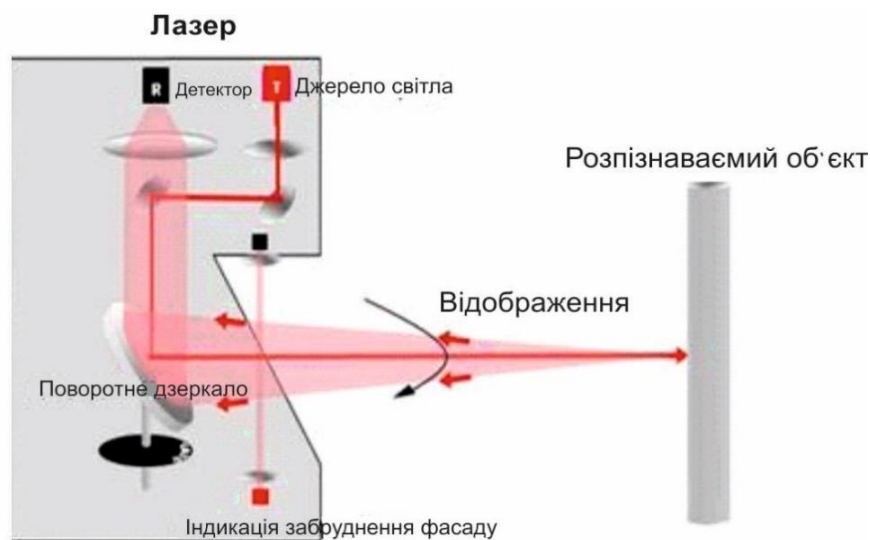


Рисунок 3.3 – Принцип роботи лазерного сканера

Суть технології лазерного сканування полягає у визначенні просторових координат точок об'єкта. Процес реалізується за допомогою вимірювання відстані до всіх визначуваних точок за допомогою фазового або імпульсного безвідбиваючого далекоміра [100]. Вимірювання проводяться з дуже високою

швидкістю – тисячі, сотні тисяч, а часом і мільйони вимірювань в секунду. На шляху до об'єкта імпульси лазерного далекоміра сканера проходять через систему, що складається з одного рухомого дзеркала, яке відповідає за вертикальне зміщення променя. Горизонтальне зміщення променя лазера виконується шляхом повороту верхньої частини сканера відносно нижньої, жорстко прикріпленої до штатива. Дзеркало та верхня частина сканера управляється прецизійними сервомоторами. У кінцевому підсумку саме вони забезпечують точність напрямку променя лазера на об'єкт, що знімається.

Знаючи кут розвороту дзеркала і верхньої частини сканера в момент спостереження і вимірної відстані, процесор обчислює координати кожної точки [100, 122]. Результатом роботи сканера є растрове зображення – скан, значення пікселів якого являють собою елементи вектору з наступними компонентами: вимірною відстанню, інтенсивністю відбитого сигналу і RGB-складової, що характеризує реальний колір точки.

Характеристика методів отримання координат наведена в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Порівняння методів збору даних

Параметр	Геодезичні прилади	Супутникові навігаційні системи	Супутникові карти	Лазерне сканування місцевості
1	2	3	4	5
Точність	1–4 мм	горизонтальна 5мм +2мм/км, вертикальна 10–20мм – при використанні геодезичних приймачів	2–20см	0,5–5мм – Наземне ЛС 8мм–10см – Мобільне ЛС
Умови для використання	бажано: рівнинна або слабогорбиста місцевість	бажано: відкрита місцевість, ясна погода.	–	будь-які погодні умови
Недоліки	- великі трудовитрати - ускладнене використання в гірській місцевості	- для точних замірів необхідне дуже точні GPS-приймачі та контрольні станції	- досить мала точність у порівнянні з GPS та лазерним скануванням	- не доступно для знімання дахів об'єктів, об'єкти поряд з носіями можуть бути перешкодою

Кінець таблиці 3.3

1	2	3	4	5
Переваги	- висока точність отримуваних даних - доцільно використовувати при зніманні невеликих площ - можна знімати при будь-яких погодних умовах	- значна економія коштів в порівнянні з традиційними методами зйомки - висока точність та детальність отримуваних даних - цифровий формат усіх даних	- значна економія коштів в порівнянні з традиційними методами зйомки - можливість виконувати вимірювання не виходячи на полігон	- значна економія коштів в порівнянні з традиційними методами зйомки - висока точність та детальність отримуваних даних - дуже висока продуктивність збору даних – до 300 пог.км/день. - отримання рельєфу навіть під кронами дерев
Фактори, які впливають на точність вимірів	- перевірка приладів - точність прив'язки до опорної точки	- кількість геометрії супутників - гравітаційні впливи - вплив іоносфери - вплив тропосфери - відображення сигналів - відносність вимірів часу	- умови приймання супутникового сигналу при створенні карти	- перешкоди у вигляді заборів, густої рослинності біля носія знімання (для МЛС) - умови приймання супутникового сигналу, який залежить від кількості видимих супутників, відносності вимірів часу та впливу іоносфери і тропосфери

Незалежно від методу отримання координат вони повинні бути приведені в систему координат WGS 84, що являється всесвітньою системою геодезичних параметрів Землі [84]. WGS 84 визначає координати відносно центра мас Землі, похибка складає менше 2 см.

Ці координати можуть бути використані для паспортизації [105] та вишукування автомобільних доріг, які на сьогоднішній день виконуються на основі тривимірних координат [10, 106, 125], отриманих з використанням нових технологій, таких як глобальні навігаційні супутникові системи [94, 97, 98, 118] та лазерне сканування [110, 121].

При паспортизації та вишукуванні автомобільних доріг [68, 105] визначаються координати осі дороги та координати поперечного профілю автомобільних доріг. При відомих координатах (X , Y , Z) визначається: довжина дороги, горизонтальні криві та їх радіуси, вертикальні криві та поздовжні похили, поперечний профіль дороги [90].

Відповідно до СОУ 42.1-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги» [105], всі дані по розташуванню об'єктів та елементів на дорозі задаються у просторових координатах. Відповідно до цього стандарту всі дані вносяться до електронних таблиць спеціального програмного забезпечення.

Для побудови 3D моделі, окрім отриманих координат по осі дороги, необхідно отримати координати для побудови поперечного профілю дороги. На основі отриманих координат будується просторова модель місцевості, що дає можливість для подальшого аналізу видимості за допомогою конуса видимості та оцінки дальності видимості і підвищення безпеки руху.

3.3 Визначення параметрів плану та профілю автомобільних доріг

3.3.1 Визначення радіусу горизонтальної кривої методом подовжених хорд

Враховуючи наявність не тільки колових горизонтальних кривих, а й кривих зі змінним радіусом [57], для визначення їх радіусів виникла необхідність визначення кривизни в усіх точках, отриманих за допомогою ГНСС, супутникових геодезичних карт, геодезичних приладів або за допомогою технології лазерного сканування, які характеризуються координатами X , Y , Z .

При розбивці горизонтальних колових кривих в ускладнених умовах використовують метод подовжених хорд [62]. Основними даними для розбивки колової кривої є довжина хорди S та проміжне переміщення d , які відповідають радіусу горизонтальної кривої [36, 139] (рис. 3.4).

Розглянемо два трикутники OK_1K_2 та BK_1K_2 представлені на рис. 3.4. Трикутники рівнобедрені і мають рівні кути φ , отже вони подібні.

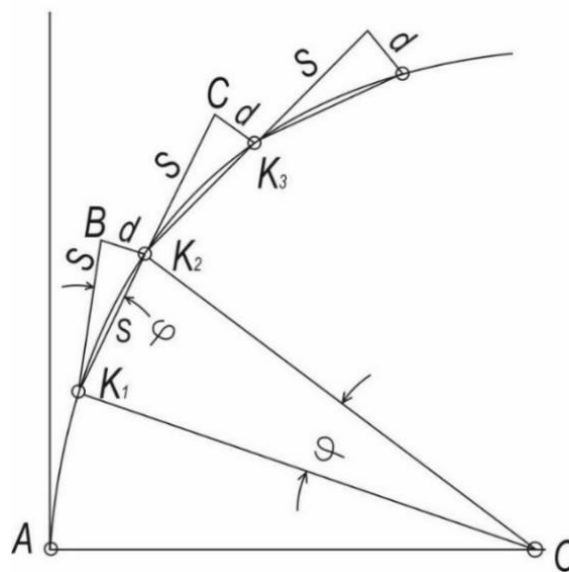
Із подібності ΔK_1OK_2 та ΔBK_1K_2 :

$$\frac{d}{S} = \frac{S}{R}, \quad (3.3)$$

звідки

$$R = \frac{S^2}{d}. \quad (3.4)$$

В проектуванні доріг цей метод використовується при детальній розбивці горизонтальних колових кривих в ускладнених умовах рельєфу [61, 62]. Для зручності були розроблені таблиці, в яких визначені розмір відрізків d (проміжне переміщення), розраховані при довжині хорди $S = 10$ м, 20 м та ін [2].



S – довжина хорди;
 d – проміжне переміщення

Рисунок 3.4 – Розбивка колових кривих методом продовжених хорд

Так як при роботі з глобальними навігаційними супутниковими системами: супутниковими картами [96], або GPS-технологіям [97], відрізки хорди S будуть різної довжини, тому метод потребує уточнення. Для цього необхідно встановити

залежність проміжного переміщення d від довжини хорди S [10, 87, 90, 95]. Розрахункова схема показана на рисунку 3.5.

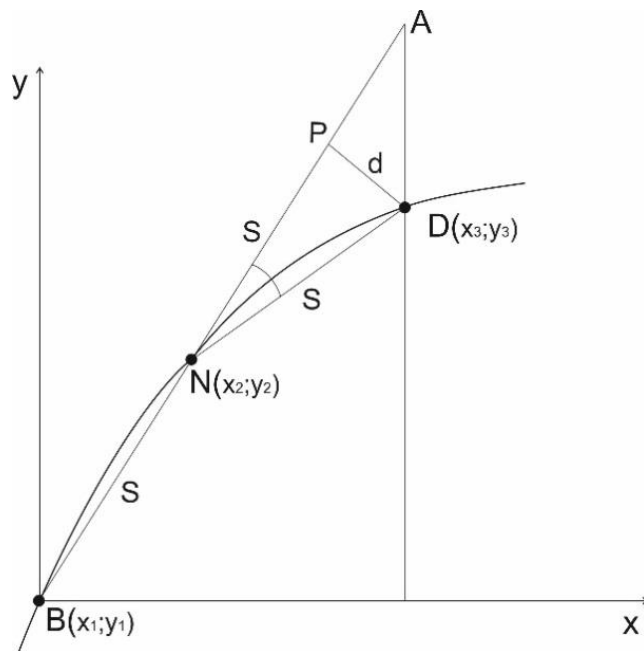


Рисунок 3.5 – Схема для визначення радіусу кривої в точці у горизонтальній площині по осі дороги

Похил подовженої хорди представляє собою відношення між координатами першої та наступної точок:

$$i_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}. \quad (3.5)$$

Координати точки A знаходимо з наступних виразів:

$$\Delta h_A = (x_3 - x_1) \cdot i_1; \quad (3.6)$$

$$y_A = y_1 + \Delta h_A; \quad (3.7)$$

$$x_A = x_3. \quad (3.8)$$

Довжина хорди S визначається з трикутника PND . Трикутник PND є рівнобедреним, тому $NP = ND$. Висота опущена з кута N ділить рівнобедрений

трикутник на два прямокутних трикутника NDK та PNK . З трикутника NDK знаходиться гіпотенуза ND , що дорівнює довжині хорди S :

$$S = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2}. \quad (3.9)$$

Визначається проміжне переміщення d . Спочатку необхідно визначити кут PND :

$$tg\angle ANK = \frac{AK}{NK} = \frac{y_A - y_2}{x_A - x_2}; \quad (3.10)$$

$$tg\angle DNK = \frac{DK}{NK} = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2}; \quad (3.11)$$

$$\angle PND = \angle ANK - \angle DNK. \quad (3.12)$$

З прямокутного трикутника PND визначається проміжне переміщення d :

$$\sin\angle PND/2 = \frac{d/2}{S}; \quad (3.13)$$

$$d = S \cdot \sin\angle PND. \quad (3.14)$$

Радіус горизонтальної кривої R у даній точці визначається з наступного виразу:

$$R = \frac{S^2}{d}. \quad (3.15)$$

Приклад

№	Відмітки X	Відмітки Y
1.	$x_1 = 92,62$	$y_1 = 109,25$
2.	$x_2 = 98,34$	$y_2 = 117,58$
3.	$x_3 = 112,92$	$y_3 = 124,55$

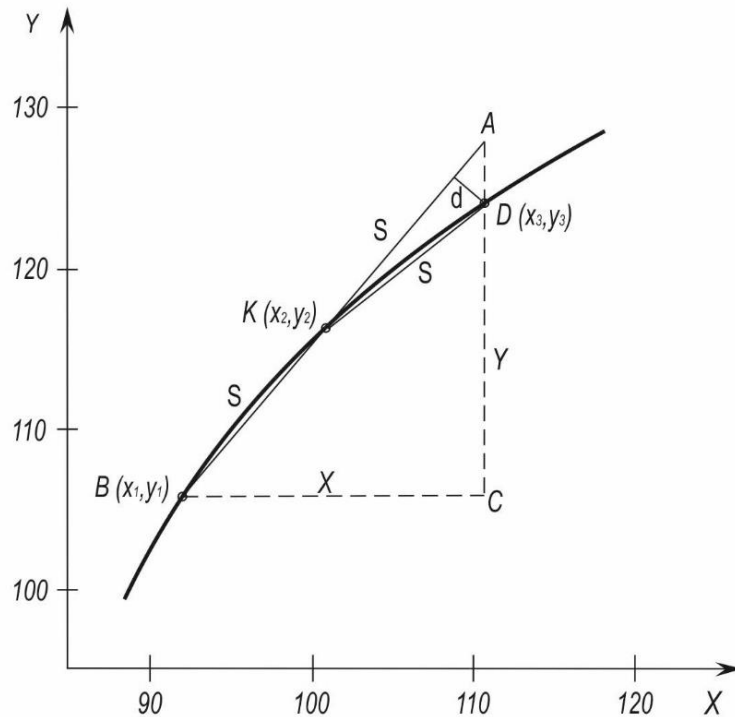


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема для визначення радіусу кривої в точці у горизонтальній площині по осі дороги

Визначаємо похил подовженої хорди:

$$i_1 = \frac{117,58 - 109,25}{98,34 - 92,62} = 2,61.$$

Знаходимо координати точки А:

$$\Delta h_A = (112,92 - 92,62) \cdot 2,61 = 52,98;$$

$$y_A = 109,25 + 52,98 = 162,23 \text{ м};$$

$$x_A = x_3 = 112,92 \text{ м}.$$

Визначаємо довжину хорди S:

$$S = \sqrt{(112,92 - 98,34)^2 + (124,55 - 117,58)^2} = 112,92 \text{ м}.$$

Знаходимо проміжне переміщення d

Визначаємо кут PND

$$tg\angle ANK = \frac{AK}{NK} = \frac{162,23-117,58}{112,92-98,34} = 20,07; \quad arctg\angle ANK = 54^\circ;$$

$$tg\angle DNK = \frac{DK}{NK} = \frac{124,55-117,58}{112,92-98,34} = 0,48; \quad arctg\angle DNK = 26^\circ;$$

$$\angle PND = 54^\circ - 26^\circ = 28^\circ.$$

З прямокутного трикутника PND визначаємо проміжне переміщення d:

$$\sin\angle PND/2 = \frac{d_i/2}{S}$$

$$d_i = 16,16 \cdot \sin 14^\circ = 1,61\text{м.}$$

Знаходимо радіус горизонтальної кривої R

$$R = \frac{16,16^2}{1,61} = 162 \text{ м.}$$

3.3.2 Метод перевищень для визначення радіуса вертикальної кривої та похилу

Цей метод ґрунтується на залежності кривизни від похилу, який можна визначити в будь-якій точці на вертикальній кривій. Похил визначається за дотичною в точках на кривій, рівновіддалених одна від одної [10, 26, 113]. Дотична є перпендикулярною до радіусу кривої, проведеного в точку дотику [12].

Цей метод дає змогу визначення радіусу заокруглення в будь-якій точці на кривій, в тому числі і на перехідних кривих.

На рис. 3.7 приведено розрахункову схему по визначенню радіусу кривої у вертикальній площині на основі визначених координат X та Z.

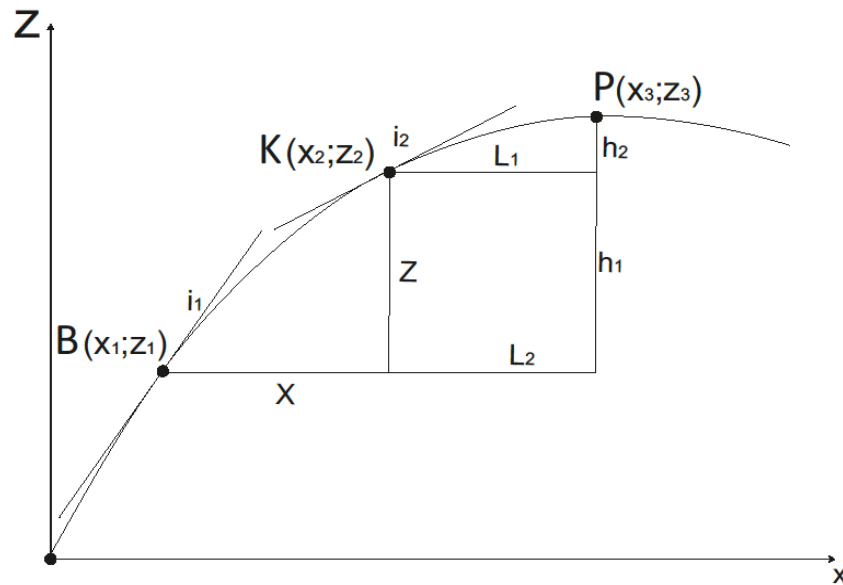


Рисунок 3.7 – Схема визначення радіуса кривої в будь-якій точці у вертикальній площині по осі дороги

Радіус кривої в кожній точці знаходиться:

$$R = L/i . \quad (3.16)$$

Виходячи з цього горизонтальна проекція відстані між точками:

$$\begin{aligned} L_1 &= i_1 \cdot R; \\ L_2 &= i_2 \cdot R . \end{aligned} \quad (3.17)$$

Перевищення рівні:

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{L_1^2}{2R} ; \\ h_2 &= \frac{L_2^2}{2R} . \end{aligned} \quad (3.18)$$

Різницю між перевищеннями назовемо Z :

$$h_1 - h_2 = Z . \quad (3.19)$$

Підставляється у вирази (3.18) вирази (3.19):

$$\frac{L_1^2}{2R} - \frac{L_2^2}{2R} = Z . \quad (3.20)$$

Різниця відстаней умовно має назву X :

$$L_2 - L_1 = X . \quad (3.21)$$

Після перетворень вираз 3.21 підставляється у вираз 3.20 і отримується:

$$\frac{L_1^2}{2R} - \frac{(L_1 - X)^2}{2R} = Z . \quad (3.22)$$

Вирази 3.17 підставляються у вираз 3.22 і отримується:

$$\frac{(i_1 \cdot R)^2}{2R} - \frac{(i_1 \cdot R - X)^2}{2R} = Z . \quad (3.23)$$

Помножуються обидві частини рівняння на знаменник $2R$ і отримується:

$$(i_1 R)^2 - (i_1 R - X)^2 = 2RZ . \quad (3.24)$$

Після розкриття дужок маємо:

$$i_1^2 R^2 - i_1^2 R^2 + 2i_1 R X - X^2 = 2RZ . \quad (3.25)$$

Після перетворень:

$$R(2i_1X - 2Z) = X^2. \quad (3.26)$$

Отже отримуємо:

$$R = \frac{X^2}{2i_1X - 2Z}. \quad (3.27)$$

Визначається наступний похил

$$\begin{aligned} L_2 - L_1 &= X ; i_1 \cdot R - i_2 \cdot R = X ; \\ i_2 \cdot R &= X + i_1 \cdot R ; \\ i_2 &= \frac{X + i_1 \cdot R}{R}. \end{aligned} \quad (3.28)$$

Приклад.

№	Відмітки X	Відмітки Z
1.	$x_1 = 506,02$	$z_1 = 1268,17$
2.	$x_2 = 511,31$	$z_2 = 1272,24$
3.	$x_3 = 530,00$	$z_3 = 1281,31$

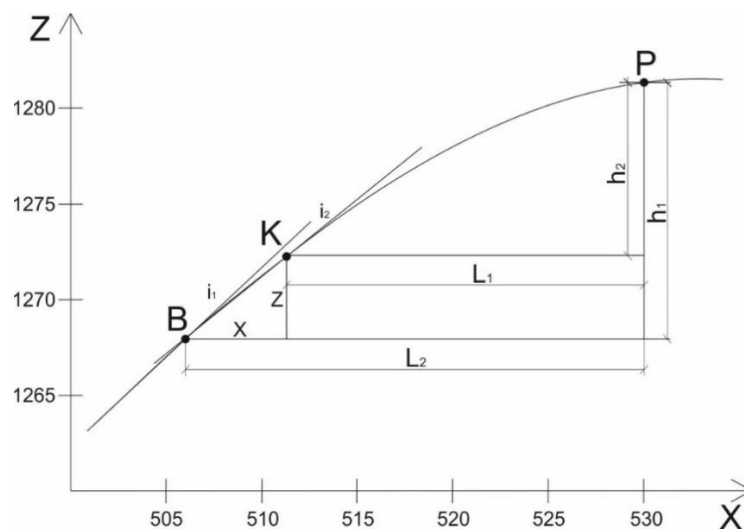


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема для визначення радіуса кривої у вертикальній площині

$$i_1 = \frac{Z}{X} = \frac{4,07}{5,29} = 0,76.$$

$$R = \frac{X^2}{2i_1X - 2Z} = \frac{5,29^2}{2 \cdot 0,76 \cdot 5,29 - 2 \cdot 4,07} = 282 \text{ м.}$$

3.4 Основна схема і математичне вираження комбінації елементів дороги при оцінці просторової видимості

Представимо трасу автомобільної дороги у вигляді годографа вектор-функції [75], який являє собою множину кінців векторів, що виходять з фіксованої точки у просторі і змінюються залежно від скалярного аргументу. За скалярний аргумент приймаємо поширену у дорожній практиці – довжину горизонтального прокладання траси. Визначивши вектор-функцію, ми отримаємо змогу вивчати її властивості, а отже і властивості траси, за способами диференціальної геометрії. Позитивний ефект використання диференціально-геометричного підходу можна спостерігати при описуванні руху літаючих об'єктів в аеро- і космічній навігації.

Траса автомобільної дороги складається з елементів – прямих та кривих вставок. В горизонтальному прокладанні траса може мати такі елементи, як прямі вставки, колові криві та криві зі змінним радіусом (клотоїди), у вертикальній площині – це прямі вставки, колові криві та криві зі змінним радіусом (параболи). Кожен з цих елементів можна описати рівнянням, що представлено в таблицях 3.3 та 3.4.

Криві змінного радіуса характеризуються поступовою зміною радіуса від нескінченності до мінімального значення. Основною умовою є поступова і рівномірна зміна радіуса та кривизни. Найбільше застосування на автомобільних дорогах мають криві змінного радіуса на основі клотоїди (спіралі Корню), оскільки її рівняння повністю відповідає рівнянню траєкторії руху автомобіля [77]. Коли ділянка дороги має форму клотоїди, кермо повертається рівномірно [50]. Така форма дороги дозволяє здійснювати поворот без суттєвого зниження швидкості. Клотоїду так як і інші криві зі змінним радіусом (лемніскату, параболу [27])

використовують частково. Клотоїда – крива, для якої радіус кривизни обернено пропорційний довжині дуги:

$$\rho = \frac{A^2}{S}, \quad (3.29)$$

де A – параметр кривої;

S – повна довжина дуги, м.

Рівняння кривої змінного радіуса:

$$\rho = \frac{C}{S}, \quad (3.30)$$

де ρ – змінний радіус кривизни, м;

C – параметр;

S – повна довжина дуги, м.

Порівнюючи рівняння клотоїди та рівняння кривої змінного радіуса бачимо, що параметри цих рівнянь тотожні. Тому, клотоїда повністю задовольняє вимоги щодо кривих змінного радіуса.

Для розбивки клотоїди [18, 77] необхідно знати величину її елементів в прямокутних координатах

$$\begin{aligned} x &= S - \frac{S^5}{40C^2} + \frac{S^6}{3456C^4} + \dots; \\ y &= \frac{S^3}{6C} - \frac{S^7}{336C^3} + \frac{S^{11}}{42240C^7} + \dots. \end{aligned} \quad (3.31)$$

У цьому випадку виникає необхідність переведення рівняння клотоїди у числовий вид. Для цього у прямокутних координатах будемо графіки клотоїд змінюючи параметр C і отримуємо наступні графіки:

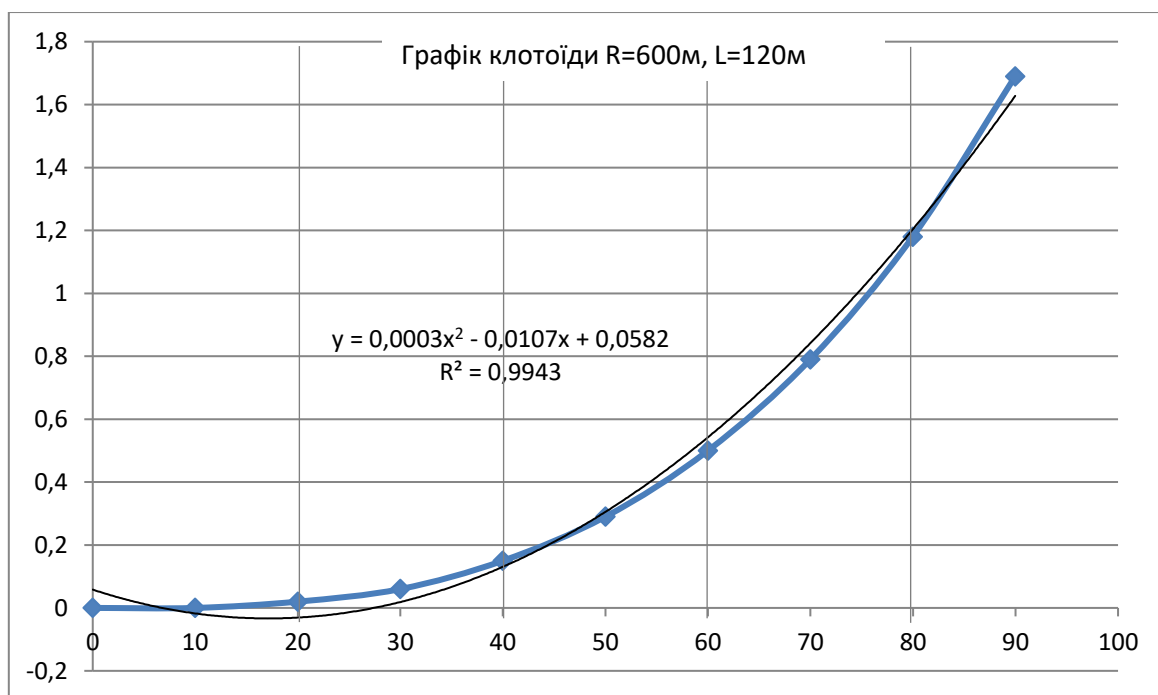


Рисунок 3.9 – Графік, що описує рівняння клотоїди R=600 м, L=120 м

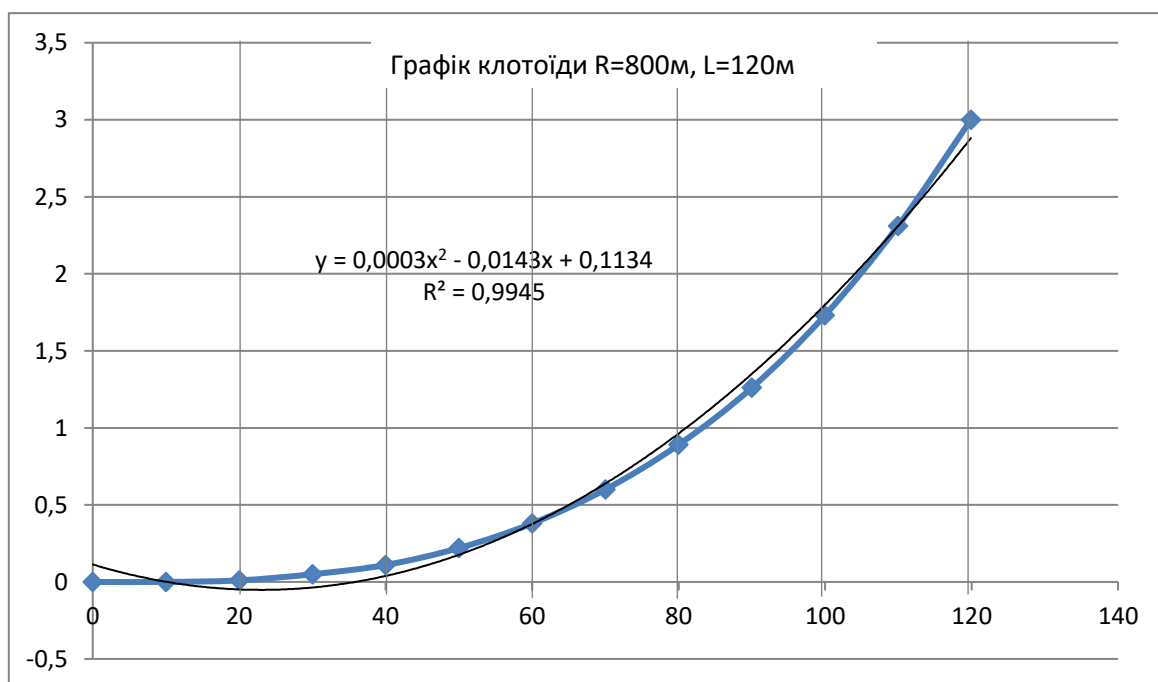


Рисунок 3.10 – Графік, що описує рівняння клотоїди R=800 м, L=120 м

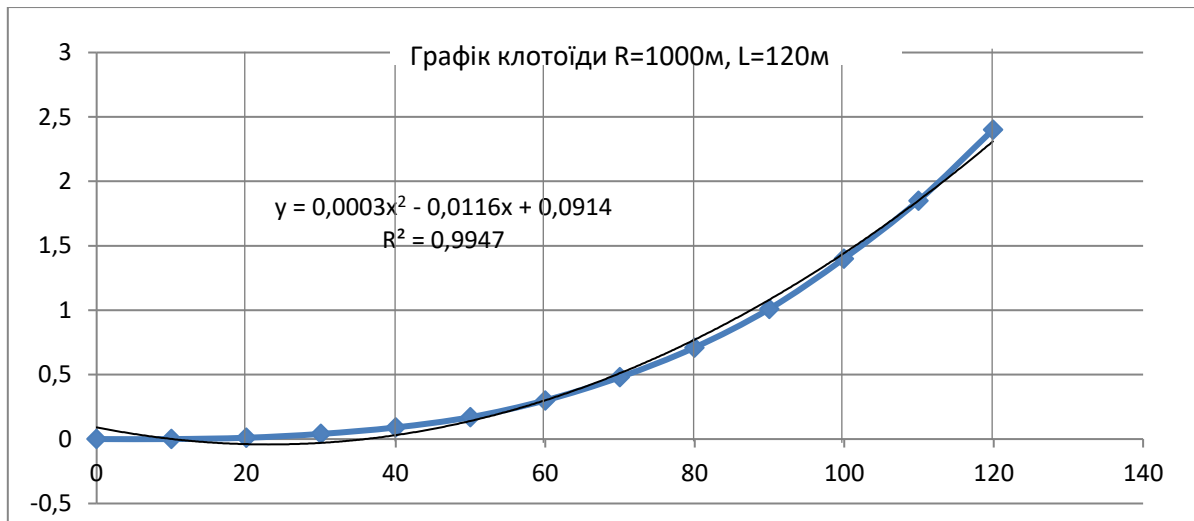


Рисунок 3.11 – Графік, що описує рівняння клотоїди R=1000 м, L=120 м

Визначаємо коефіцієнти, що залежать від мінімального радіуса клотоїди.

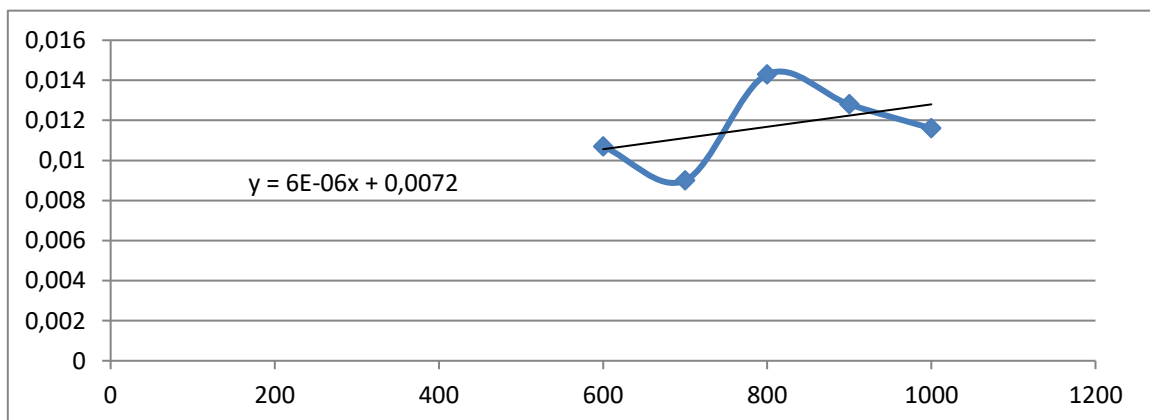
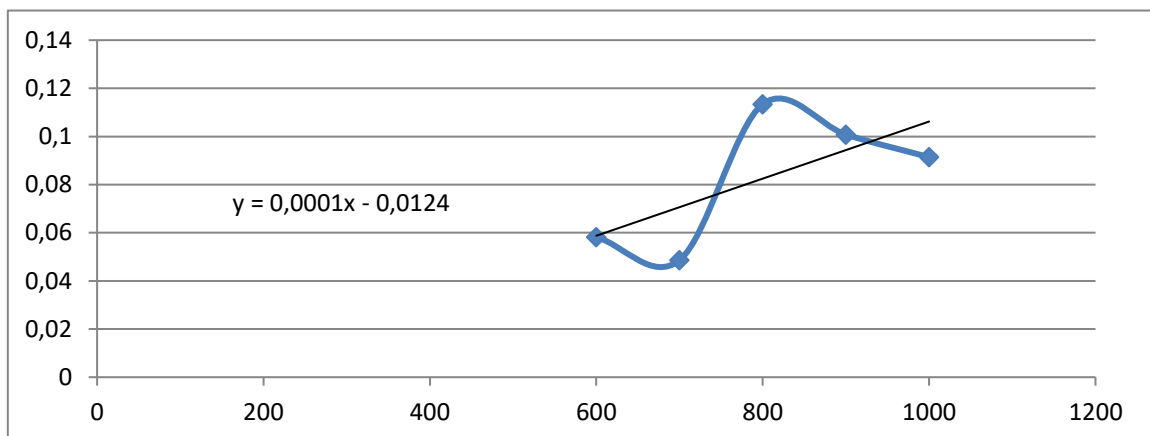


Рисунок 3.12 – Графіки зміни коефіцієнтів в рівняннях клотоїди в залежності від Rmin

На основі проведених досліджень представлений наступний загальний вигляд рівняння клотоїди:

$$y = 0,000294x^2 - 0,0062x - 0,0124. \quad (3.32)$$

Для створення плавної лінії профілю використовуються криві змінного профілю – параболи. Загальний вид рівняння параболи має вигляд:

$$x^2 = 2py, \quad (3.33)$$

де p – параметр ($p > 0, p < 0$).

Так, як у просторі конус видимості [88] характеризується напрямком вектору, виникла необхідність встановити рівняння елементів плану і профілю. На основі цих рівнянь можна встановити напрямок зору водія, для цього необхідно взяти першу похідну від рівняння елемента на досліджуваній ділянці дороги. Це є основою для аналізу просторової видимості з використанням аналітичних розрахунків.

Розрізняють наступні елементи:

В плані:

- прямі ділянки;
- колові криві;
- криві зі змінним радіусом (клотоїди).

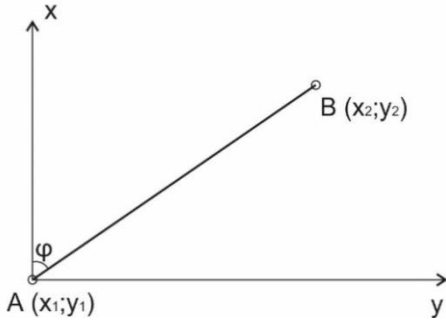
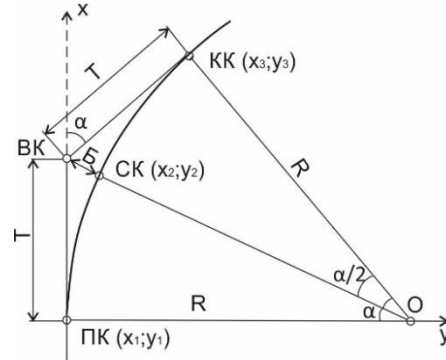
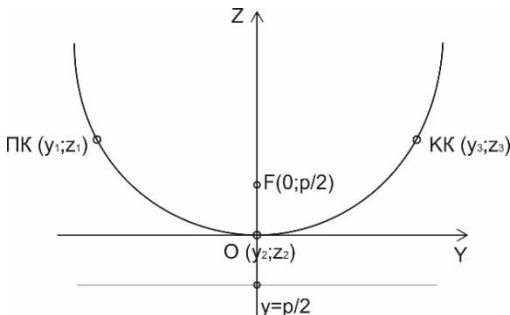
В поздовжньому профілі:

- прямі ділянки;
- колові криві;
- параболи (CREDO).

Графічне зображення елементів показано в табл. 3.4 та 3.5.

Рівняння, що описують елементи дороги представлені в табличній формі і мають вид:

Таблиця 3.5 – Елементи дороги в поздовжньому профілі

Назва елемента	Графічне зображення елемента	Рівняння елемента
1	2	3
Пряма		$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1}$
Колова крива		$(y - a)^2 + (z - a)^2 = R^2$
Парабола		$y^2 = 2pz$

Напрямок просторової математичної моделі дороги описується за допомогою векторів. Щоб отримати напрямок, тобто вектор-функцію [10, 55] в будь-якій точці елемента необхідно взяти першу похідну від рівняння елемента.

Таблиця 3.6 – Рівняння векторів напрямку зору водія в плані

Назва елемента	Рівняння елемента	Перша похідна від рівняння елемента
Пряма	$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$	$y' = - \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$
Колова крива	$(x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2$	$y' = - \frac{(x - a)}{(y - b)}$
Перехідна крива (клотоїда)	$y = 0,000294x^2 - 0,0062x - 0,0124$	$y' = 0,000598x - 0,0062$

Таблиця 3.7 – Рівняння векторів зору водія в профілі

Назва елемента	Рівняння елемента	Перша похідна від рівняння елемента
Пряма	$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{z - z_1}{z_2 - z_1}$	$y' = - \frac{(y_2 - y_1)}{(z_2 - z_1)}$
Колова крива	$(y - a)^2 + (z - b)^2 = R^2$	$y' = - \frac{(y - a)}{(z - b)}$
Парабола	$x^2 = 2py$	$y' = \frac{2x}{2p}$

Отримавши вектор-функції горизонтальних та вертикальних елементів дороги в будь-якій точці ми можемо їх об'єднати і отримати просторове направлення дороги. По цьому направленню встановлюється конус, що дає змогу отримати просторову видимість [86].

3.5 Геометричні характеристики просторової видимості

Просторова видимість характеризується напрямком зору водія, який пропонується прийняти по дотичній до кривої, що описує положення траси автомобільної дороги в просторі. Напрямок зору водія відповідає просторовому вектору і має горизонтальну та вертикальну складову, сума яких представляє просторовий вектор.

На рис. 3.13 зображено напрямок зору водія на коловій та перехідній кривій. З рисунку видно, що на перехідній кривій зі зміною радіуса змінюється і кут між дотичною та кривою в розглядуваній точці, а отже і напрямок зору водія.

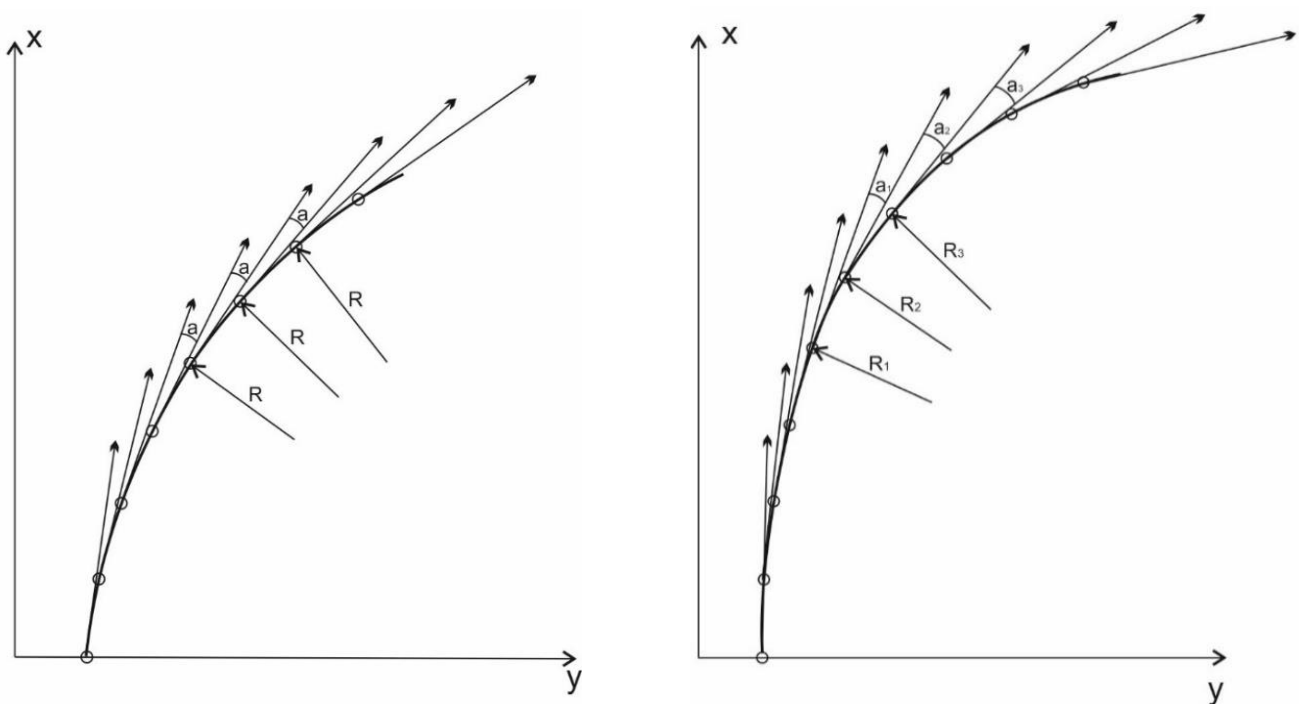


Рисунок 3.13 – Напрямок зору водія на коловій та кривій зі змінним радіусом

Просторова видимість, яка описується «конусом видимості» має дві складові – горизонтальну і вертикальну. Горизонтальна складова відображена проекцією просторової видимості на горизонтальну площину, тобто видимість в плані. Вертикальна складова відповідає видимості в поздовжньому профілі.

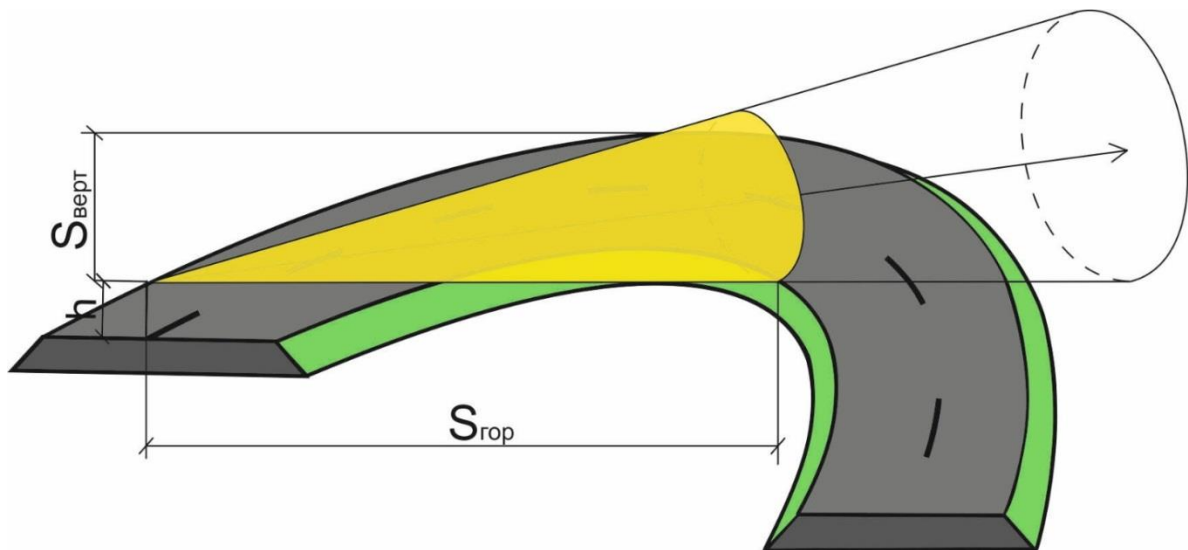


Рисунок 3.14 – Складові просторової видимості

При аналізі просторової видимості можна виділити, яка із складових не задовольняє умови видимості. На основі цих даних будується графік видимості та графік коефіцієнтів видимості.

Графік коефіцієнтів видимості показує зміну видимості на досліджуваній ділянці дороги. Він будується на основі визначених значень видимості, які взяті через певний інтервал. Цей інтервал залежить від елементів дороги, чим менший радіус кривої, тим менший інтервал, та допустимої видимості для даної категорії дороги.

Приведення даних до коефіцієнтів видимості дають можливість легко виявити положення ділянок з погіршеною видимістю та їх довжину.

Коефіцієнт видимості це співвідношення між реальною та допустимою видимістю:

$$K_v = \frac{L}{L_n}, \quad (3.34)$$

де L – значення фактичної видимості в будь-якій точці на ділянці дороги, м;

L_n – нормативна видимість на ділянці дороги в залежності від швидкості руху, м.

На основі коефіцієнтів видимості будується графік. Аналізуючи його приймається рішення з покращення видимості на досліджуваній ділянці дороги.

3.6 Висновки до третього розділу

1. Існуючі методи визначення радіусів кривих базуються на наступному підході: визначається радіус кривої на вершині, і він вважається рівним на всій довжині кривої. Такий підхід не може забезпечити достатньої точності при визначенні радіуса кривої в точці на кривих зі змінним радіусом, як в горизонтальній, вертикальній площині так і в просторі.

2. Удосконалено методи визначення геометричних елементів дороги в плані і профілі. Розроблено метод визначення радіусів горизонтальних кривих, заснований на методі хорд, що використовується для розбивки кривих в ускладнених умовах. Для визначення радіусів та похилів в поздовжньому профілі розроблено метод перевищень. Він базується на зміні перевищень між точками з заданими координатами та характерній зміні похилів на прямих та кривих ділянках. Розроблені методи дають змогу визначити радіус кривої в будь-якій точці на дорозі.

3. На основі проведених досліджень встановлено напрямок зору водія, що представляє собою першу похідну від рівняння кривої, який описує положення траси автомобільної дороги в просторі.

4. Запропоновано ввести поняття «коефіцієнт просторової видимості», який дає змогу аналізу дороги на забезпечення видимості в просторі та прийняття оптимальних рішень для підвищення безпеки руху з умови достатньої видимості.

5. Результати досліджень третього розділу викладено у наступних публікаціях [10, 11, 87, 90-92, 95–98].

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

Важливим параметром, який забезпечує транспортно-експлуатаційні якості дороги, безпеку і комфортність руху є просторова видимість. В основі величини відстані видимості закладений гальмівний шлях, тому вона є визначальною при забезпеченні безпеки руху [25, 45, 124]. Основними чинниками, що впливають на просторову видимість є швидкість руху, напрямок та кут зору водія та висота погляду водія над поверхнею дороги [85, 128]. Напрямок зору водія залежить від комбінації горизонтальних та вертикальних параметрів дороги. До основних горизонтальних параметрів відносяться:

- горизонтальні колові криві;
- горизонтальні перехідні криві;
- прямолінійні ділянки;
- ширина земляного полотна;
- ширина дорожнього одягу.

До основних вертикальних параметрів дороги відносяться:

- поздовжні похили;
- вертикальні опуклі криві;
- вертикальні угнуті криві.

Напрямок руху характеризується просторовим вектором, який складається з горизонтального та вертикального. На горизонтальних кривих це є дотична в кожній точці. Те ж саме можна сказати і про вертикальні параметри.

Отже просторова видимість характеризується сумою векторів як у горизонтальній так і у вертикальній площині. У горизонтальній та вертикальній площинах видимість буде характеризуватись коефіцієнтами просторової видимості. На основі графіків коефіцієнтів просторової видимості розробляються заходи по підвищенню видимості та безпеки руху.

4.1 Алгоритм розрахунку просторової видимості

На основі проведених досліджень розроблено алгоритм розрахунку просторової видимості.

Алгоритм її розрахунку та розробки заходів по її підвищенню приведений на рис. 4.1

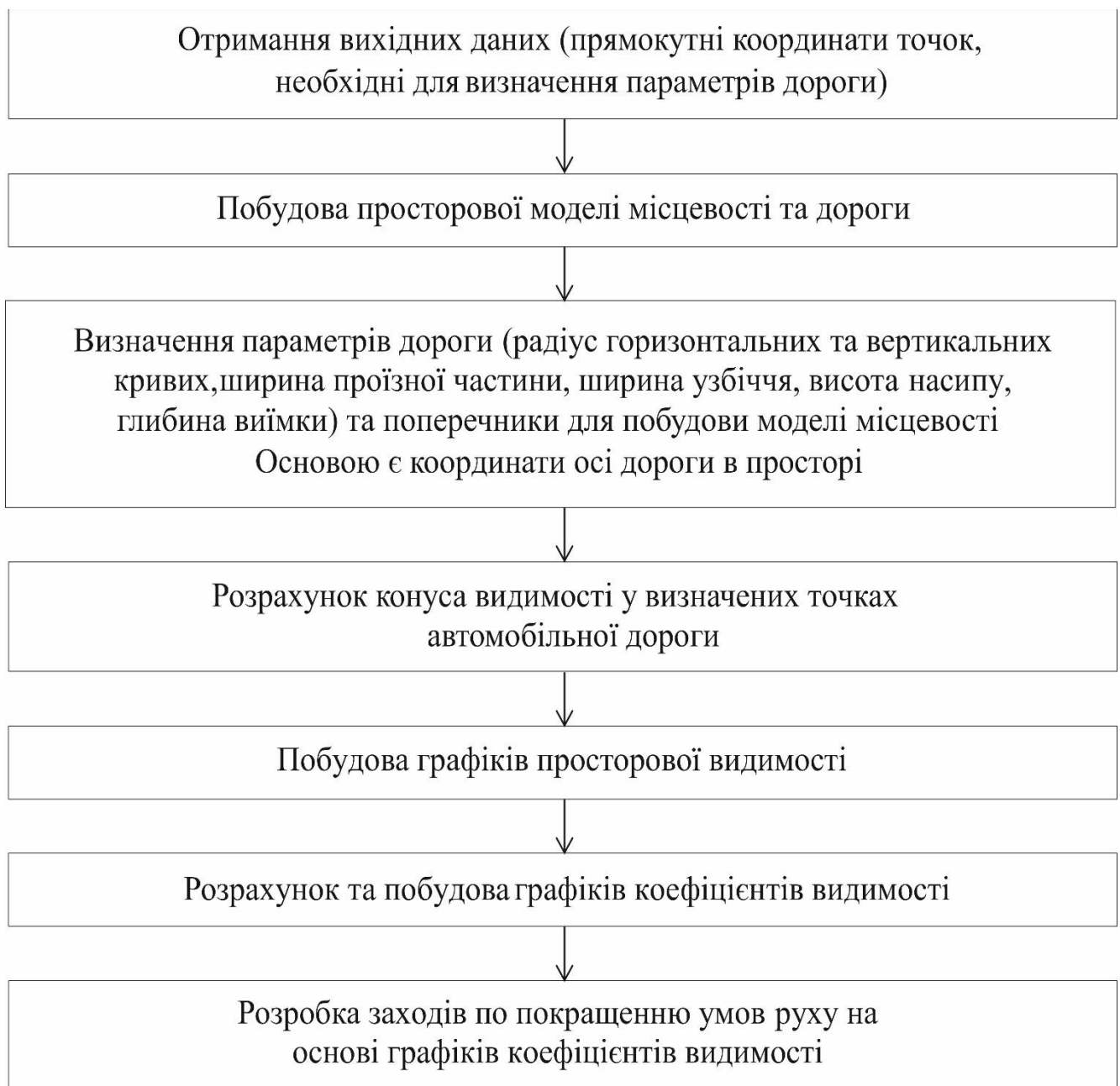


Рисунок 4.1 – Блок-схема розрахунку видимості та розробки заходів по її підвищенню

4.1.1 Вихідні дані

Вихідні дані дають необхідні матеріали для визначення координат елементів плану і профілю автомобільної дороги. Кінцевим результатом є прямокутні координати елементів автомобільної дороги або її ділянки.

Способи отримання координат приведено на рис. 4.2

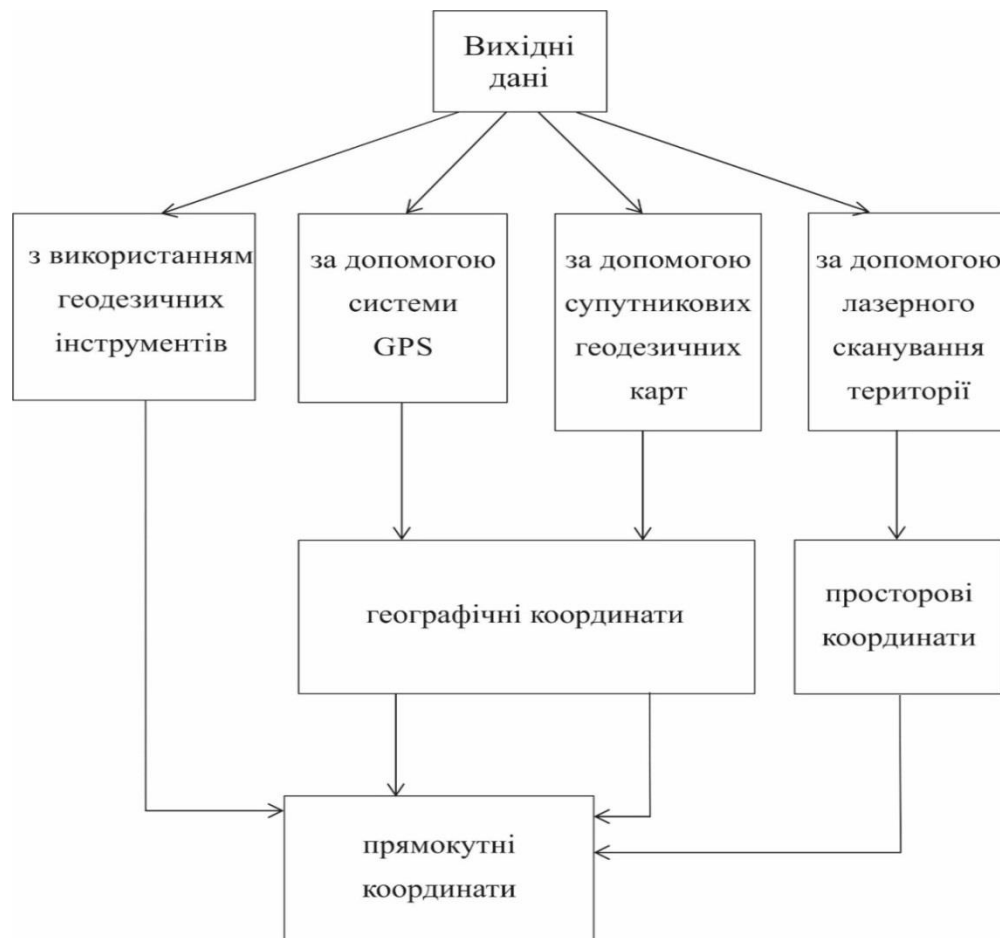


Рисунок 4.2 – Блок-схема отримання прямокутних координат

4.1.2 Методи отримання координат

- Отримання координат з використанням геодезичних приладів.

За допомогою геодезичних приладів [111] визначаються прямокутні координати на основі натурних замірів. Заміряються горизонтальний та вертикальний кут і відстань від попередньої точки або місця стоянки приладу. Таким чином визначаються координати X та Y . Координату Z , отримуємо за

рахунок визначення перевищення між точками. Ці точки прив'язані до геодезичної мережі даної місцевості.

- Отримання географічних координат за допомогою GPS технологій.

Принцип роботи системи глобального позиціонування в загальному вигляді можна описати наступним чином. У навколишньому просторі розгорнута мережа штучних супутників Землі. Радіопередавачі супутників безперервно випромінюють сигнали в напрямку Землі. Ці сигнали приймаються GPS-приймачем [109, 116], який знаходиться в деякій точці земної поверхні, координати якої потрібно визначити.

Для підвищення точності використовується спеціальний режим, він називається диференційним. Він реалізується з допомогою контрольного навігаційного приймача що встановлюється в фіксованій точці, прив'язаній до геодезичної мережі у географічних координатах (довгота, широта та висота над рівнем моря). Базовий приймач порівнює відомі координати, отримані в результаті геодезичної зйомки з виміряними супутником і формує поправки та передає користувачеві. За рахунок цієї станції зменшується величина похибок, а як результат збільшується точність вимірів.

Для забезпечення достатньої точності отриманих результатів було визначено наступні залежності. Інтервал часу (Т) отримання координат осі дороги при використанні супутникових технологій (GPS) в залежить від швидкості руху лабораторії приведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Рекомендації, щодо отримання координат осі дороги

Рекомендована швидкість руху V_p , км/год	40	40	50	60	90	90	90
R, м	50	100	200	400	600	800	1000
T, с	1	1	2	3	4	4	4

При наявності вертикальних кривих та похилів більше 20 % визначаються координати з інтервалом, який залежить від величини похилу та радіусу вертикальної кривої, для похилів менше 20 % він становить 4 с:

Таблиця 4.2 – Інтервал отримання координат в залежності від похилу

Похил, ‰	0	10	20	30	40	50	60
Відстань між точками, м	100	50-100	50-100	50-100	50	50	50
Інтервал часу замірів GPS, с	4	4	2	1	1	1	1

- ***Отримання координат за допомогою супутникових технологій.***

Супутникові карти побудовані на основі GPS даних, а точніше космічної її складової (супутників). Карти є інтерактивними (кожна точка на карті має географічні координати довгота, широта та висота над рівнем моря).

На основі цих карт можна визначити основні елементи автомобільної дороги: довжину осі дороги, кути повороту, ширину проїзної частини, ширину узбіччя, кривизну в кожній точці, як у просторі так і в горизонтальній та вертикальній площині. Супутникові карти google (3gplaneta) використовують геодезичну систему координат WGS-84 [84]. Ця геодезична система являє собою загально земну референтну систему.

- ***Отримання координат на основі лазерного сканування.***

Ця технологія реалізується з допомогою спеціальних приладів – наземних лазерних сканерів, які вимірюють горизонтальні (ϕ) та вертикальні (θ) напрямки розповсюдження лазерного випромінювання і похилі відстані (S) до точок об'єкту. Таким чином визначаються просторові координати точок об'єкта. Опорні точки сканів прив'язуються до місцевої системи координат [100].

Після обробки хмари точок залишають обмежену кількість, яка достатня для характеристики об'єкту (автомобільна дорога, штучні споруди).

4.1.3 Переведення географічних координат у прямокутні

Кінцевим результатом, для подальшої роботи всіх систем, є отримання прямокутних координат.

Отримані географічні координати задані в градусах довготи та широти переводяться у прямокутну систему координат [84, 116], яка являє собою три

попарно перпендикулярні прямі X , Y , Z з точкою O на перетині цих прямих, що є початком координат, а прямі з вибраними напрямками – осями координат. Вісь X називають віссю абсцис, вісь Y – віссю ординат, вісь Z – віссю аплікват. Початок координат розбиває кожну з осей на дві півосі – додатну (яку позначають стрілочкою) і від’ємну. Площини, які проходять відповідно через осі координат X і Y , Y і Z , X і Z називають координатними площинами XY , YZ , XZ . Кожній точці M простору в прямокутній системі координат відповідає впорядкована трійка чисел, а кожній впорядкованій трійці чисел – єдина точка простору. Цю трійку чисел називають координатами точки.

Розглянемо переведення координат на прикладі.

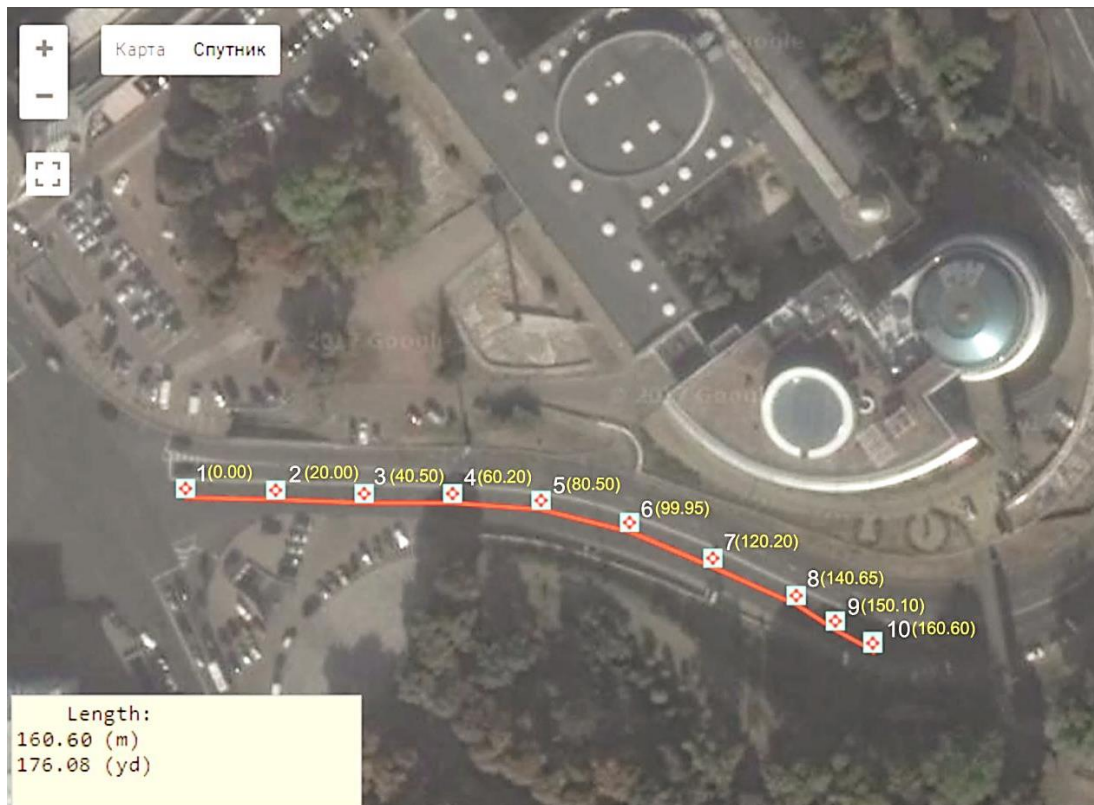


Рисунок 4.3 – Пікетажне положення автомобільної дороги

За допомогою додатку для визначення географічних координат і висоти місцевості над рівнем моря по географічним картам Google визначаються координати:

Таблиця 4.3 – Дані з супутникових геодезичних карт

№№ п/п	Пікетажне положення	Координати		
	ПК +	Широта	Довгота	Висота над рівнем моря (м)
0	0 + 00,00	50.44054451544965	30.55017183534801	200.87
1	0 + 20,00	50.44055818137958	30.550437373040484	200.17
2	0 + 40,50	50.44056330610231	30.550724370405078	199.36
3	0 + 60,20	50.44055305665633	30.551000637933612	198.54
4	0 + 80,50	50.44055134841512	30.551287634298205	197.80
5	0 + 99,95	50.44054622369112	30.551411015911289	197.50
6	1 + 20,20	50.44054109896654	30.55156390182674	197.00
7	1 + 40,65	50.44052230830508	30.5517006944865	196.63
8	1 + 50,10	50.44049155993385	30.551848215982318	196.03
9	1 + 60,60	50.44046593627588	30.55195504342914	195.58

Перехід від геодезичних координат В, L, Н до просторових прямокутних Х, У, Z виконується за допомогою програмного комплексу PHOTOMOD GeoCalculator. Для цього необхідно провести підгонку координат до завантаження в програму. GeoCalculator читає текстові файли (.txt, .csv) в яких колонки розділяються за допомогою ком, а ціла та дробова частина числа розділяються за допомогою крапки. Всього може бути не більше 4 колонок: 1-ша – ім'я точки; 2-га – широта точки; 3-тя – довгота точки; 4-га – висота точки. Потім в одній з

половинок робочого вікна програми, призначених для точок, завантажуюмо точки для перерахунку. Після чого у віконці над точками вибираємо в якій системі координат вони знаходяться, а напроти – в яку систему координат ми бажаємо їх перерахувати.

Переведення географічних координат за допомогою додатку GeoCalculator із системи координат «Широта-довгота WGS-84 – Геодезична (широта – довгота – висота над референт-еліпсоїдом) World Geodetic System 1984» в систему координат «WGS 84 / UTM 2N – 30° в. д. –36° в. д. [84]»

Таблиця 4.4 – Переведені координати за допомогою GeoCalculator

№ п/п	Пікетажне положення	Координати		
		X	Y	H
	ПК +			
0	0 +00,00	326047.552	5590482.252	200.87
1	0 + 20,00	326066.425	5590483.150	200.17
2	0 + 40,50	326086.829	5590483.047	199.36
3	0 + 60,20	326106.397	5590481.261	198.54
4	0 + 80,50	326126.767	5590480.399	197.80
5	0 + 99,95	326135.508	5590479.541	197.50
6	1 + 20,20	326146.344	5590478.613	197.11
7	1 + 40,65	326155.987	5590476.204	196.63
8	1 + 50,10	326166.348	5590472.440	196.03
9	1 + 60,60	326173.871	5590469.341	195.58

4.1.4 Визначення параметрів дороги

На основі отриманих координат визначаються параметри дороги. Будується в плані – вісь автомобільної дороги з фіксацією основних точок осі автомобільної дороги (початок дороги, кінець дороги, прямі ділянки дороги, примикання та перехрещення, горизонтальні криві [47], початок і кінець населеного пункту і т. д.), в профілі – поздовжній профіль та поперечні профілі автомобільної дороги, які вимірюються через певний інтервал в залежності від рельєфу місцевості.

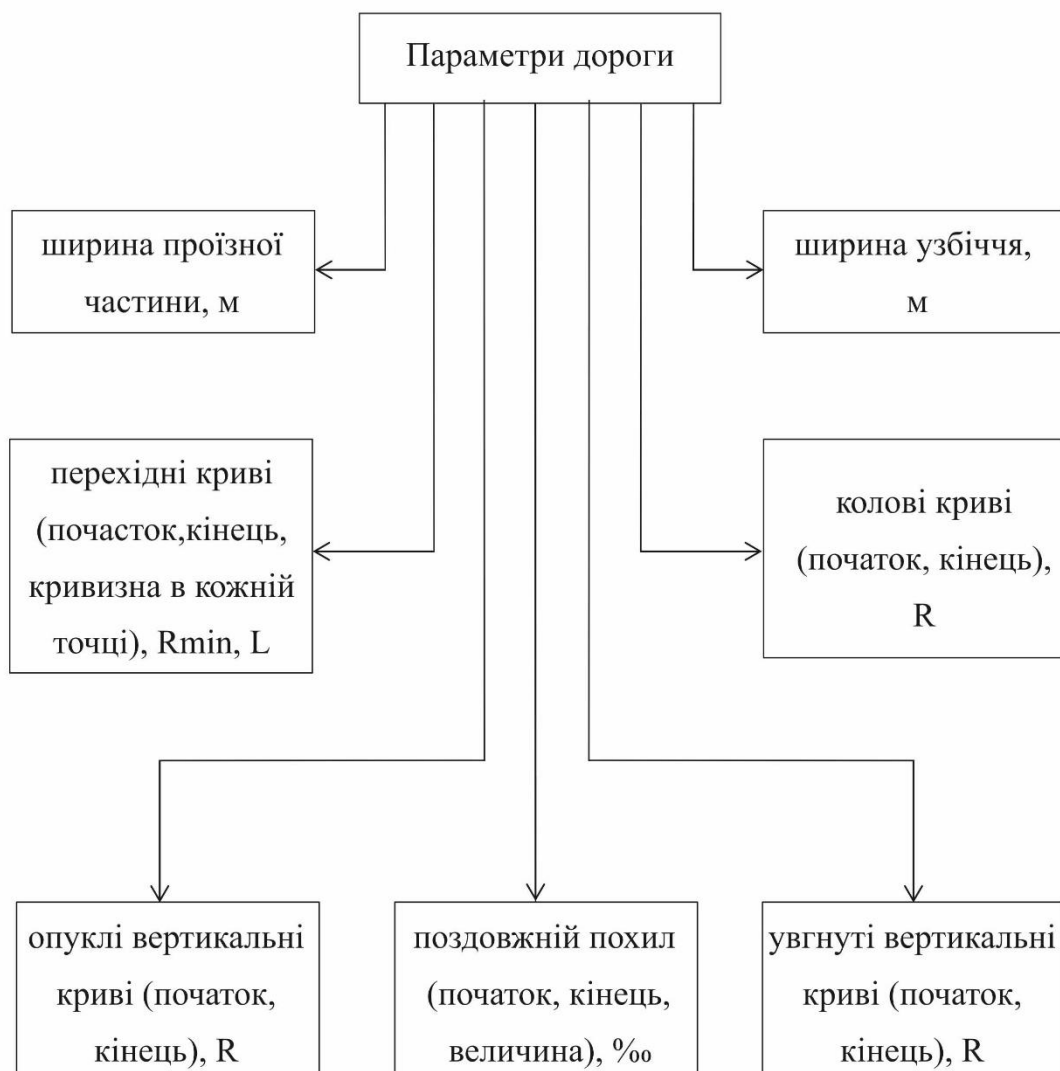


Рисунок 4.4 – Параметри автомобільної дороги

За допомогою розроблених методів визначається радіус кривої на осі дороги в плані та поздовжньому профілі.

Таблиця 4.5 – Інтервал вимірювання поперечних профілів в залежності від радіуса заокруглення

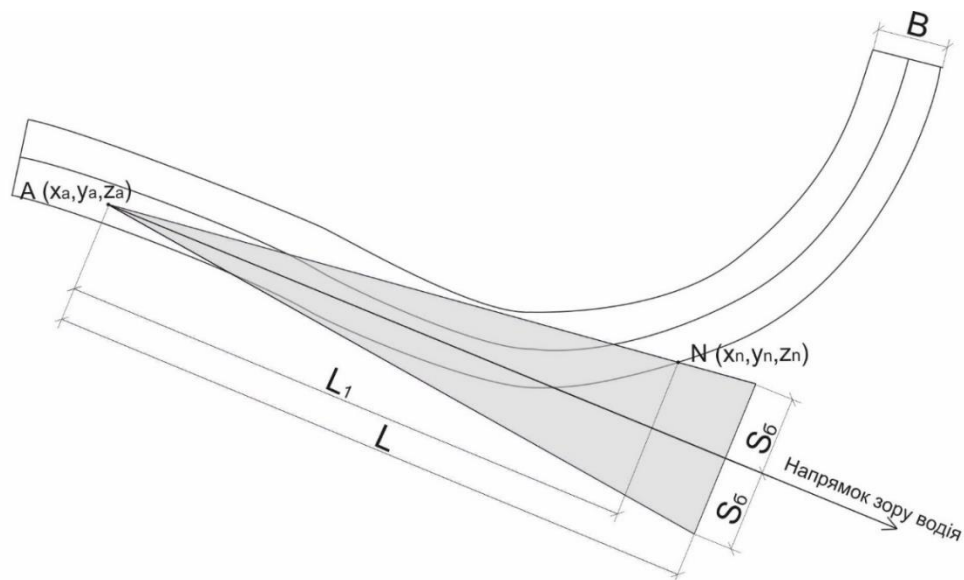
R, м	50	100	200	400	600	800	1000
Відстань, м	10	15	20	30	40	50	100

Величина поперечника, відносно осі дороги, залежить від місцевості:

- Населені пункти – в межах червоної лінії
- Поза населених пунктів – згідно СОУ 42.1-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги» [105].

4.1.5 Розрахунок конуса видимості

Конус видимості встановлюється з певним кроком. Він залежить від траєкторії дороги (кількість кутів повороту та значення радіусів на заокругленнях дороги) та рельєфу місцевості.



L – відстань видимості, залежно від швидкості руху, погодних умов та часу доби;

L_1 – відстань видимості зустрічного автомобіля в межах конуса;

S_6 – бокова видимість;

B – ширина дороги

Рисунок 4.5 – Конус видимості на горизонтальній кривій

Для рівнинної місцевості ця відстань може досягати значень в 100 м. В ускладнених умовах та гірській місцевості при малих радіусах повороту, залежно від радіуса відстань встановлення конуса має значення від 10 до 100 м.

4.1.6 Побудова графіків просторової видимості

Визначивши крок переміщення конуса можна побудувати графік видимості. Для цього встановлюємо конус видимості на заданих точках та отримуємо значення видимості в цих точках.

За цими даними будується графік видимості, який характеризує зміну видимості на досліджуваній ділянці дороги.

По осі абсцис відкладається відстань по дорозі, по осі ординат – відстані видимості у відповідних точках на дорозі. Синя лінія графіка характеризує видимість в будь-якій точці на дорозі. Графік дає можливість візуально оцінити зміну видимості на досліджуваній ділянці для більш швидкого та зручного аналізу ситуації на ділянці автомобільної дороги.

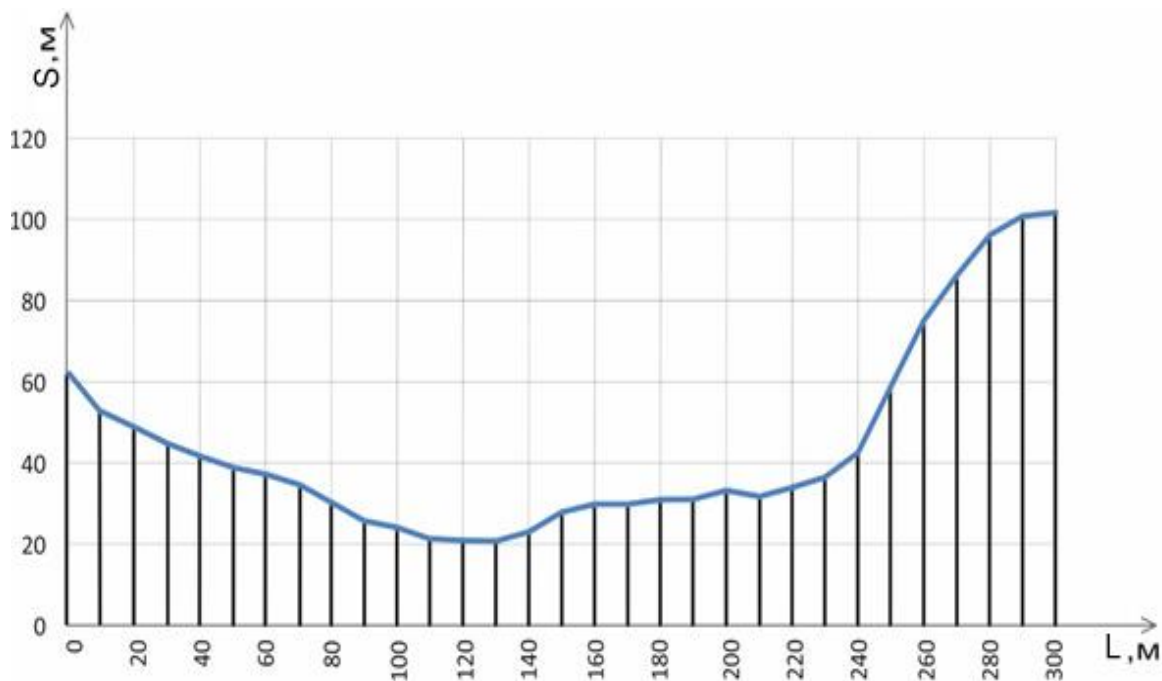


Рисунок 4.6 – Графік видимості

4.1.7 Побудова графіків коефіцієнтів просторової видимості

Визначивши співвідношення між реальною та допустимою видимістю будується графік коефіцієнтів видимості в горизонтальній та вертикальній площині.

Коефіцієнт просторової видимості представляє собою безрозмірну величину, яка характеризує величину дальності видимості і визначається відношенням реальної видимості до допустимої.

$$K_v = \frac{L}{L_{\text{доп}}}, \quad (4.1)$$

де L – значення фактичної видимості в будь-якій точці на ділянці дороги, м;

$L_{\text{доп}}$ – допустима видимість на ділянці дороги залежно від швидкості руху, м.

Якщо значення коефіцієнта становить більше або дорівнює 1,0 то видимість вважається забезпеченою.

Червона лінія на графіку (рисунок 4.7) характеризує межу задовільної видимості. Ділянки автомобільної дороги, де сходинки діаграми нижче за червону лінію мають не задовільну видимість.

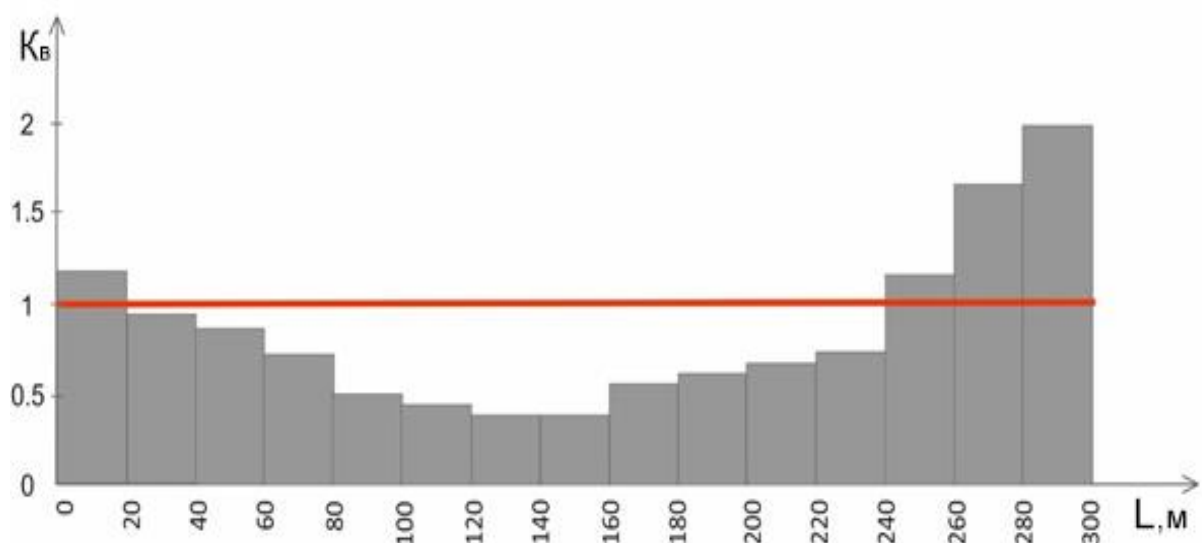


Рисунок 4.7 – Графік коефіцієнтів видимості

4.1.8 Розробка заходів по покращенню умов руху на основі графіків коефіцієнтів просторової видимості

Графік коефіцієнтів видимості показує, на яких ділянках дороги видимість є незабезпеченою. Також можна побачити наскільки фактична видимість відрізняється від допустимої.

Аналізуючи отримані графіки виявляються ділянки з незадовільним значенням просторової видимості та визначаються причини погіршення видимості.

Після цього на основі графіків коефіцієнтів видимості розробляються заходи для покращення видимості та умов руху:

1. Обмеження швидкості руху в залежності від значень коефіцієнтів просторової видимості

Таблиця 4.6 – Обмеження швидкості руху в залежності від коефіцієнтів просторової видимості

Коефіцієнт видимості	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Обмеження швидкості руху, км/год	20	27	34	42	50	58	66	74	82	90

2. Якщо видимість погіршується за рахунок великого значення поздовжнього похилу, необхідно його зменшити і привести до допустимого для даної категорії дороги згідно з нормативами.

3. Очищення придорожньої смуги: зрізка дерев, кущів, насипів, які обмежують видимість.

4. Спрямлення траси автомобільної дороги. Прокладання ділянки автомобільної дороги по новій траєкторії. Збільшення радіусів заокруглення за рахунок зменшення кількості поворотів.

Також на видимість в значній мірі впливають погодні умови. За цих умов видимість може коливатися від 16 м (снігопад) до 10 км (легка димка).

4.2 Приклад розрахунку просторової видимості

Розглянемо методику розрахунку просторової видимості на ділянці дороги по вул. Алея Героїв Крут. Ця ділянка характеризується великими значеннями поздовжніх похилів в профілі та малими радіусами поворотів в плані.

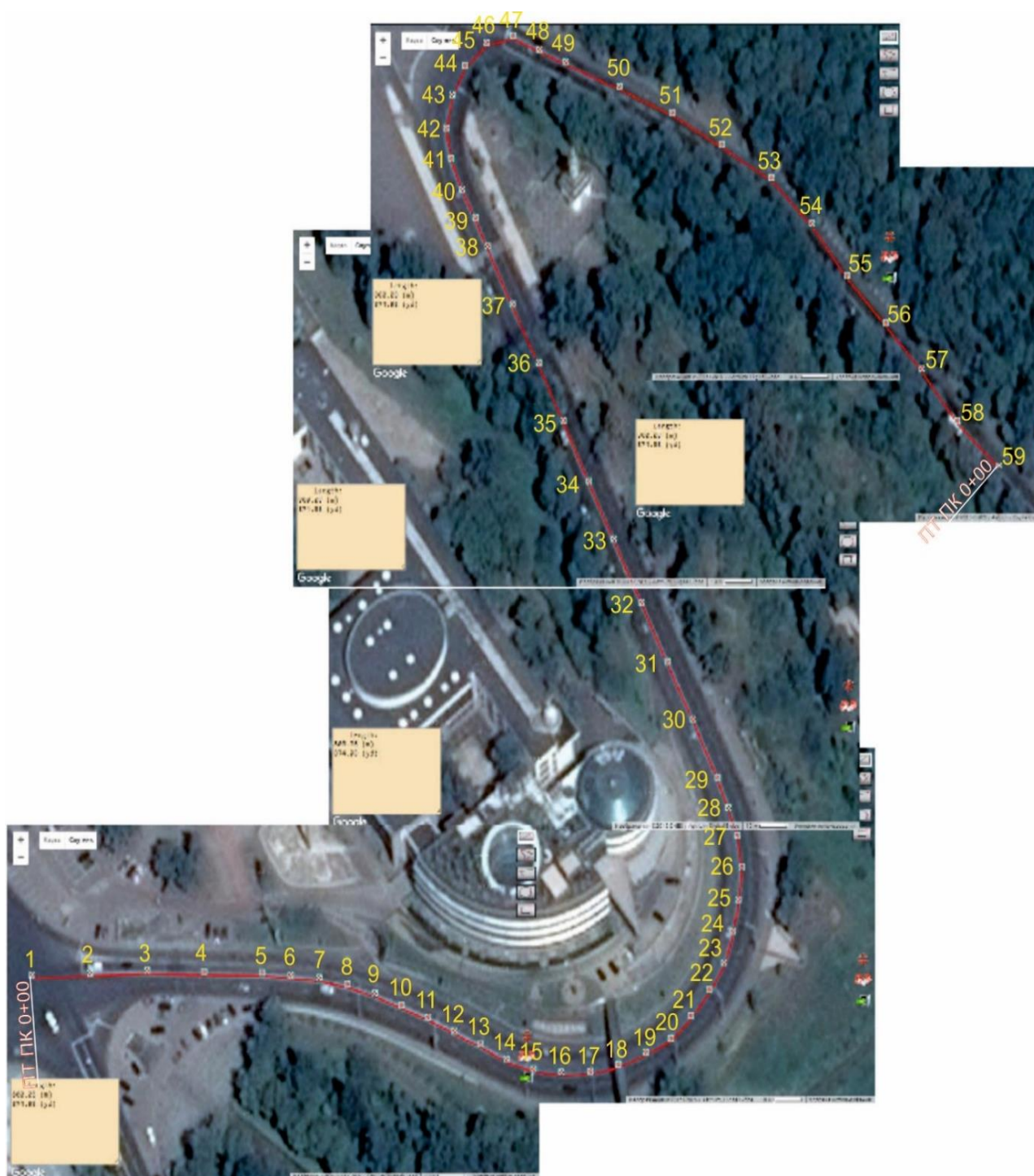


Рисунок 4.8 – Знімок з супутникової карти ділянки дороги по вул. Алея Героїв Крут

1. Одним із вищенаведених способів визначення координат (геодезичні прилади, глобальні навігаційні супутникові системи, супутникові карти та лазерне сканування місцевості) отримуємо вихідні дані – тривимірні координати точок (X , Y , Z). В даному випадку для отримання координат використовуємо супутникові геодезичні карти. Для цього за допомогою сервісу 3planeta googlemaps визначалися координати точок через певний інтервал, на прямолінійних ділянках він становить 20 м, на ділянках горизонтальних або вертикальних кривих через кожні 10 м. Схема розміщення точок наведена на рис. 4.8. Сервіс 3planeta googlemaps дозволяє отримати тримірні координати будь-якої точки на земній поверхні в географічній системі координат.

Для контролю визначення даних (просторових координат) були проведені вимірювання дороги за допомогою пересувної лабораторії з GPS приймачем на борту. В результаті порівняння обох способів отримання координат, було доведено, що вони обидва дають достовірні значення і можуть використовуватися для збору даних. Результати порівняння вищенаведених способів отримання координат (супутникові карти та отримання координат з використанням GPS-приймачів) наведені в додатку Б.

Ці дані в подальшому будуть використовуватися для побудови просторової моделі місцевості та дороги та визначення параметрів автомобільної дороги, таких як радіуси поворотів в плані та радіуси опуклих і увігнутих кривих в поздовжньому профілі, значення поздовжнього похилу, ширина проїзної частини та узбіччя.

Для розрахунку необхідно отримати координати осі дороги, краю проїзної частини та узбіччя. Через кожні 100 м необхідно отримати дані по поперечному перерізу дороги, для цього необхідно отримати координати точок, розміщених в ліво і право перпендикулярно осі дороги. На основі цих координат будуються поперечні профілі дороги.

Всі ці точки отримуються в географічній системі координат, тобто градусах довготи та широти. В табл. 4.7 наведені дані, координати точок на ділянці дороги, які описують вісь дороги та край проїзної частини.

Таблиця 4.7 – Дані з супутникових геодезичних карт

№ № п/п	Пікетажне положення	Координати		
	ПК +	Широта	Довгота	Висота над рівнем моря (м)
01	0 + 00,00	50.44062309449294	30.550147695466876	201.46
01	0 + 00,00	50.44054451544965	30.55017183534801	200.87
01	0 + 00,00	50.440464228031544	30.550244254991412	200.46
02	0 + 20,00	50.440629927447084	30.550437374040484	200.38
02	0 + 20,00	50.440558181379586	30.550437374040484	200.17
02	0 + 20,00	50.44048472695976	30.550488336011767	199.79
03	0 + 40,50	50.44062138625427	30.550729734823108	199.5
03	0 + 40,50	50.44056330610231	30.550724370405078	199.36
03	0 + 40,50	50.44050693412195	30.550721688196063	199.21
04	0 + 60,20	50.44061626153783	30.551003320142627	198.72
04	0 + 60,20	50.44055305665633	30.551000637933612	198.54
04	0 + 60,20	50.440498392906974	30.550989909097552	198.44
05	0 + 80,50	50.44061284505991	30.551287634298205	197.88
05	0 + 80,50	50.44055134841512	30.551287634298205	197.8
05	0 + 80,50	50.44050010115009	30.551271541044116	197.78

За допомогою програмного комплексу GeoCalculator переводимо координати з геодезичної до прямокутної системи координат.

Таблиця 4.8 – Переведені координати за допомогою GeoCalculator

№ п/п	Пікетажне положення	Координати		
		X	Y	H
01	0 + 00,00	326046.097	5590491.045	201.140
01	0 + 00,00	326047.522	5590482.252	200.870
01	0 + 00,00	326052.370	5590473.157	200.460
02	0 + 20,00	326066.688	5590491.126	200.380
02	0 + 20,00	326066.425	5590483.150	200.170
02	0 + 20,00	326069.774	5590474.864	199.790
03	0 + 40,50	326087.414	5590489.492	199.500
03	0 + 40,50	326086.820	5590483.047	199.360
03	0 + 40,50	326086.423	5590476.786	199.210
04	0 + 60,20	326106.819	5590488.282,	198.720
04	0 + 60,20	326106.397	5590481.261	198.540
04	0 + 60,20	326105.435	5590475.209	198.440
05	0 + 80,50	326126.992	5590487.236	197.880
05	0 + 80,50	326126.767	5590480.399	197.800
05	0 + 80,50	326125.436	5590474.740	197.780

2. На основі отриманих прямокутних координат визначаємо параметри автомобільної дороги

Ширина проїзної частини та узбіччя визначається з поперечників. З рис. 4.10 ширина проїзної частини – це відстань між точками 4 та 6. Ширина узбіччя - відстань між точками 3–4, та 6–7. Також на поперечниках можна заміряти розміри укосів, їх довжину та похил. Точки поперечників визначаються одним із вищенаведених способів отримання координат.

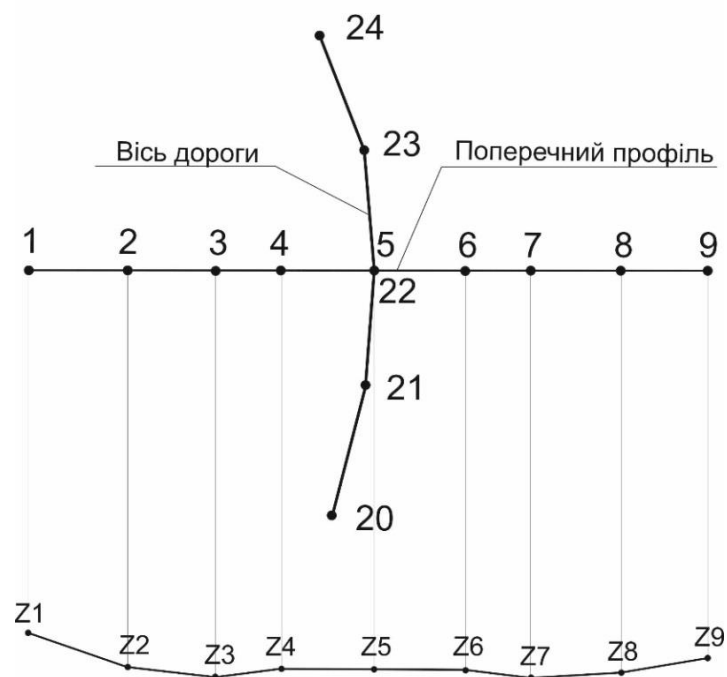
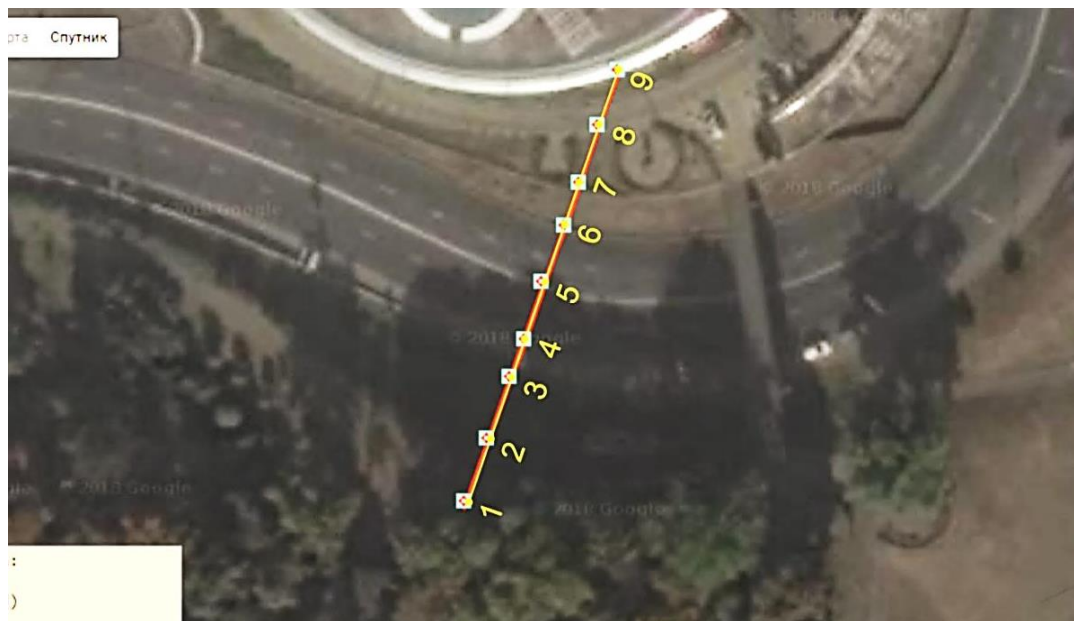
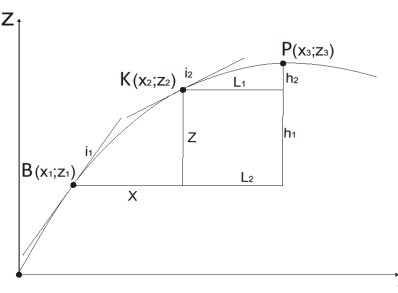
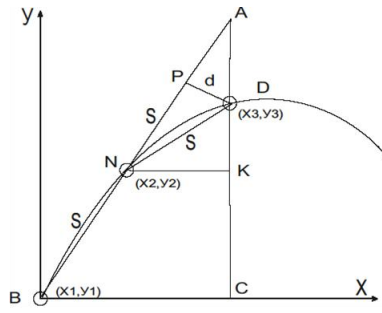


Рисунок 4.9 – Побудова поперечників

Таблиця 4.9 – Розрахунок радіусів

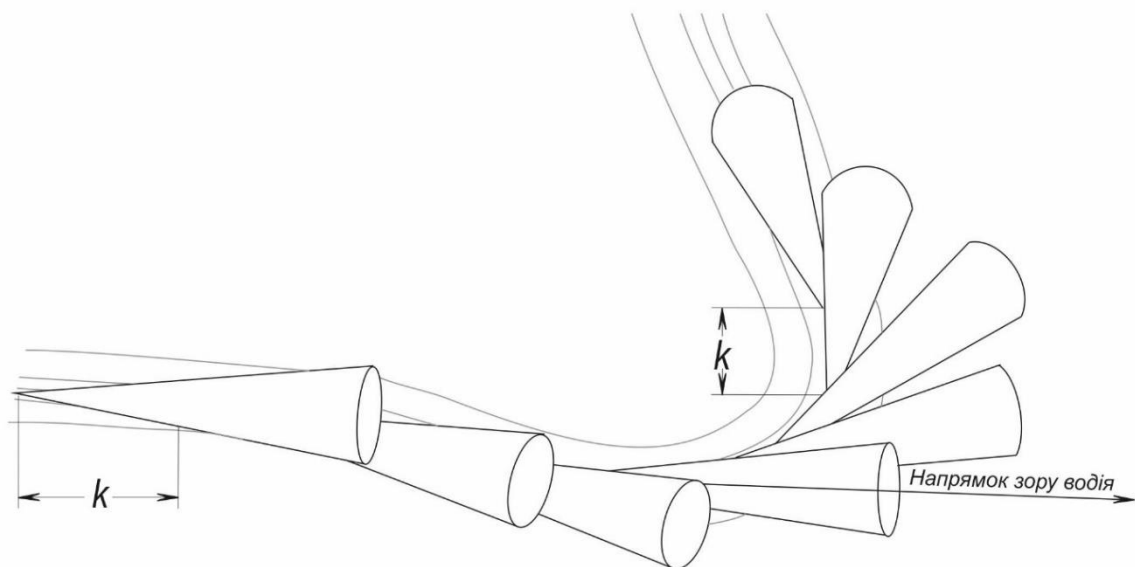
	Відмітки		Розрахункова схема	Розрахунок	Радіус	
	X	Z				
	326047	5590482		$i = \frac{y}{X}$	1289	
	326066	5590483			$R = \frac{X^2}{2i_1 X - 2Y}$	1000
	326086	5590483				1076
	326107	5590481				1289
	326126	5590480				
	326066	5590483			600	
	326086	5590483				650
	326107	5590481				720
	326126	5590480				180
	326135	5590479				120
	326146	5590478				69
	326155	5590476				67
	326166	5590472				66
	326173	5590469				64
	326183	5590465				62
	326193	5590460				61
	326202	5590456			$R = \frac{S^2}{d}$	62
	326209	5590452				62
	326219	5590448				63
	326230	5590446				64
	326239	5590445				68
	326249	5590447				84
	326261	5590451				98
	326269	5590456				123
	326276	5590462				195
	326282	5590470				

3. На наступному етапі встановлюємо основні характеристики конуса видимості: розміри, направленість, крок зміщення.

Визначаємо довжину конуса. Довжина конуса залежить від швидкості руху автомобіля і відповідає найменшій допустимій видимості для даної категорії дороги згідно з ДБН В 2.3–4:2015. «Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.» [43] та ДБН В. 2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів [44].

Конус встановлюється по напрямку зору водія і відповідає дотичній в точці до лінії, що описує напрямок дороги. Висота встановлення конуса відповідає положенню водія за кермом, для легкового автомобіля має значення 1,2 м. Крок зміщення конуса залежить від характеру місцевості та дороги [11, 86]. Якщо місцевість пересічена і дорога має багато кутів повороту, крок слід робити меншим (10 м), при рівнинній місцевості крок встановлення може бути дещо більшим і становити 20–30 м.

Встановлюємо конус на початку дороги і визначаємо реальну відстань видимості в даній точці. Потім переміщуємо його зміщуючи на крок переміщення конуса і визначаємо значення видимості в кожній конкретній точці.



k – крок зміщення конуса видимості, м

Рисунок 4.10 – 3D вид розміщення конусів видимості

4. На основі отриманих значень будемо графіки видимості. По осі абсцис відкладаємо відстані по довжині дороги, по осі ординат значення фактичної видимості в кожній досліджуваній точці. Утворена лінія показує зміну видимості на досліджуваній ділянці.

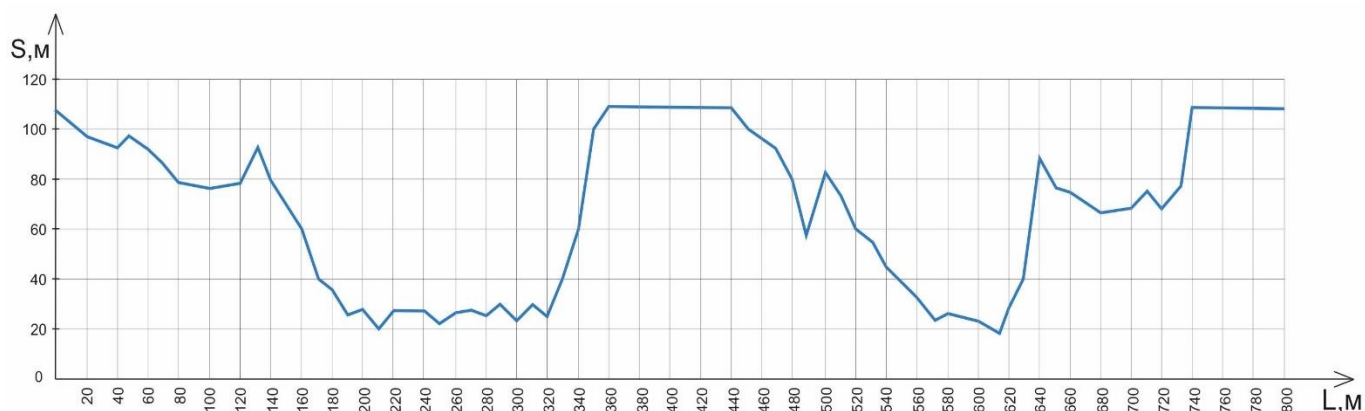


Рисунок 4.11 – Графік видимості в прямому напрямку в плані

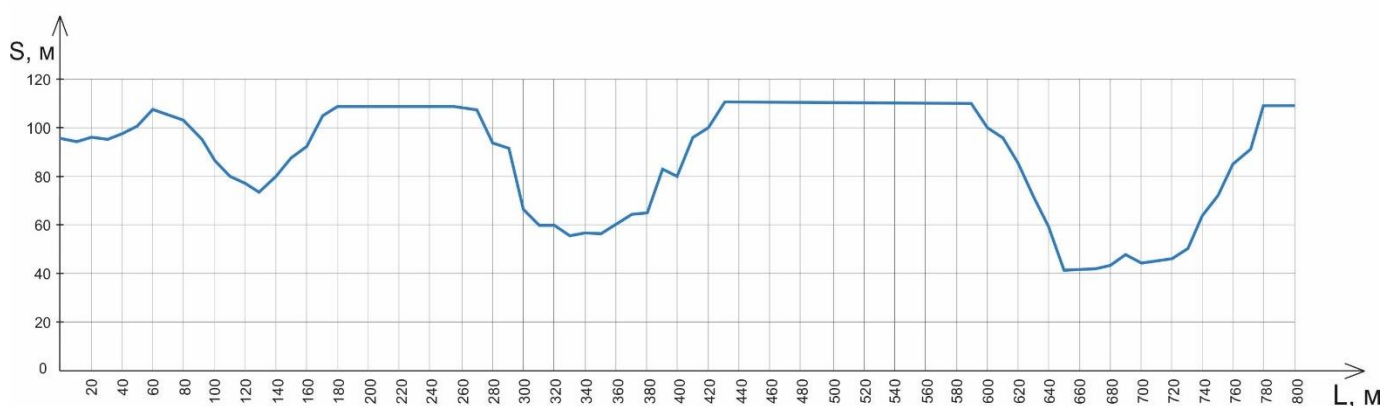


Рисунок 4.12 – Графік видимості в зворотному напрямку в плані

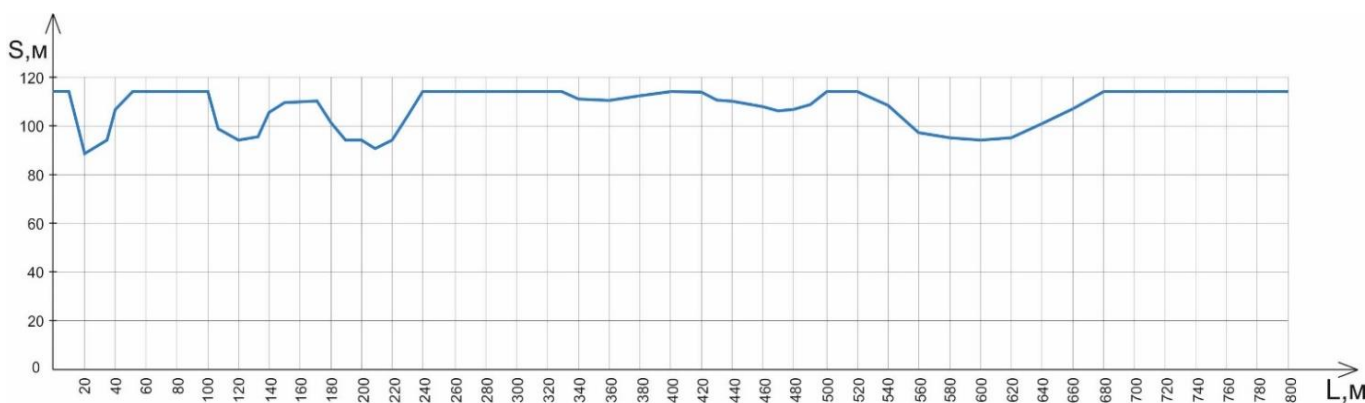


Рисунок 4.13 – Графік видимості в прямому напрямку в профілі

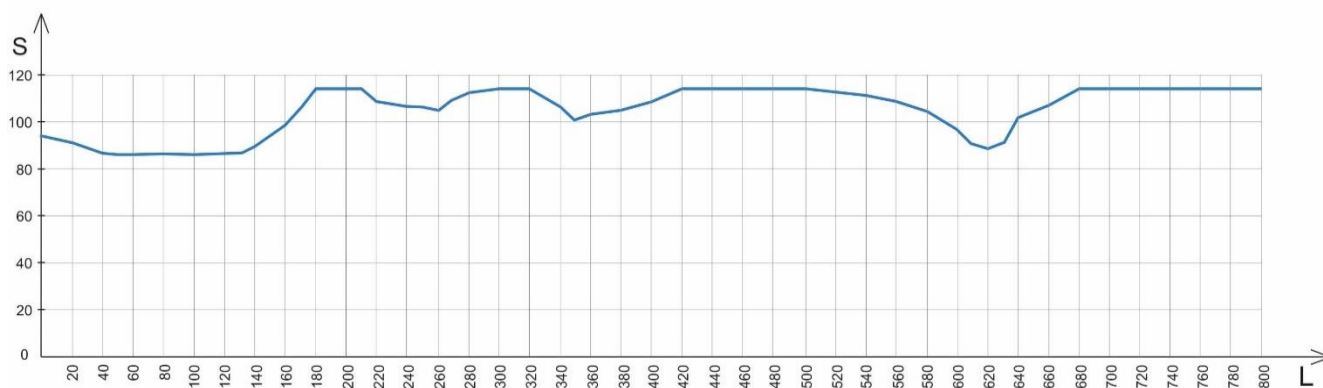


Рисунок 4.14 – Графік видимості в зворотному напрямку в профілі

Визначивши співвідношення між фактичною та нормативною видимістю будуються графіки коефіцієнтів видимості в горизонтальній та вертикальній площині. Для цього визначається коефіцієнт просторової видимості для кожної досліджуваної точки і наносяться значення по всій довжині досліджуваної ділянки.

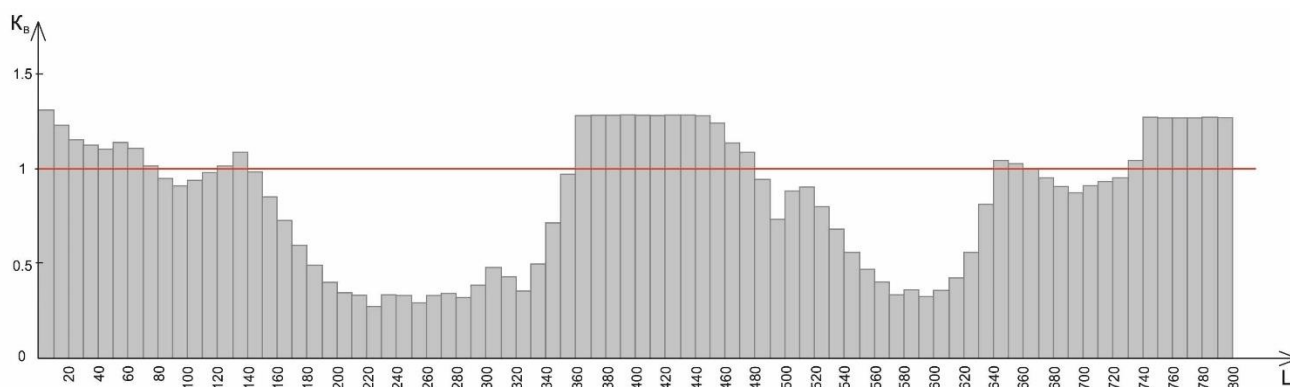


Рисунок 4.15 – Графік коефіцієнтів видимості в плані

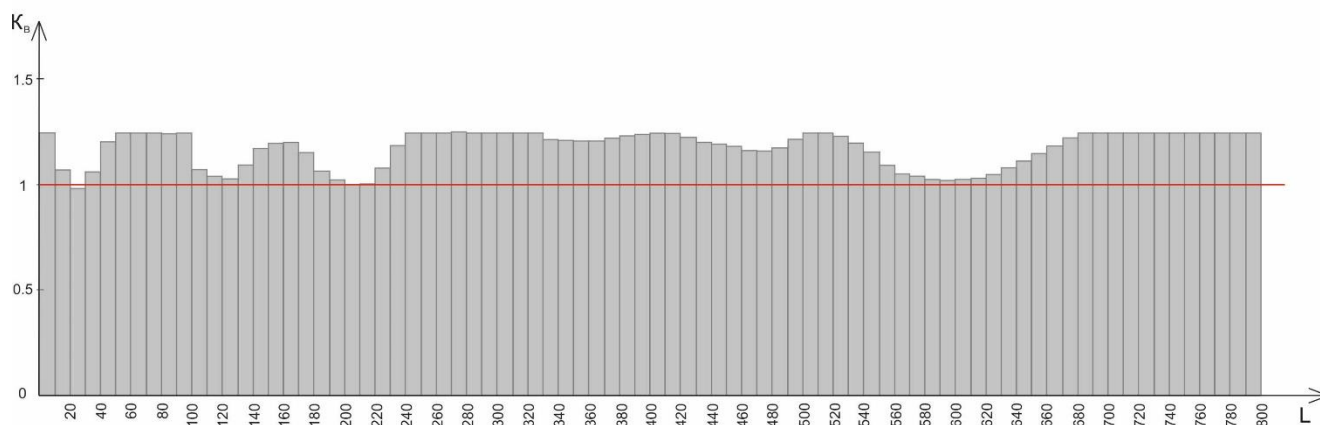


Рисунок 4.16 – Графік коефіцієнтів видимості в поздовжньому профілі

Якщо значення коефіцієнта видимості становить більше, або дорівнює 1.0, то видимість вважається забезпеченою.

З графіка коефіцієнтів видимості видно, що ділянки з ПК 1+40 до ПК 3+50 та з ПК 4+70 до ПК 6+40 є ділянками з обмеженою просторовою видимістю. Встановлено що просторова видимість на першій ділянці складає 30 %, на другій ділянці 34 % від нормативної, що обумовлено наявністю підпорної стіни та зелених насаджень.

Покращити видимість на ділянці дороги Алея Героїв Крут можна одним із наступних способів:

1. Найменш кардинальним та найбільш бюджетним буде спосіб обмеження швидкості руху на цих ділянках до 30 км/год. Це виконується за рахунок встановлення дорожніх знаків обмеження швидкості до відповідних значень.
2. Більш кардинальним буде варіант збільшення радіуса за рахунок зміни положення дороги.



Рисунок 4.17 – Варіант покращення видимості

3. Ще одним варіантом покращення видимості є зміна положення дороги і прокладання її наступним чином. Замість дороги з трьома поворотами прокласти дорогу з одним поворотом.



Рисунок 4.18 – Варіант покращення видимості

4.3 Висновки до четвертого розділу

1. Розроблено методику визначення просторової видимості на основі конуса видимості. Просторова (горизонтальна та вертикальна) видимість є однією з основних характеристик оцінки безпеки руху на автомобільних дорогах. Визначення просторової видимості дає можливість встановити напрямок зору водія та відстань видимості в залежності від геометричних параметрів (ширина проїзної частини, радіус горизонтальної кривої, параметри перехідної кривої, поздовжніх похилів та радіусів опуклих та увігнутих вертикальних кривих).

2. За результатами числових розрахунків та побудованих графіків просторової видимості визначено, що на ділянках з ПК 1+40 до ПК 3+50 та з ПК 4+70 до ПК 6+40 просторова видимість є не забезпеченою, що пояснюється наявністю горизонтальних кривих малих радіусів та зелених насаджень.

3. Запропоновані заходи з покращення просторової видимості та підвищення безпеки руху.

4. Результати досліджень четвертого розділу викладено у наступних публікаціях [11, 86-88, 91].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті дисертаційної роботи здійснено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-практичної задачі, що полягає в удосконаленні методу розрахунку просторової видимості та підвищення безпеки дорожнього руху.

Основними результатами дисертаційної роботи є:

1. Проведено детальний аналіз теоретичних та експериментальних досліджень відомих фахівців дорожньої галузі. Проведений аналіз існуючих методів визначення просторової видимості та параметрів на ділянках автомобільних доріг та виявлено їх недоліки. В сучасних умовах видимість визначається лише в одній площині: або плані, або профілі. Такі методи аналізу не можуть забезпечити достовірних результатів на складних ділянках, де має місце одночасне поєднання горизонтальних та вертикальних елементів. Для визначення геометричних елементів (радіусів заокруглення) на ділянках автомобільних доріг використовуються методи, які не враховують поступову зміну радіуса на перехідних кривих. Ці методи можна використовувати лише для визначення радіуса заокруглення на колових кривих.

2. Удосконалено методи розрахунку параметрів автомобільної дороги на основі геодезичних координат з використанням супутникових технологій та технологій лазерного сканування місцевості. Запропоновано удосконалений метод визначення радіусів горизонтальних кривих, як колових, так і змінного радіуса за допомогою геодезичних координат. Для визначення радіусів та похилів в поздовжньому профілі запропоновано метод «перевищень».

Удосконалені методи визначення радіусів заокруглення на автомобільних дорогах дозволили врахувати поступову зміну радіуса на перехідних кривих.

3. Удосконалено метод визначення просторової видимості з обґрунтуванням напрямку конуса зору водія та видимості. Метод «конусів» ґрунтується на розподіленні концентрованого зору водія. Просторовий вектор в будь-якій точці дороги буде вказувати на напрямок зору водія, а стінки конуса обмежують ділянку концентрованого зору водія. Згідно з дослідженнями розподілення зору водія обома очима прийнято в основі конуса еліпс.

Удосконалений метод дозволяє визначити видимість в будь-якій точці на основі просторових координат без додаткових інструментальних замірів, що в свою чергу дозволяє проводити всі розрахунки в камеральних умовах на основі одноразової зйомки координат на місцевості, що зменшує загальну вартість робіт на 30-40%.

4. Розроблено практичні рекомендації розрахунку просторової видимості на основі графіків коефіцієнтів просторової видимості. Проведені дослідження дозволили удосконалити урахування впливу радіусів горизонтальних, вертикальних кривих та поздовжніх похилів на дальність просторової видимості. На основі дослідження дороги виявлені ділянки з обмеженою просторовою видимістю з ПК 1+40 до ПК 3+50 та ПК 4+70 до ПК 6+40. Ці ділянки характеризуються малими радіусами горизонтальних кривих. Детальний аналіз цих ділянок з побудовою графіків коефіцієнтів просторової видимості в прямому та зворотному напрямках дозволив прийняти оптимальне рішення по покращенню просторової видимості. Встановлено що просторова видимість на першій ділянці складає 30 %, на другій ділянці 34 % від нормативної, що обумовлено наявністю підпорної стіни та зелених насаджень.

Розроблені рекомендації дають можливість планувати заходи для підвищення видимості в плані та профілі, бічної та трикутника видимості на перехрещеннях та примиканнях.

Вперше введено поняття «коефіцієнт просторової видимості», який дає змогу швидко і точно визначити проблемні ділянки автомобільної дороги, де видимість є незабезпеченою. Якщо коефіцієнт має значення менше 1.0, видимість є незабезпеченою, і на даній ділянці необхідно прийняти заходи з покращення видимості. Це дало змогу зменшити собівартість робіт на 25%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреев О. В. Справочник инженера-дорожника. Изыскание автомобильных дорог. Москва: Транспорт, 1977. 559 с.
2. Антонов Н. М., Боровиков Н. Н., Фриц Ю. Н. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах (описание и таблицы) Москва: Транспорт, 1968. 200 с.
3. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. Москва: Транспорт, 1982. 288 с.
4. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов. Москва: Транспорт, 1993. 271 с.
5. Бабков В. Ф. Проблемы безопасности дорожного движения. *Проектирование автомобильных дорог и безопасность движения* : сб. науч. трудов. Москва. 1990. С. 4-11.
6. Бабков В. Ф., Андреев О. В. Проектирование автомобильных дорог. 2-е изд., перераб. и доп. М: Транспорт, 1987. 368 с.
7. Бегма И. В., Гаврилов Э. Р., Калужский Я. А. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог. Москва: Транспорт, 1976. 86 с.
8. Белятинский А. А., Таранов А. М. Определение видимости при проектировании автомобильных дорог. Київ: Будівельник, 1983. 96 с.
9. Белятинский А. А., Ковальчук С. В., Таранов А. М. О совмещении вертикальных выпуклых и горизонтальных кривых при строительстве дорог. *Строительство и архитектура*. 1986. Вип. 7. С. 96-101.
10. Бець С. О. Розробка методів визначення параметрів кривих змінного радіуса при паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2018. Вип. 104. С. 24-30.
11. Бець С. О. Analysis of spatial visibility on the roads on the basis of visibility coefficients. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : наук.-техн. збірник. 2019. Вип. 105. С. 28-34.

12. Білокриницький С. М. Геодезія. Чернівці: ЧНУ, 2011. 576 с.
13. Білятинський О. А., Кузьмін В. І. Інженерно-геодезичні роботи при будівництві автомобільних доріг: навч. посібник. Київ : НТУ, 2001. 192 с.
14. Білятинський О. А., Старовойда В. П., Хом'як Я. В. Проектування автомобільних доріг: у 2 ч. Київ: Вища школа, 1997. Ч. 1. 518 с.
15. Білятинський О. А., Старовойда В. П., Хом'як Я. В. Проектування автомобільних доріг: у 2 ч. Київ: Вища школа, 1998. Ч. 2. 416 с.
16. Бируля А. К. Проектирование автомобильных дорог. Москва: Дориздат, 1948. 390 с.
17. Бируля А. К. Эксплуатация автомобильных дорог. Москва: Транспорт, 1966. 324 с.
18. Близниченко С. С. Проектирование вертикальных кривых переменного радиуса. *Автомобильные дороги*. 1990. №1. С. 16-17.
19. Бойків М. В. Безпечні режими руху транспортних засобів у темну пору доби з урахуванням функціонального стану водія: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Львів, 2015. 175 с.
20. Бойчук В. С. Довідник дорожника. Київ: Урожай, 2002. 557 с.
21. Бойчук В. С. Довідник дорожника. Вишукування та проектування автомобільних доріг. Київ: Будівельник, 1995. 312 с.
22. Васильев А. П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. Москва: Транспорт, 1976. 224 с.
23. Васильев А. П. Теоретические проблемы и практические задачи обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах. *Организация и безопасность движения*. 1973. Вип. 5. С. 3-16.
24. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог. Москва: Академия, 2011. 314 с.
25. Величко Г. В. Безопасность на дорогах: совершенствование методов проектирования. Санкт-Петербург: Красная Линия, 2009. №37/7. URL: <http://www.line-red.spb.ru>

26. Величко Г. В., Поспелов П. И., Лобанов Е. А., Филпов В. В. Развитие нормативной базы проектирования автомобильных дорог с применением в плане и продольном профиле геометрических элементов с нелинейным изменением кривизны. *Проектирование автомобильных дорог* : сб. трудов МАДИ. 2002. С. 10-16.
27. Величко Г. В., Филиппов В. В. Сравнительные свойства переходных кривых. *Автоматизированные технологии изысканий и проектирования*. 2007. Вып. 3 (26). С. 76-80.
28. Верещак А. П., Кот П. А., Козлов В. А., Махонин Е. И., Волох К. Ф. Система космического навигационно-временного обеспечения Украины: состояние и перспективы. *Космічна наука і технологія*. 2001. Вып. 4. С. 12-16.
29. Вирожемський В. К., Беленчук О. В. Безпека пішоходів на дорогах. *Автошляховик України*. 2017. Вып. 4. С. 32-34.
30. Вирожемський В. К., Бондар Н. А. Зниження кількості ДТП шляхом детального аналізу причин виникнення аварійності на дорогах загального користування. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2006. Вып. 34-35. С. 114-117.
31. Вознюк А.Б. Использование геопространственных данных для аудита безопасности дорожного движения. *Автомобильные дороги и мосты*. 2019. № 1 (23). С. 63-71.
32. Вознюк А., Гуков Н. Выявление участков дорог с ограниченной видимостью с использованием трехмерных моделей автомобильных дорог и окружающей местности. Наука – будущее Литвы. *Инженерия транспорта и организация перевозок* : материалы научно-технической конференции молодых ученых. Вильнюс: Leidykla Technika. 2013. С. 81-84.
33. Гайдукевич В. А., Піліпака Л. М. Практичне застосування методики імітаційного проектування траси. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2009. Вып. 76. С. 9-13.
34. Гайдукевич В. А., Потійчук О. Б. Основи транспортної психології. Рівне: НУВГП, 2012. 207 с.

35. Гамеляк І. П., Решетнік Г. О., Шевчук В. Р., Якименко Я. М. Про сезонне обмеження руху на автомобільних дорогах. *Автошляховик України*. 2007. Вип. 2. С. 28-32.
36. Ганьшин В. Н., Хренов Л. С. Таблицы для разбивки кривых. 4-е изд., испр. и доп. К: Будівельник, 1974. 432 с.
37. Генике А. А., Побединский Г. Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. 2-е изд. перераб. и доп. М: Картгеоцентр, 2004. 346 с.
38. Горб А. И., Нежальский Р. В., Федороенко Р. Н. Анализ программного обеспечения постобработки GPS-измерений в сети перманентных станций. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2005. Вип. 3 (19). С. 70-76.
39. Гофманн-Велленгоф Б., Ліхтенгер Г., Коллінз Д. Глобальна система визначення місцезнаходження (GPS): теорія і практика. Київ: Наукова думка, 1996. 393 с.
40. ГСТУ 218-03449261-099-2002. Безпека дорожнього руху. Порядок проведення лінійного аналізу аварійності та оцінка умов безпеки руху на автомобільних дорогах. Київ: Українське державне виробничо-технологічне підприємство "Укрдортехнологія", 2003. 33 с.
41. Гусев А. В. Повышение безопасности движения автомобильного транспорта с учетом эффективности зрительных действий водителя: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Київ, 1995. 268 с.
42. Гусев О. В., Хмельов І. В., Вишневецький В. В., Матейчик І. В. Безпека дорожнього руху: оцінка ефективності збору водієм зорової інформації. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2009. Вип. 76. С. 74-78.
43. ДБН В. 2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
44. ДБН В. 2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів.
45. ДСТУ 2935:2018 Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення понять.

46. Движение в темное время суток. [URL: <http://good-driver.dp.ua/Nochnaya-ezda/dvizhenie-v-temnoe-vremya-sutok.html>]
47. Дидманидзе О. Н., Пильщиков В. Л. Элементы автомобильных дорог. Москва: МГАУ им. В. П. Горячкина, 2001. 32 с.
48. Жуков В. И., Гавриленко Т. В. Проектирование автомобильных дорог. Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2014. 144 с.
49. Заворицкий В. И., Старовойда В. П., Белятинский А. А. Проектирование и строительство автомобильных дорог. Киев: Техника, 1996. 383 с.
50. Замахаяев М. С. Переходные кривые на автомобильных дорогах. Москва: Транспорт, 1965. 112 с.
51. Звіт про дослідно-конструкторську роботу за договором від 19.09.2016 №112-16, ДП «ДерждорНДІ»
52. Камянецкий Б. Ф., Кошкин И. В. Автомобильные дороги. Москва: Транспорт, 1979. 332 с.
53. Кас'янов О. В Структура системи та принципи функціонування. Детально про GPS. Харків, 2018. URL : <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=gps&art=gpsnav01>
54. Коваленко Л. О. Аналіз умов та безпеки руху на автомобільних дорогах з урахуванням інформаційних показників дорожнього середовища. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2013. Вип. 88. С. 294-301.
55. Коваленко Л. О. Визначення геометричних параметрів існуючих автомобільних доріг геодезичними методами. *Комунальне господарство міст*. 2017. Вип. 137. С. 34-37.
56. Коваленко Л. О. Оцінка пропускної здатності двосмугових автомобільних доріг з урахуванням закономірностей поведінки водія: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11. Харків, 2004. 191 с.

57. Кондратюков І. О., Пужайло Н. А. Застосування перехідних кривих при проектуванні з'їздів автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : наук.-техн. збірник. 2015. Вип. 1-2. С. 243-244.
58. Коноплянко В. И. Основы безопасности дорожного движения. Москва: ДОСААФ, 1978. 128 с.
59. Кужель В. П., Клименчук А. М. Обґрунтування схем та розробка алгоритмів проведення досліджень з визначення дальності видимості дорожніх об'єктів в темну пору доби. *Наукові нотатки*. 2014. Вип. 46. С. 324-331.
60. Кузнецов А. В., Сакович В. А., Холод Н. И. Высшая математика. Математическое программирование. Минск: Высшая школа, 2001. 286 с.
61. Кузьмин В. И., Левтеров. А. И. Определение геометрических параметров автомобильных дорог. Киев: УМКВО, 1992. 68 с.
62. Кузьмин В. И. Левтеров А. И. Таблицы для разбивки переходных и круговых кривых на закруглениях автомобильных дорог способом углов и хорд: учеб. пособие. Харьков: ХНАДУ, 2007. 156 с.
63. Кузьмін В. І., Білятинський О. А. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві. Київ: Вища школа, 2006. 279 с.
64. Левитин К. М. Безопасность движения автомобилей в условиях ограниченной видимости. 2-е изд., перераб. и доп. М: Транспорт, 1986. 165 с.
65. Літнарів Р. М. Основи космічної геодезії. Лабораторний практикум. Чернігів: ЧДІЕіУ, 2002. 90 с.
66. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учётом психофизиологии водителя. Москва: Транспорт, 1980. 311 с.
67. М 218-02070915-630:2007. Методика комплексної оцінки будівництва та реконструкції автомобільних доріг з урахуванням соціально-економічної та екологічної ефективності. Київ, 2007. 28с
68. Матіщук А. Паспортизація автомобільних доріг. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва* : зб. наук. праць Західного геодезичного товариства УТГК. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. Вип. II (20). С. 209-213.

69. Методические рекомендации по проектированию автомобильных дорог на подходах к крупным городам. УД 47/249. Москва: Росавтодор, 2010. 263 с.
70. МР В.2.3-37641918-891:2017 Методичні рекомендації щодо оцінювання відповідності існуючих дорожніх умов вимогам безпеки руху з урахуванням інтенсивності руху та складу транспортних потоків. Київ: ДерждорНДІ. 2017. 48 с.
71. Никитин А. Современные приемные модули систем ГЛОНАСС/GPS производства КБ «Геостар Навигация». *Новости электроники*. Москва: Компел, 2010. № 4. С. 7-12.
72. ОДМ 218.4.005-2010. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. Москва: Росавтодор, 2011. 264 с.
73. Островський А.Л., Мороз О. І., Тарнавський В. Л. Геодезія. 2-ге вид., випр. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 564 с.
74. Офіційний сайт Департаменту ДАІ МВС України. URL: <http://www.sai.gov.ua>.
75. Павлюк Д. О., Кизима С. С. Геометричні характеристики траси автомобільної дороги як просторової кривої. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 1990. Вип. 46. С. 12-15.
76. Пальчик А. М., Олійник М. О. Визначення кривизни колових та перехідних кривих у поздовжньому профілі та у плані при паспортизації автомобільних доріг. *Автошляховик України*. Київ. 2011. Вип. 8 (224). С. 32-36.
77. Пальчик А. М., Олійник М. О. Проектування поздовжнього профілю автомобільних доріг. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: НТУ, 2014. 119 с.
78. Піліпака Л. М. Про оптимізацію просторового положення траси автомобільної дороги. *Мости і дороги* : зб. наук. пр. 2006. С. 92-104.
79. Піліпака Л. М. Використання методу імітаційного моделювання просторового положення траси автомобільної дороги для проектування гірських доріг. *Містобудування та територіальне планування*. 2012. Вип. 45 (3). С. 92-96.

80. Піліпака Л. М. Імітаційне проектування просторового положення траси автомобільної дороги: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11. Рівне, 2013. 200 с.
81. Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / под ред. Г. А. Федотова. Москва: Транспорт, 1989. 437 с.
82. Птица Г. Г. Определение уровня безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Харьков, 2016. 244 с.
83. Постанова кабінету міністрів України № 1306. Про Правила дорожнього руху. Київ: Офіційний вісник України, 2019. 35 с.
84. Руководство по всемирной геодезической системе (WGS-84). ICAO. 9674-AN/946. Международная организация гражданской авиации. Монреаль: ИКАО, 1997. 112 с.
85. Руне Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения: [пер. с норв. под ред. проф. В. В. Сильянова]. Москва : МАДИ (ГТУ), 2001. 754 с.
86. Савчук С. А. Обеспечение пространственной видимости на автомобильных дорогах. *Modern management review*. 2016. № 23. С. 45-60.
87. Савчук С. А. Совершенствование методов определения параметров автомобильной дороги в плане и профиле. *Автомобильные дороги и мосты*. 2016. №2. С. 95-98.
88. Савчук С. О. Визначення просторової видимості на автомобільних дорогах. *Вісник Національного транспортного університету* : науково-технічний збірник. 2017. Вип. 1(37) С. 358-362.
89. Савчук С. О., Додух К. М. Пропускна здатність перехрещень автомобільних доріг в одному рівні. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К: НТУ, 2011. №67. С. 133.
90. Савчук С. О., Пальчик А. М. Використання GPS технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2013. Вип. 90. С. 12-19.

91. Савчук С. О., Пальчик А. М. Використання GPS технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Сучасні геоінформаційні технології при підготовці фахівців дорожньої галузі* : тези доповідей міжнародного науково-технічного семінару. Х. : ХНАДУ. 2015.
92. Савчук С. О., Пальчик А. М. Вплив видимості на швидкість руху транспортних засобів. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К.: НТУ, 2017. № 73. С. 196.
93. Савчук С. О., Пальчик А. М. Перспективи впровадження в Україні підземних та багаторівневих. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К.: НТУ, 2012. № 68. С. 166.
94. Савчук С. О., Пальчик А. М., Соколенко Т. В. Підготовка даних для вишукування та паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К.: НТУ, 2015. № 71. С. 203.
95. Савчук С. О., Полянська А. В, Ситник Є. В. Визначення геометричних елементів автомобільної дороги. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К.: НТУ, 2017. № 73. С. 197.
96. Савчук С. О., Соколенко Т. В. Застосування супутникових геодезичних карт при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2015. Вип. 93. С. 26-38.
97. Савчук С. О., Соколенко Т. В., Фірова А. О. Застосування даних GPS при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К.: НТУ, 2015. №71. С. 203.

98. Савчук С. О., Фірова А. О., Соколенко Т. В. GPS технології при паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К.: НТУ, 2015. №71. С. 203.
99. Свищёв Г. П. Авиация. Большая Российская Энциклопедия. Москва: ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского, 1994. 736 с.
100. Середович В. А., Комиссаров А. В., Комиссаров Д. В., Широкова Т. А. Наземное лазерное сканирование. Новоалтайск: СГГА, 2009. 261 с.
101. Сильянов В. В., Домке Э. Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. Москва: Академия, 2008. 352 с.
102. Смирнова Н.В. Зависимость минимально безопасной дистанции от скорости и дорожных условий. *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. Пермь: ПНИПУ. 2014. №2. С.65-77.
103. Смірнова Н. В. Основные положения расчета максимально возможных расстояний видимости в свете фар. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2017. Вип.6. С. 229-236.
104. Соловьев Ю. А. Системы спутниковой навигации. Минск: Эко-Трендз, 2000. 270 с.
105. СОУ 42.1-37641918-038:2016. Паспорт автомобільної дороги. Київ: Укравтодор, 2016. 133 с.
106. СОУ 45.2-00018112-066:2011 Безпека дорожнього руху. Порядок проведення лінійного аналізу аварійності та оцінка умов безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 34 с.
107. Справочная энциклопедия дорожника. Т. 5 : Проектирование автомобильных дорог / под ред. Г. А. Федотова, П. И. Поспелова. Москва: Информавтодор, 2007. 1627 с.
108. Справочная энциклопедия дорожника. Т. 2 : Ремонт и содержание автомобильных дорог / под ред. А. П. Васильева. Москва: Информавтодор, 2004. 1129 с.

109. Супутникові системи навігації на транспорті. URL : http://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Golub/супутники2016/LAB1.html
110. Тревогого І., Баланюк А., Григораш А. Аналіз технологічних можливостей сучасних наземних лазерних сканерів. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2010. Вип. I (19). С. 170-176.
111. Федотов Г. А. Инженерная геодезия: учебник. 2-е изд., исправл. Москва: Высшая школа, 2004. 343 с.
112. Федотов Г.А. Поспелов Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. Москва: Высшая школа, 2010. 518 с.
113. Филиппов В. В., Величко Г. В. Проектирование продольного профиля кубическими сплайнами. *Автоматизированные технологии изысканий и проектирования*. 2000. Вип. 1. С. 32-35.
114. Хавкин К. А., Дашкевский А. М. Проектирование продольного профиля автомобильных дорог. Москва: Транспорт, 1996. 239 с.
115. Хом'як А. Я., Назіна М. О. Дослідження відстані видимості на автомобільних дорогах. *Вісник Національного транспортного університету : науково-технічний збірник*. 2010. Вип. 21(1). С. 86-90.
116. Черемшинський М. Д. GPS-технології в геодезичній практиці. *Космічна наука і технологія*. 2001. Вип. 4. С. 61-69.
117. Шумаков Ф.Т. Конспект лекцій з дисципліни «Супутникова геодезія». Харків: ХНУМГ, 2009. 88 с.
118. Яценков В. С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАС. Москва: Горячая линия -Телеком, 2005. 272 с.
119. Andrii Vozniuk, Mykola Gukov. An approach to detecting road sections with limited visibility using three-dimensional model of road. *Transport engineering and management : proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers «Science – Future of Lithuania»*. Vilnius, Lithuania, 8 May 2013. P. 81-84.
120. A policy on geometric design of highways and streets. 7th Edition. Washington: DC. 2018. 886 p.

121. Amann, M.C., Bosch, T., Lescure, M., Myllyla, R. and Rioux, M. Laser ranging: a critical review of usual techniques for distance measurement. *Optical Engineering*. 2001. Vol. 40, №. 1, P. 10-19.
122. Böhler, W., Bordas Vicent, M. and Marbs, A. Investigating Laser Scanner Accuracy. *The International Archives of the Photogrammetry*. 2003. Vol. XXXIV (Part 5 / C 15). P. 696-701.
123. Budzynski M., Jamroz K., Pyrchla J., Kustra W., Inglot A., Pyrchla K. Automated Parameter Determination for Horizontal Curves for the Purposes of Road Safety Models with the Use of the Global Positioning System. *Geosciences*. 2019. № 9 (9). 397
124. Casapietra E. Spatial Road Representation for Driving in Complex Scenes by Interpretation of Traffic Behavior: dissertation des Grades Doktoringenieur. Bielefeld. 2019. 88 p.
125. Castro M. Iglesias L, Ridríguez-Solano R, Sánchez J. A. Geometric Modelling of Highways using Global Positioning System data and Spline Approximation. *Transportation Research*. 2006. №14 (4), P. 223-243.
126. Castro M. Spatial analysis of geometric design consistency and road sight distance. *International Journal of Geographical Information Science*. 2015. № 29 (Issue 12), P. 2061-2074.
127. Cantisani, G., Loprencipe, G., Dondi, D., Ranzo, A. Spline Curves for Geometric Modelling of Highway Design. *New Technologies and Modeling Tools for Roads* : materials of II International Congress S.IIV. Florence, 2004. P. 3-22.
128. Crisman, B., Robba, A. Safety Evaluation: Practical Use Of Collected-Data Vehicle To Obtain Geometric Information Of Existing Roadways. *New Technologies and Modeling Tools for Roads*: materials of II International Congress S.IIV. Florence, 2004. P. 31-48.
129. Daniel R. Visual factors in driving. Marseille: DC, 2012. 823 p.
130. Das S., Brimley B., Lindheimer T., Zupancich M. Association of reduced visibility with crash outcomes. *IATSS Research*. 2018. № 42 (3). P. 143-151.

131. Fink K.L, Krammes R.A. Tangent Length and Sight Distance Effects on Crash Rates at Horizontal Curves on Rural Two-Lane Highways. *Transportation Research Board*. 1995. P. 162-168.
132. Güler, Ö., Onaygil, S. & Erkin, E., The Effect of Vehicle Headlights on Visibility Level in Road Lighting. *Vision and lighting in mesopic conditions: materials of International Lighting Congress (12–21 May, Spain) Leon, 2005*. P. 16-24.
133. Güler, Ö., Onaygil, S. The effect of luminance uniformity on visibility level in road lighting. *Lighting Res*. 2003. № 35,3. P. 199-215
134. Hameed A. M. The influence of road geometric design elements on highway safety. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2013. P. 146-162.
135. Janoff, M. S., Effect of Headlights on Small Target Visibility. *Journal of Illuminating, Engineering Society*. 1992. № 21(2). P. 46-53.
136. Jiandong Zhao, Mingmin Han, Changcheng Li, Xin Xin Visibility Video Detection with Dark Channel Prior on Highway. *Mathematical Problems in Engineering*. 2016. P. 1-21.
137. Jian Xian, Jian Zhao, Liulin Yang, Juanxia He. Study on the Deocclusion of the Visibility Window of Traffic Signs on a Curved Highway. *Journal of Advanced Transportation*. 2020. P. 1-11.
138. Lamm R, Psarianos B, Mailender T. Highway design and traffic safety engineering handbook. New York: McGraw-Hill, 1999. 1088 p.
139. Osada, E. Geodezja. Wroclav: Oficiyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, 2001. 223 c.
140. Othman S, Thomson R. Influence of Road Characteristics on Traffic Safety. *ESV 20th Conference: materials conference*. Lyon, 2007. P. 1-10.
141. Othman S, Thomson R. Lanner G. Identifying Critical Road Geometry Parameters Affecting Crash Rate and Crash Type. *Ann Adv Automot Med*. 2009. P. 155-165.
142. Parkinson B. W., Spilker Jr.J. Global Positioning System: Theory and Application. Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996. V.1. 793 p.

143. Parkinson B.W., Spilker Jr. J. Global Positioning System: Theory and Application. Washington: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996. V.2. 631 p.
144. Pu Jiantao, Zha Hongbin. Research on Visibility for Large-Scale and Complex Scenes. *Journal of Computer Research and Development*. 2005. P. 236-246.
145. Stewart D, Chudworth C. J. A remedy for accidents at bends. *Traffic Engineering and Control*. 1990. P. 88-93.
146. Voigt A, Krammes R. An operational and safety evaluation of alternative horizontal curve design approaches on rural two-lane highways. *Transportation Research Board*. 1998. P. 35-42.
147. Zakowska L. Z. The role of geometric road design parameters in driving speed negotiation and safety perception: Objective and subjective measures in simulation study. *Advances in Transportation Studies*. 2009. P. 17-38.

ДОДАТОК А**ВИХІДНІ ДАНІ ОТРИМАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ GPS-ПРИЙМАЧА**

1.	X=1.53	Y=5.74	180.60	11:41:24	5.95
2.	X=2.60	Y=6.86	191.20	11:41:34	7.48
3.	X=3.42	Y=7.60	192.90	11:41:35	8.59
4.	X=4.13	Y=7.78	193.50	11:41:36	9.33
5.	X=5.19	Y=7.97	193.80	11:41:37	10.40
6.	X=13.10	Y=9.08	196.40	11:41:39	18.39
7.	X=15.46	Y=10.19	193.80	11:41:45	21.00
8.	X=17.35	Y=10.93	194.80	11:41:48	23.03
9.	X=17.94	Y=10.56	195.10	11:41:49	23.72
10.	X=16.76	Y=8.34	195.40	11:41:50	26.24
11.	X=18.53	Y=7.23	197.70	11:41:51	28.33
12.	X=20.42	Y=7.04	198.00	11:41:52	30.23
13.	X=21.72	Y=6.49	198.00	11:41:53	31.64
14.	X=22.78	Y=6.86	197.70	11:41:54	32.77
15.	X=24.31	Y=8.71	197.20	11:41:55	35.17
16.	X=26.56	Y=10.38	196.90	11:41:56	37.97
17.	X=28.09	Y=11.30	197.50	11:41:57	39.76
18.	X=30.45	Y=14.08	197.80	11:41:58	43.41
19.	X=35.17	Y=16.12	197.30	11:41:59	48.55
20.	X=36.00	Y=15.94	194.60	11:42:03	49.40
21.	X=36.70	Y=16.12	194.50	11:42:04	50.13
22.	X=37.18	Y=15.94	194.70	11:42:05	50.63
23.	X=38.48	Y=16.12	194.80	11:42:06	51.95

24.	X=39.77	Y=16.31	194.20	11:42:07	53.26
25.	X=41.07	Y=16.31	193.60	11:42:08	54.56
26.	X=42.49	Y=16.31	193.40	11:42:09	55.97
27.	X=43.55	Y=16.12	193.10	11:42:10	57.05
28.	X=45.56	Y=16.31	193.10	11:42:11	59.06
29.	X=47.33	Y=16.49	192.20	11:42:12	60.84
30.	X=49.22	Y=16.68	191.50	11:42:13	62.74
31.	X=53.23	Y=17.05	190.80	11:42:14	66.77
32.	X=54.64	Y=17.61	190.50	11:42:16	68.29
33.	X=56.89	Y=19.83	190.30	11:42:17	71.45
34.	X=60.07	Y=22.79	190.40	11:42:18	75.80
35.	X=63.02	Y=24.65	189.70	11:42:19	79.29
36.	X=65.38	Y=25.57	189.00	11:42:20	81.82
37.	X=66.68	Y=25.02	188.90	11:42:21	83.24
38.	X=67.63	Y=23.72	188.80	11:42:22	84.84
39.	X=68.69	Y=22.79	188.80	11:42:23	86.25
40.	X=69.75	Y=21.87	188.60	11:42:24	87.66
41.	X=71.05	Y=21.13	188.60	11:42:25	89.16
42.	X=71.99	Y=20.38	188.30	11:42:26	90.36
43.	X=72.82	Y=19.46	188.30	11:42:27	91.60
44.	X=73.76	Y=18.72	188.50	11:42:28	92.80
45.	X=74.83	Y=18.16	188.60	11:42:29	94.00
46.	X=76.01	Y=17.61	188.60	11:42:30	95.30
47.	X=77.30	Y=17.05	188.50	11:42:31	96.71
48.	X=78.37	Y=16.49	188.50	11:42:32	97.91
49.	X=79.67	Y=15.94	188.60	11:42:33	99.32

50.	X=80.96	Y=15.57	188.50	11:42:34	100.67
51.	X=82.26	Y=15.01	188.10	11:42:35	102.09
52.	X=83.44	Y=14.46	187.80	11:42:36	103.39
53.	X=84.74	Y=13.71	188.10	11:42:37	104.89
54.	X=86.04	Y=13.34	188.50	11:42:38	106.24
55.	X=87.34	Y=12.42	188.20	11:42:39	107.83
56.	X=88.52	Y=11.86	188.70	11:42:40	109.14
57.	X=89.70	Y=10.93	188.50	11:42:41	110.64
58.	X=91.00	Y=10.38	189.20	11:42:42	112.05
59.	X=92.29	Y=9.45	189.70	11:42:43	113.64
60.	X=93.71	Y=9.08	190.40	11:42:44	115.11
61.	X=94.89	Y=8.34	190.00	11:42:45	116.50
62.	X=96.42	Y=8.15	190.10	11:42:46	118.05
63.	X=98.31	Y=8.15	189.90	11:42:47	119.94
64.	X=99.73	Y=7.60	189.50	11:42:48	121.46
65.	X=101.15	Y=7.04	189.70	11:42:49	122.98
66.	X=102.56	Y=6.49	189.90	11:42:50	124.50
67.	X=103.74	Y=5.93	189.90	11:42:51	125.80
68.	X=105.04	Y=5.19	189.80	11:42:52	127.30
69.	X=106.10	Y=4.26	190.10	11:42:53	128.71
70.	X=107.40	Y=4.08	190.70	11:42:54	130.02
71.	X=108.70	Y=3.71	190.10	11:42:55	131.37
72.	X=109.76	Y=3.34	189.70	11:42:56	132.50
73.	X=110.82	Y=2.60	189.30	11:42:57	133.79
74.	X=111.77	Y=2.04	189.10	11:42:58	134.89
75.	X=112.95	Y=1.48	188.90	11:42:59	136.19

76.	X=114.13	Y=1.11	188.70	11:43:00	137.43
77.	X=115.19	Y=0.56	188.30	11:43:01	138.63
78.	X=116.13	Y=0.00	188.00	11:43:02	139.72
79.	X=117.20	Y=-0.55	188.00	11:43:03	140.92
80.	X=118.14	Y=-1.30	187.70	11:43:04	142.12
81.	X=119.56	Y=-1.67	187.70	11:43:05	143.59
82.	X=120.74	Y=-2.22	187.20	11:43:06	144.89
83.	X=121.92	Y=-2.59	186.80	11:43:07	146.13
84.	X=123.22	Y=-3.15	186.30	11:43:08	147.54
85.	X=124.40	Y=-3.70	185.90	11:43:09	148.84
86.	X=125.81	Y=-4.45	185.70	11:43:10	150.44
87.	X=127.23	Y=-5.00	185.70	11:43:11	151.96
88.	X=128.53	Y=-5.74	185.70	11:43:12	153.46
89.	X=129.82	Y=-6.30	185.60	11:43:13	154.87
90.	X=131.12	Y=-7.04	185.50	11:43:14	156.37
91.	X=132.30	Y=-7.78	185.40	11:43:15	157.76
92.	X=133.60	Y=-8.34	185.40	11:43:16	159.17
93.	X=134.90	Y=-9.08	185.40	11:43:17	160.67
94.	X=136.32	Y=-9.63	185.40	11:43:18	162.19
95.	X=137.61	Y=-10.19	185.50	11:43:19	163.60
96.	X=138.91	Y=-10.75	185.50	11:43:20	165.01
97.	X=140.09	Y=-11.49	185.30	11:43:21	166.41
98.	X=141.27	Y=-12.04	185.10	11:43:22	167.71
99.	X=142.45	Y=-12.41	184.80	11:43:23	168.95
100.	X=143.63	Y=-12.97	184.60	11:43:24	170.25
101.	X=144.93	Y=-13.71	184.50	11:43:25	171.75

102.	X=146.11	Y=-14.08	184.50	11:43:26	172.99
103.	X=147.41	Y=-14.64	184.40	11:43:27	174.40
104.	X=148.59	Y=-15.19	184.10	11:43:28	175.70
105.	X=150.01	Y=-15.75	184.10	11:43:29	177.22
106.	X=151.31	Y=-16.31	183.90	11:43:30	178.64
107.	X=152.72	Y=-16.49	183.90	11:43:31	180.06
108.	X=154.14	Y=-16.31	183.90	11:43:32	181.49
109.	X=155.55	Y=-16.31	183.90	11:43:33	182.91
110.	X=157.09	Y=-16.12	183.90	11:43:34	184.45
111.	X=158.62	Y=-15.93	184.00	11:43:35	186.00
112.	X=160.04	Y=-15.93	184.20	11:43:36	187.42
113.	X=161.46	Y=-15.75	184.20	11:43:37	188.84
114.	X=162.87	Y=-15.19	184.10	11:43:38	190.37
115.	X=164.17	Y=-15.01	184.10	11:43:39	191.68
116.	X=165.59	Y=-14.82	184.10	11:43:40	193.11
117.	X=167.00	Y=-14.64	184.00	11:43:41	194.53
118.	X=168.42	Y=-14.64	184.00	11:43:42	195.95
119.	X=169.72	Y=-14.82	184.00	11:43:43	197.26
120.	X=170.90	Y=-14.64	184.10	11:43:44	198.46
121.	X=172.20	Y=-14.64	184.40	11:43:45	199.75
122.	X=173.61	Y=-14.45	184.50	11:43:46	201.18
123.	X=175.03	Y=-13.90	184.60	11:43:47	202.70
124.	X=176.33	Y=-13.52	184.70	11:43:48	204.05
125.	X=177.62	Y=-12.97	184.90	11:43:49	205.47
126.	X=179.04	Y=-12.60	185.00	11:43:50	206.93
127.	X=180.34	Y=-12.41	185.00	11:43:51	208.24

128.	X=181.52	Y=-12.04	185.00	11:43:52	209.48
129.	X=182.46	Y=-11.86	185.10	11:43:53	210.44
130.	X=183.53	Y=-11.49	185.30	11:43:54	211.57
131.	X=184.94	Y=-11.12	185.50	11:43:55	213.03
132.	X=186.36	Y=-10.37	185.50	11:43:56	214.63
133.	X=187.54	Y=-9.82	185.50	11:43:57	215.93
134.	X=188.60	Y=-9.26	185.70	11:43:58	217.13
135.	X=189.78	Y=-8.52	185.80	11:43:59	218.53
136.	X=191.08	Y=-7.78	186.00	11:44:00	220.02
137.	X=192.26	Y=-7.22	186.00	11:44:01	221.33
138.	X=193.44	Y=-6.48	186.20	11:44:02	222.72
139.	X=194.62	Y=-5.93	186.20	11:44:03	224.02
140.	X=195.80	Y=-5.19	186.10	11:44:04	225.42
141.	X=196.98	Y=-4.63	186.40	11:44:05	226.72
142.	X=198.16	Y=-3.89	186.40	11:44:06	228.12
143.	X=199.46	Y=-3.15	186.50	11:44:07	229.61
144.	X=200.64	Y=-2.41	186.40	11:44:08	231.00
145.	X=201.82	Y=-1.48	186.30	11:44:09	232.51
146.	X=203.00	Y=-0.55	186.30	11:44:10	234.01
147.	X=204.30	Y=0.37	186.30	11:44:11	235.60
148.	X=205.48	Y=1.30	186.20	11:44:12	237.10
149.	X=206.66	Y=2.23	186.10	11:44:13	238.60
150.	X=207.72	Y=3.34	186.00	11:44:14	240.14
151.	X=208.90	Y=4.45	186.00	11:44:15	241.76
152.	X=209.96	Y=5.56	185.90	11:44:16	243.30
153.	X=211.02	Y=6.68	185.80	11:44:17	244.84

154.	X=211.97	Y=7.79	185.80	11:44:18	246.29
155.	X=212.79	Y=9.08	185.60	11:44:19	247.83
156.	X=213.74	Y=10.20	185.60	11:44:20	249.29
157.	X=214.68	Y=11.31	185.60	11:44:21	250.75
158.	X=215.63	Y=12.61	185.60	11:44:22	252.35
159.	X=216.45	Y=13.90	185.50	11:44:23	253.89
160.	X=217.40	Y=15.01	185.50	11:44:24	255.35
161.	X=218.22	Y=16.31	185.40	11:44:25	256.89
162.	X=219.05	Y=17.61	185.40	11:44:26	258.43
163.	X=219.76	Y=18.91	185.30	11:44:27	259.90
164.	X=220.47	Y=20.20	185.30	11:44:28	261.38
165.	X=221.29	Y=21.50	185.20	11:44:29	262.92
166.	X=221.88	Y=22.61	185.20	11:44:30	264.18
167.	X=222.47	Y=23.91	185.20	11:44:31	265.60
168.	X=223.18	Y=25.39	185.10	11:44:32	267.25
169.	X=223.77	Y=26.69	185.00	11:44:33	268.67
170.	X=224.24	Y=27.99	185.00	11:44:34	270.05
171.	X=224.60	Y=29.47	185.00	11:44:35	271.58
172.	X=224.83	Y=30.95	184.80	11:44:36	273.08
173.	X=225.07	Y=32.06	184.90	11:44:37	274.22
174.	X=225.42	Y=33.36	184.90	11:44:38	275.56
175.	X=225.89	Y=34.84	184.70	11:44:39	277.12
176.	X=226.01	Y=35.77	184.60	11:44:40	278.05
177.	X=226.13	Y=37.07	184.70	11:44:41	279.35
178.	X=226.13	Y=38.36	184.90	11:44:42	280.65
179.	X=226.25	Y=39.85	184.90	11:44:43	282.14

180.	X=226.37	Y=40.96	184.90	11:44:44	283.25
181.	X=226.48	Y=42.26	185.00	11:44:45	284.56
182.	X=226.48	Y=43.55	184.70	11:44:46	285.85
183.	X=226.37	Y=44.67	184.50	11:44:47	286.97
184.	X=226.37	Y=45.41	184.50	11:44:48	287.71
185.	X=226.37	Y=46.89	184.60	11:44:49	289.20
186.	X=226.72	Y=48.74	184.70	11:44:50	291.08
187.	X=226.84	Y=50.22	184.60	11:44:51	292.57
188.	X=226.96	Y=51.71	184.80	11:44:52	294.06
189.	X=227.19	Y=53.38	184.90	11:44:53	295.74
190.	X=227.43	Y=54.86	184.80	11:44:54	297.24
191.	X=227.19	Y=56.53	185.00	11:44:55	298.93
192.	X=227.07	Y=58.01	184.90	11:44:56	300.41
193.	X=226.84	Y=59.31	184.80	11:44:57	301.73
194.	X=226.60	Y=60.97	184.80	11:44:58	303.42
195.	X=226.36	Y=62.27	184.80	11:44:59	304.74
196.	X=226.13	Y=63.94	184.90	11:45:00	306.42
197.	X=226.01	Y=65.61	185.00	11:45:01	308.09
198.	X=225.77	Y=67.27	185.00	11:45:02	309.78
199.	X=225.66	Y=68.94	185.00	11:45:03	311.45
200.	X=225.42	Y=70.42	185.00	11:45:04	312.95
201.	X=225.07	Y=71.91	185.00	11:45:05	314.47
202.	X=224.71	Y=73.57	184.90	11:45:06	316.18
203.	X=224.24	Y=75.06	184.80	11:45:07	317.74
204.	X=223.77	Y=76.54	184.70	11:45:08	319.29
205.	X=223.30	Y=78.02	184.60	11:45:09	320.85

206.	X=222.71	Y=79.50	184.40	11:45:10	322.44
207.	X=222.11	Y=80.80	184.30	11:45:11	323.87
208.	X=221.64	Y=82.10	184.10	11:45:12	325.25
209.	X=220.93	Y=83.21	184.00	11:45:13	326.57
210.	X=220.46	Y=84.51	184.10	11:45:14	327.95
211.	X=219.87	Y=85.80	184.10	11:45:15	329.37
212.	X=219.28	Y=87.29	184.00	11:45:16	330.97
213.	X=218.69	Y=88.77	183.90	11:45:17	332.56
214.	X=217.87	Y=90.07	183.70	11:45:18	334.10
215.	X=217.28	Y=91.55	183.70	11:45:19	335.70
216.	X=216.57	Y=93.03	183.60	11:45:20	337.34
217.	X=215.98	Y=94.51	183.60	11:45:21	338.94
218.	X=215.39	Y=96.00	183.50	11:45:22	340.53
219.	X=214.80	Y=97.48	183.30	11:45:23	342.13
220.	X=214.21	Y=98.78	183.00	11:45:24	343.55
221.	X=213.62	Y=100.26	182.90	11:45:25	345.15
222.	X=213.14	Y=101.56	182.80	11:45:26	346.53
223.	X=212.67	Y=103.04	182.80	11:45:27	348.08
224.	X=212.20	Y=104.34	182.70	11:45:28	349.46
225.	X=211.61	Y=105.82	182.70	11:45:29	351.06
226.	X=211.14	Y=107.30	182.60	11:45:30	352.62
227.	X=210.55	Y=108.60	182.50	11:45:31	354.04
228.	X=209.96	Y=109.89	182.40	11:45:32	355.47
229.	X=209.37	Y=111.19	182.40	11:45:33	356.89
230.	X=208.78	Y=112.67	182.40	11:45:34	358.49
231.	X=207.60	Y=114.90	182.40	11:45:35	361.00

232.	X=207.01	Y=115.82	182.30	11:45:37	362.10
233.	X=206.42	Y=117.12	182.60	11:45:38	363.53
234.	X=205.59	Y=117.86	183.10	11:45:39	364.64
235.	X=204.88	Y=118.79	183.10	11:45:40	365.80
236.	X=204.41	Y=120.27	183.30	11:45:41	367.36
237.	X=203.82	Y=121.38	183.00	11:45:42	368.62
238.	X=203.35	Y=122.50	182.90	11:45:43	369.83
239.	X=202.99	Y=123.79	182.70	11:45:44	371.17
240.	X=202.64	Y=124.90	183.00	11:45:45	372.34
241.	X=202.05	Y=126.57	183.30	11:45:46	374.11
242.	X=201.70	Y=127.87	183.30	11:45:47	375.45
243.	X=201.11	Y=128.98	183.30	11:45:48	376.71
244.	X=200.63	Y=130.46	183.30	11:45:49	378.27
245.	X=200.16	Y=131.95	183.40	11:45:50	379.82
246.	X=199.57	Y=133.06	183.50	11:45:51	381.08
247.	X=198.98	Y=134.36	183.40	11:45:52	382.51
248.	X=198.51	Y=135.65	183.40	11:45:53	383.89
249.	X=198.15	Y=136.21	183.50	11:45:54	384.55
250.	X=197.80	Y=137.51	183.60	11:45:55	385.89
251.	X=197.21	Y=138.99	183.30	11:45:56	387.49
252.	X=196.38	Y=140.47	183.30	11:45:57	389.18
253.	X=195.79	Y=141.95	183.20	11:45:58	390.78
254.	X=195.32	Y=143.81	183.30	11:45:59	392.69
255.	X=195.32	Y=145.10	183.70	11:46:00	393.99
256.	X=194.85	Y=146.40	183.90	11:46:01	395.37
257.	X=194.14	Y=147.88	184.00	11:46:02	397.01

258.	X=193.55	Y=148.81	184.00	11:46:03	398.11
259.	X=192.37	Y=151.22	183.90	11:46:04	400.79
260.	X=191.90	Y=152.70	183.50	11:46:06	402.35
261.	X=191.43	Y=153.81	183.80	11:46:07	403.56
262.	X=190.48	Y=154.93	183.90	11:46:08	405.01
263.	X=189.66	Y=156.22	183.90	11:46:09	406.55
264.	X=189.18	Y=157.52	184.00	11:46:10	407.93
265.	X=188.71	Y=159.00	184.00	11:46:11	409.49
266.	X=188.00	Y=160.30	183.80	11:46:12	410.97
267.	X=187.18	Y=161.97	183.30	11:46:13	412.83
268.	X=186.47	Y=163.08	183.10	11:46:14	414.15
269.	X=186.00	Y=164.75	182.80	11:46:15	415.88
270.	X=185.53	Y=166.23	183.00	11:46:16	417.44
271.	X=185.05	Y=167.71	183.20	11:46:17	418.99
272.	X=184.58	Y=168.82	183.20	11:46:18	420.20
273.	X=183.87	Y=170.49	183.10	11:46:19	422.01
274.	X=183.16	Y=171.97	183.10	11:46:20	423.65
275.	X=182.69	Y=172.90	183.10	11:46:21	424.69
276.	X=182.22	Y=173.83	183.10	11:46:22	425.73
277.	X=181.39	Y=175.31	183.00	11:46:23	427.43
278.	X=180.69	Y=176.61	182.80	11:46:24	428.91
279.	X=179.98	Y=178.09	182.80	11:46:25	430.55
280.	X=179.27	Y=179.76	182.50	11:46:26	432.36
281.	X=178.68	Y=180.87	182.50	11:46:27	433.62
282.	X=178.21	Y=182.17	182.40	11:46:28	435.00
283.	X=177.74	Y=182.91	182.50	11:46:29	435.88

284.	X=177.38	Y=183.65	182.40	11:46:30	436.70
285.	X=177.03	Y=184.95	182.30	11:46:31	438.05
286.	X=176.20	Y=186.43	182.30	11:46:32	439.75
287.	X=175.61	Y=188.10	182.20	11:46:33	441.51
288.	X=175.14	Y=189.39	182.10	11:46:34	442.89
289.	X=174.43	Y=190.69	182.20	11:46:35	444.37
290.	X=173.84	Y=191.62	182.30	11:46:36	445.47
291.	X=173.13	Y=192.91	182.40	11:46:37	446.95
292.	X=172.31	Y=194.21	182.50	11:46:38	448.49
293.	X=171.60	Y=195.32	182.30	11:46:39	449.81
294.	X=171.01	Y=196.25	181.60	11:46:40	450.90
295.	X=170.42	Y=197.36	181.30	11:46:41	452.16
296.	X=169.95	Y=198.29	181.60	11:46:42	453.20
297.	X=169.24	Y=199.96	181.80	11:46:43	455.01
298.	X=168.53	Y=201.44	181.40	11:46:44	456.66
299.	X=167.59	Y=202.92	181.50	11:46:45	458.41
300.	X=166.76	Y=204.40	181.30	11:46:46	460.11
301.	X=165.93	Y=205.89	181.20	11:46:47	461.81
302.	X=165.22	Y=207.37	181.20	11:46:48	463.45
303.	X=164.40	Y=208.85	180.90	11:46:49	465.15
304.	X=163.45	Y=210.15	180.70	11:46:50	466.75
305.	X=162.63	Y=211.63	180.60	11:46:51	468.45
306.	X=161.80	Y=212.74	180.40	11:46:52	469.84
307.	X=160.98	Y=213.67	180.10	11:46:53	471.08
308.	X=160.15	Y=215.34	179.60	11:46:54	472.94
309.	X=159.44	Y=216.82	178.80	11:46:55	474.58

310.	X=158.62	Y=218.30	178.70	11:46:56	476.28
311.	X=157.91	Y=219.60	178.50	11:46:57	477.76
312.	X=157.32	Y=221.08	178.30	11:46:58	479.35
313.	X=156.73	Y=222.19	178.30	11:46:59	480.61
314.	X=156.14	Y=223.49	178.40	11:47:00	482.04
315.	X=155.66	Y=224.42	178.30	11:47:01	483.08
316.	X=155.19	Y=225.53	178.30	11:47:02	484.28
317.	X=154.60	Y=226.83	178.20	11:47:03	485.71
318.	X=154.01	Y=227.94	178.20	11:47:04	486.97
319.	X=153.19	Y=229.42	177.90	11:47:05	488.66
320.	X=152.36	Y=230.35	177.30	11:47:06	489.91
321.	X=151.77	Y=231.27	176.60	11:47:07	491.00
322.	X=150.83	Y=232.94	176.40	11:47:08	492.92
323.	X=150.24	Y=234.24	175.80	11:47:09	494.35
324.	X=149.65	Y=235.53	175.20	11:47:10	495.77
325.	X=148.82	Y=236.83	174.60	11:47:11	497.31
326.	X=148.11	Y=238.31	174.10	11:47:12	498.95
327.	X=147.17	Y=239.98	174.00	11:47:13	500.87
328.	X=146.34	Y=241.84	173.70	11:47:14	502.90
329.	X=145.51	Y=243.50	173.70	11:47:15	504.76
330.	X=144.81	Y=244.99	173.70	11:47:16	506.40
331.	X=143.98	Y=246.28	173.50	11:47:17	507.94
332.	X=143.27	Y=247.77	173.40	11:47:18	509.58
333.	X=142.56	Y=249.43	173.40	11:47:19	511.39
334.	X=141.86	Y=250.73	173.40	11:47:20	512.87
335.	X=141.15	Y=251.66	173.10	11:47:21	514.04

336.	X=140.44	Y=252.95	173.30	11:47:22	515.52
337.	X=139.85	Y=254.07	173.20	11:47:23	516.77
338.	X=139.14	Y=255.55	173.10	11:47:24	518.42
339.	X=137.84	Y=258.51	173.00	11:47:25	521.65
340.	X=137.14	Y=260.00	172.90	11:47:27	523.30
341.	X=136.43	Y=261.48	172.70	11:47:28	524.94
342.	X=135.72	Y=262.96	172.60	11:47:29	526.58
343.	X=135.01	Y=264.44	172.50	11:47:30	528.23
344.	X=134.30	Y=265.93	172.40	11:47:31	529.87
345.	X=133.71	Y=267.41	172.30	11:47:32	531.46
346.	X=133.12	Y=269.08	172.10	11:47:33	533.23
347.	X=132.41	Y=270.56	172.30	11:47:34	534.88
348.	X=131.82	Y=271.86	172.20	11:47:35	536.30
349.	X=131.23	Y=273.34	172.20	11:47:36	537.90
350.	X=130.64	Y=274.63	172.10	11:47:37	539.32
351.	X=130.05	Y=276.12	172.00	11:47:38	540.92
352.	X=129.35	Y=277.60	171.90	11:47:39	542.56
353.	X=128.64	Y=278.90	171.80	11:47:40	544.04
354.	X=128.05	Y=280.19	171.70	11:47:41	545.46
355.	X=127.46	Y=281.49	171.70	11:47:42	546.89
356.	X=126.87	Y=282.79	171.60	11:47:43	548.31
357.	X=126.40	Y=284.27	171.50	11:47:44	549.87
358.	X=125.92	Y=285.57	171.50	11:47:45	551.25
359.	X=125.69	Y=286.87	171.50	11:47:46	552.57
360.	X=125.57	Y=288.53	171.50	11:47:47	554.24
361.	X=125.45	Y=289.83	171.30	11:47:48	555.54

362.	X=125.21	Y=291.31	171.60	11:47:49	557.04
363.	X=125.57	Y=292.61	171.70	11:47:50	558.39
364.	X=126.16	Y=293.91	171.60	11:47:51	559.81
365.	X=126.75	Y=295.20	171.50	11:47:52	561.24
366.	X=127.34	Y=296.13	171.30	11:47:53	562.34
367.	X=128.40	Y=297.24	171.30	11:47:54	563.88
368.	X=129.70	Y=298.17	171.10	11:47:55	565.47
369.	X=131.12	Y=298.91	170.70	11:47:56	567.07
370.	X=132.30	Y=299.28	170.40	11:47:57	568.31
371.	X=133.59	Y=299.84	170.30	11:47:58	569.72
372.	X=135.01	Y=300.21	170.10	11:47:59	571.18
373.	X=136.54	Y=300.39	169.70	11:48:00	572.73
374.	X=137.84	Y=300.21	169.40	11:48:01	574.04
375.	X=139.26	Y=300.21	169.10	11:48:02	575.46
376.	X=140.79	Y=300.21	168.90	11:48:03	576.99
377.	X=142.21	Y=300.02	168.60	11:48:04	578.42
378.	X=143.51	Y=299.65	168.40	11:48:05	579.77
379.	X=144.81	Y=299.10	168.30	11:48:06	581.18
380.	X=145.99	Y=298.54	168.10	11:48:07	582.48
381.	X=147.40	Y=298.17	168.00	11:48:08	583.95
382.	X=148.58	Y=297.61	167.70	11:48:09	585.25
383.	X=149.76	Y=296.87	167.70	11:48:10	586.65
384.	X=150.94	Y=296.13	167.80	11:48:11	588.04
385.	X=152.12	Y=295.58	167.70	11:48:12	589.34
386.	X=153.30	Y=295.02	167.60	11:48:13	590.65
387.	X=154.60	Y=294.46	167.60	11:48:14	592.06

388.	X=155.66	Y=293.91	167.60	11:48:15	593.26
389.	X=156.96	Y=293.17	167.50	11:48:16	594.76
390.	X=158.14	Y=292.61	167.60	11:48:17	596.06
391.	X=159.32	Y=292.43	167.60	11:48:18	597.25
392.	X=160.62	Y=292.05	167.50	11:48:19	598.60
393.	X=161.68	Y=291.50	167.40	11:48:20	599.80
394.	X=162.63	Y=290.94	167.40	11:48:21	600.90
395.	X=163.81	Y=290.39	167.50	11:48:22	602.20
396.	X=164.99	Y=290.02	167.50	11:48:23	603.44
397.	X=166.17	Y=289.46	167.50	11:48:24	604.74
398.	X=167.23	Y=289.09	167.50	11:48:25	605.87
399.	X=168.41	Y=288.72	167.30	11:48:26	607.11
400.	X=169.35	Y=287.61	167.40	11:48:27	608.57
401.	X=170.41	Y=286.50	167.60	11:48:28	610.10
402.	X=171.36	Y=285.57	167.80	11:48:29	611.43
403.	X=172.54	Y=284.64	167.90	11:48:30	612.93
404.	X=174.07	Y=283.16	168.10	11:48:31	615.06
405.	X=175.25	Y=282.05	168.10	11:48:32	616.68
406.	X=176.55	Y=280.94	167.90	11:48:33	618.39
407.	X=177.61	Y=280.01	167.70	11:48:34	619.80
408.	X=178.79	Y=279.08	167.50	11:48:35	621.30
409.	X=180.09	Y=278.34	167.50	11:48:36	622.80
410.	X=181.27	Y=277.79	167.30	11:48:37	624.10
411.	X=182.45	Y=277.23	167.10	11:48:38	625.40
412.	X=183.63	Y=276.49	166.80	11:48:39	626.80
413.	X=184.93	Y=276.12	166.50	11:48:40	628.15

414.	X=186.82	Y=275.38	166.50	11:48:41	630.18
415.	X=188.35	Y=274.64	167.00	11:48:42	631.88
416.	X=189.65	Y=274.08	166.90	11:48:43	633.29
417.	X=191.07	Y=273.34	167.10	11:48:44	634.89
418.	X=192.25	Y=273.34	166.90	11:48:45	636.07
419.	X=193.31	Y=272.97	166.70	11:48:46	637.20
420.	X=194.49	Y=272.60	166.50	11:48:47	638.43
421.	X=195.79	Y=272.23	166.30	11:48:48	639.78
422.	X=197.09	Y=271.86	166.10	11:48:49	641.13
423.	X=198.39	Y=271.30	165.90	11:48:50	642.55
424.	X=199.57	Y=270.75	165.80	11:48:51	643.85
425.	X=200.63	Y=270.00	165.50	11:48:52	645.15
426.	X=201.81	Y=269.26	165.20	11:48:53	646.54
427.	X=203.22	Y=268.89	165.00	11:48:54	648.00
428.	X=204.40	Y=268.34	164.90	11:48:55	649.31
429.	X=207.47	Y=266.85	164.70	11:48:56	652.72
430.	X=208.65	Y=266.11	163.60	11:48:58	654.11
431.	X=209.83	Y=265.19	163.30	11:48:59	655.61
432.	X=211.01	Y=264.26	163.10	11:49:00	657.11
433.	X=212.31	Y=263.33	162.60	11:49:01	658.70
434.	X=213.61	Y=262.22	162.00	11:49:02	660.41
435.	X=214.79	Y=261.48	161.90	11:49:03	661.81
436.	X=216.09	Y=260.55	161.60	11:49:04	663.40
437.	X=217.39	Y=259.44	161.30	11:49:05	665.11
438.	X=218.68	Y=258.70	161.20	11:49:06	666.61
439.	X=220.22	Y=257.77	160.90	11:49:07	668.40

440.	X=221.28	Y=256.66	160.60	11:49:08	669.94
441.	X=222.46	Y=256.29	160.60	11:49:09	671.17
442.	X=223.40	Y=255.92	160.40	11:49:10	672.19
443.	X=224.59	Y=254.81	160.00	11:49:11	673.81
444.	X=225.41	Y=254.25	159.40	11:49:12	674.81
445.	X=226.36	Y=253.14	158.90	11:49:13	676.26
446.	X=227.42	Y=251.84	158.60	11:49:14	677.94
447.	X=228.36	Y=250.55	158.70	11:49:15	679.54
448.	X=229.78	Y=249.62	158.80	11:49:16	681.24
449.	X=230.96	Y=248.69	158.30	11:49:17	682.74
450.	X=232.02	Y=247.95	157.90	11:49:18	684.03
451.	X=233.32	Y=247.77	157.50	11:49:19	685.34
452.	X=234.62	Y=247.21	156.60	11:49:20	686.76
453.	X=235.44	Y=246.10	156.50	11:49:21	688.14
454.	X=236.51	Y=245.36	156.80	11:49:22	689.44
455.	X=237.69	Y=244.43	157.10	11:49:23	690.94
456.	X=239.22	Y=243.14	157.30	11:49:24	692.95
457.	X=240.52	Y=241.84	157.00	11:49:25	694.78
458.	X=241.82	Y=240.54	156.80	11:49:26	696.62
459.	X=243.11	Y=239.43	156.60	11:49:27	698.33
460.	X=244.29	Y=238.13	156.40	11:49:28	700.08
461.	X=245.47	Y=236.83	157.00	11:49:29	701.83
462.	X=246.77	Y=236.09	157.40	11:49:30	703.33
463.	X=248.31	Y=234.43	157.20	11:49:31	705.59
464.	X=249.37	Y=233.50	157.50	11:49:32	707.00
465.	X=250.55	Y=232.39	157.50	11:49:33	708.63

466.	X=251.73	Y=231.65	157.40	11:49:34	710.02
467.	X=252.67	Y=230.35	157.10	11:49:35	711.62
468.	X=253.85	Y=229.42	157.20	11:49:36	713.12
469.	X=254.80	Y=228.13	156.90	11:49:37	714.73
470.	X=255.74	Y=227.20	156.90	11:49:38	716.05
471.	X=256.80	Y=226.27	156.80	11:49:39	717.46
472.	X=257.75	Y=225.16	156.70	11:49:40	718.92
473.	X=258.81	Y=224.23	156.80	11:49:41	720.33

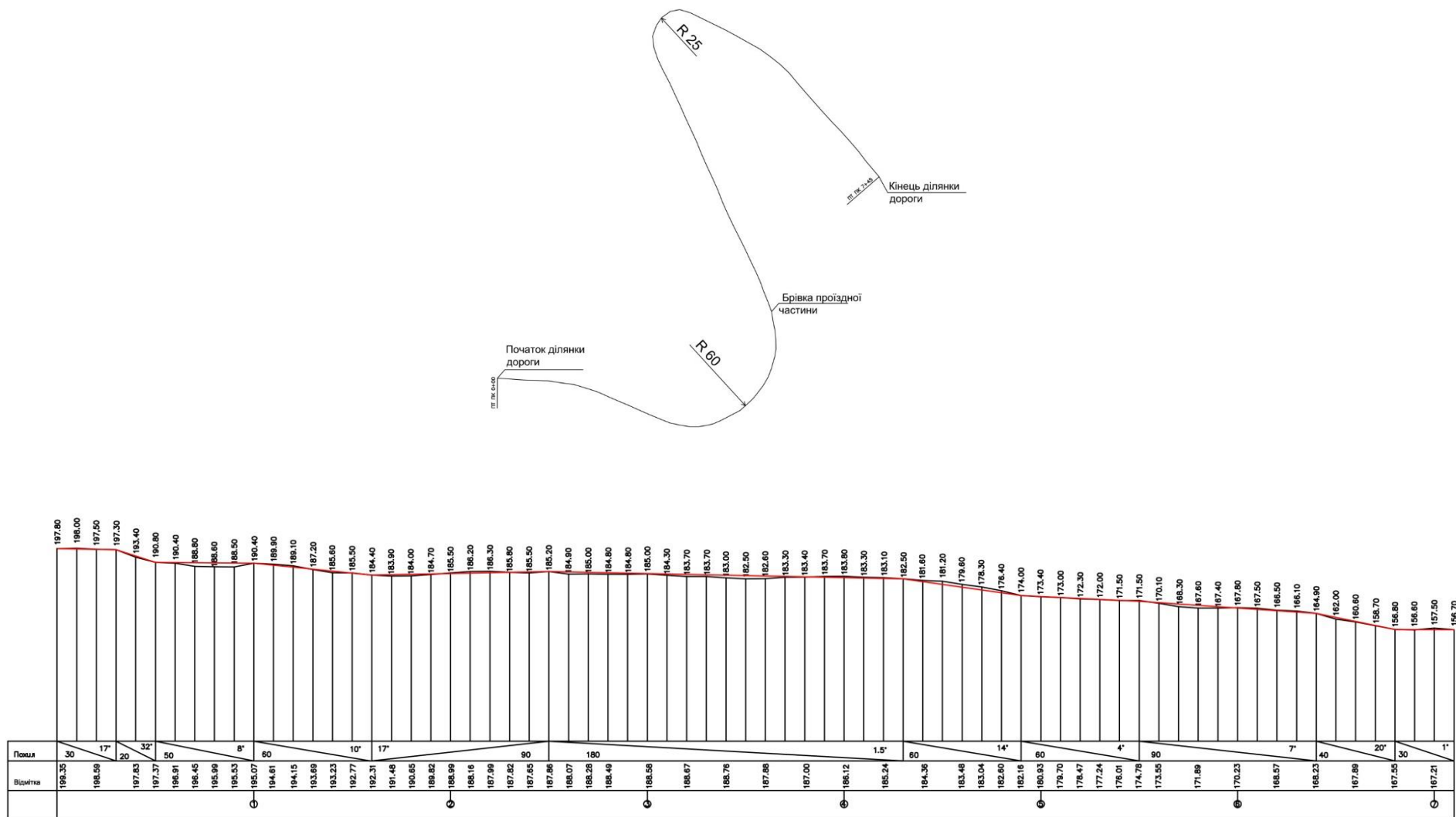


Рисунок А.1 – План та профіль ділянки автомобільної дороги, на основі координат отриманих з використанням GPS приймача

ДОДАТОК Б

ВИХІДНІ ДАНІ ОТРИМАНІ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ
ГЕОДЕЗИЧНИХ КАРТ

Таблиця Б.1 – Дані з супутникових геодезичних карт

№ п/п	Пікетажне положення	Координати		
		Широта	Довгота	Висота над рівнем моря (м)
1	ПК +	3	4	5
101	0 + 00,00	50.44074267104765	30.550154778175056	201.46
102	0 + 00,00	50.44062309449294	30.550147695466876	201.14
103	0 + 00,00	50.44054451544965	30.550171835334801	200.87
104	0 + 00,00	50.440464228031544	30.550244254991412	200.46
105	0 + 00,00	50.440397606453544	30.55020574014634	200.37
201	0 + 20,00	50.44073925457886	30.55044177453965	200.7
202	0 + 20,00	50.440629927447084	30.550437374040484	200.38
203	0 + 20,00	50.440558181379586	30.550437374040484	200.17
204	0 + 20,00	50.44048472695976	30.550488336011767	199.79
205	0 + 20,00	50.440385648724494	30.55044177453965	199.68
301	0 + 40,30	50.4407477957504	30.550731453113258	199.88
302	0 + 40,30	50.44062138625427	30.550729734823108	199.5
303	0 + 40,30	50.44056330610231	30.550724370405078	199.36
304	0 + 40,30	50.44050693412195	30.550721688196063	199.21
305	0 + 40,30	50.440392481712884	30.550731453113258	198.83
401	0 + 60,20	50.440747795750401	30.550720724277200	199.91
402	0 + 60,20	50.44061626153783,	30.551003320142627	198.72
403	0 + 60,20	50.44055305665633	30.551000637933612	198.54
404	0 + 60,20	50.440498392906974	30.550989909097552	198.44
405	0 + 60,20	50.440385648724494	30.550728770904243	198.83
501	0 + 80,50	50.44074096281331	30.55101844947785	198.96
502	0 + 80,50	50.44061284505991	30.551287634298205	197.88
503	0 + 80,50	50.44055134841512	30.551287634298205	197.80
504	0 + 80,50	50.44050010115009	30.551271541044116	197.78

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
505	0 + 80,50	50.440383940477254	30.551002356223762	198.11
106	0 + 100,10	50.440722172231155	30.551273259334266	198.10
206	0 + 100,10	50.44060601210333	30.551413698121905	197.55
306	0 + 100,10	50.44054622369112	30.55141101591289	197.50
406	0 + 100,10	50.44048643520337	30.551397604867816	197.47
506	0 + 100,10	50.440373690992416	30.55127594154328	197.58
107	0 + 120,00	50.44073242164052	30.5514234630391	197.61
207	0 + 120,00	50.440594054426924	30.551582677289844	197.07
307	0 + 120,00	50.44054109896654	30.55156390182674	197.11
407	0 + 120,00	50.44047276925272	30.55154780857265	197.12
507	0 + 120,00	50.44035660851278	30.551404687575996	197.36
108	0 + 140,40	50.44071533929037	30.55158171337098	197.08
208	0 + 140,40	50.440571847305606	30.551722152158618	196.57
308	0 + 140,40	50.44052230830508	30.5517006944865	196.63
408	0 + 140,40	50.44045739505351	30.551665825769305	196.74
508	0 + 140,40	50.44035148376769	30.55153343360871	197.13
109	0 + 160,20	50.440699965169934	30.551766785793006	196.42
209	0 + 160,20	50.44054109896654	30.551866991445422	195.98
309	0 + 160,20	50.440491559933854	30.551848215982318	196.03
409	0 + 160,20	50.44043860435879	30.551791889593005	196.25
509	0 + 160,20	50.44033440128004	30.551672908477485	196.72
110	0 + 180,10	50.44067092515109	30.551908942870796	195.91
210	0 + 180,10	50.44051376709285	30.551982326433063	195.54
310	0 + 180,10	50.440465936275885	30.551955504342914	195.58
410	0 + 180,10	50.44041298067217	30.551907224580646	195.74
510	0 + 180,10	50.44031390228673	30.551761421374977	196.33
111	0 + 200,50	50.44063505216202	30.552056464366615	195.35
211	0 + 200,50	50.44047960222854	30.552124483510852	194.96
311	0 + 200,50	50.44043518786804,	30.552094979211688	195.03
411	0 + 200,50	50.44038052398253	30.552044017240405	195.18
511	0 + 200,50	50.44029340328454	30.551879438571632	195.80
112	0 + 220,20	50.44059917914576	30.55219593923539	194.79

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
212	0 + 220,20	50.44044543733955	30.552280051633716	194.28
312	0 + 220,20	50.44038906521883	30.552237136289477	194.36
412	0 + 220,20	50.44034294252465	30.552186174318194	194.50
512	0 + 220,20	50.440267779519324	30.551986726932228	195.32
113	0 + 240,00	50.44055476489749	30.552319320850074	194.29
213	0 + 240,00	50.44040614768674	30.55239806883037	193.86
313	0 + 240,00	50.44035660851278	30.552360517904162	193.90
413	0 + 240,00	50.440307069286995	30.55230955593288	193.97
513	0 + 240,00	50.440235322730096	30.552104744128883	194.84
114	0 + 260,10	50.44055647313858	30.552324685268104	194.31
214	0 + 260,10	50.440378815735116	30.552497310563922	193.52
314	0 + 260,10	50.440324151784495	30.552465124055743	193.52
414	0 + 260,10	50.440284862031	30.5524034332484	193.68
514	0 + 260,10	50.4402011576648	30.552193257026374	194.45
115	0 + 280,00	50.44050864236479	30.55255267303437	193.57
215	0 + 280,00	50.440346359022044	30.552631421014667	193.10
315	0 + 280,00	50.44028998678331	30.552612645551562	193.07
415	0 + 280,00	50.44024044748778	30.552575094625354	193.13
515	0 + 280,00	50.440172117339905	30.552346142940223	193.82
116	0 + 300,10	50.44048472695976	30.55266800802201	193.17
216	0 + 300,10	50.44033098478179	30.552749438211322	192.72
316	0 + 300,10	50.44027461252474	30.552757484838367	192.61
416	0 + 300,10	50.440219948453766	30.552722616121173	192.69
516	0 + 300,10	50.44011403663664	30.5526841012761	192.72
117	0 + 320,10	50.44047447749676	30.552759203128517	192.90
217	0 + 320,10	50.44033440128004	30.552875502035022	192.34
317	0 + 320,10	50.44027461252474	30.552888913080096	192.23
417	0 + 320,10	50.44022165670694	30.552883548662066	192.2
517	0 + 320,10	50.4401123283796	30.552686783485115	192.69
118	0 + 340,20	50.44047447749676	30.552869173698127	192.57
218	0 + 340,20	50.44035148376769	30.553004248067737	191.90
318	0 + 340,20	50.44029511153507	30.5530337523669	191.56

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
418	0 + 340,20	50.440245572244905	30.55303911678493	191.40
518	0 + 340,20	50.440108911865295	30.552890631370246	192.03
119	0 + 360,20	50.44048814344692	30.552965733222663	192.31
219	0 + 360,20	50.440383940477254	30.553151769563556	190.66
319	0 + 360,20	50.44032927653253	30.553200049325824	190.14
419	0 + 360,20	50.44030365278673	30.553229553624988	189.82
519	0 + 360,20	50.44011403663664	30.553064974956214	191.02
120	0 + 380,00	50.44050351763614	30.55305156391114	191.71
220	0 + 380,00	50.44042835488581	30.553240282461047	189.99
320	0 + 380,00	50.44037710748759	30.553304655477405	189.38
420	0 + 380,00	50.440346359022044	30.553355617448688	188.8
520	0 + 380,00	50.4401840751229	30.5533144203946	188.94
121	0 + 400,10	50.440517183577924	30.553126665763557	191.08
221	0 + 400,10	50.44047106100861	30.553339524194598	189.24
321	0 + 400,10	50.44043518786804	30.553403897210956	188.66
421	0 + 400,10	50.44039931470031	30.553452176973224	188.14
521	0 + 400,10	50.440252405253524	30.55345657747239	187.73
122	0 + 420,10	50.44055476489749	30.553207132034004	190.48
222	0 + 420,10	50.4405342659996	30.55341730825603	188.71
322	0 + 420,10	50.44050522587908	30.553489727899432	188.08
422	0 + 420,10	50.44047960222854	30.55355946533382	187.42
522	0 + 420,10	50.4403207352855	30.553596052341163	186.65
123	0 + 440,10	50.44061626153783	30.553295644931495	189.89
223	0 + 440,10	50.44059917914576	30.553478999063373	188.39
323	0 + 440,10	50.44058892970756	30.55356482975185	187.72
423	0 + 440,10	50.44055988962057	30.553634567186236	187.07
523	0 + 440,10	50.44042493839433	30.553735527209938	185.50
124	0 + 440,10	50.44066238396568	30.553322467021644	189.82
224	0 + 460,20	50.44068117457155	30.55353264324367	188.2
324	0 + 460,20	50.4406760498616	30.553610427305102	187.57
424	0 + 460,20	50.44065042630353	30.55368552915752	186.75
524	0 + 460,20	50.44050693412195	30.553794535808265	185.18

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
125	0 + 480,10	50.4407307134058	30.553343924693763	189.81
225	0 + 480,10	50.44076658632235	30.553551418706775	188.28
325	0 + 480,10	50.44076146162163	30.55363724939525	187.56
425	0 + 480,10	50.44075121221858	30.553720397874713	186.69
525	0 + 480,10	50.44065042630353	30.55388573091477	184.42
126	0 + 500,10	50.44077683572207	30.553349289111793	189.85
226	0 + 500,10	50.4408383320739	30.55356482975185	188.39
326	0 + 500,10	50.44084174853556	30.553639931604266	187.79
426	0 + 500,10	50.44082295799343	30.553720397874713	186.90
526	0 + 500,10	50.44075462868653	30.55391791742295	184.36
127	0 + 520,00	50.440851997919026	30.553378793410957	189.78
227	0 + 520,00	50.44092203531329	30.553540689870715	188.76
327	0 + 520,00	50.44093057645183	30.553621156141162	188.19
427	0 + 520,00	50.44093740936157	30.553704304620624	187.48
527	0 + 520,00	50.44092032708539	30.553354653529823	190.16
128	0 + 540,00	50.44099719738906	30.553503138563973	189.49
228	0 + 540,00	50.44099719727964	30.553503138944507	189.09
328	0 + 540,00	50.44101427952807	30.55358628742397	188.37
428	0 + 540,00	50.44102794532238	30.5536640714854	187.74
528	0 + 540,00	50.44099548905446	30.55389645975083	185.08
129	0 + 560,20	50.44099890550478	30.55330905597657	190.48
229	0 + 560,20	50.44108773312609	30.55345485918224	188.97
329	0 + 560,20	50.44110481534184	30.553524596616626	188.39
429	0 + 560,20	50.44112360577206	30.553602380678058	187.67
529	0 + 560,20	50.44111677288922	30.55384013336152	185.14
130	0 + 580,20	50.44105356867608	30.553250047378242	190.67
230	0 + 580,20	50.44125172214286	30.55332343094051	189.13
330	0 + 580,20	50.4412739289452	30.55339585058391	188.40
430	0 + 580,20	50.44128417823509,	30.553484363481402	187.71
530	0 + 580,20	50.44120047563616	30.553767713718116	185.49
131	0 + 600,00	50.44121072494194	30.5531347123906	190.81
231	0 + 600,00	50.44140716954044	30.55320809595287	189.22

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
331	0 + 600,00	50.441431084479376	30.553277833387256	188.55
431	0 + 600,00	50.441437917316854	30.553355617448688	187.83
531	0 + 600,00	50.44135421498982	30.553630921058357	186.12
132	0 + 620,00	50.44156432465390	30.553073985586538	188.14
232	0 + 620,00	50.44156432463221	30.553073985502124	189.68
332	0 + 620,00	50.44158140667596	30.553151769563556	188.91
432	0 + 620,00	50.441598488713524	30.553221506997943	188.21
532	0 + 620,00	50.4413610478384	30.55303547065705	190.84
133	0 + 640,10	50.44172489565396	30.55294792649643	189.69
233	0 + 640,10	50.44172489560004	30.552947921678424	189.78
333	0 + 640,10	50.44174539398225	30.55302302353084	188.52
433	0 + 640,10	50.441759059565456	30.553092760965228	187.77
533	0 + 640,10	50.441759059567435	30.5530927609665439	187.77
134	0 + 660,10	50.441897423376430	30.552819176543076	188.03
234	0 + 660,10	50.441897423373234	30.55281917564571	188.01
334	0 + 660,10	50.441919629872615	30.55289695970714	187.21
434	0 + 660,10	50.44193500359686	30.552969379350543	186.46
534	0 + 660,10	50.4415250359082	30.553510221652687	186.1
135	0 + 680,20	50.4415250359082	30.5528825847432	191.11
235	0 + 680,20	50.44206311777129	30.5527092050761	186.84
335	0 + 680,20	50.44207849144892	30.552768213674426	186.15
435	0 + 680,20	50.442097281492565	30.552843315526843	185.37
535	0 + 680,20	50.44168731520958	30.553384157828987	186.15
136	0 + 700,10	50.44167364960566	30.552759203128517	191.22
236	0 + 700,10	50.442216854322865	30.552585823461413	185.91
336	0 + 700,10	50.44223735249198	30.55266092531383	185.10
436	0 + 700,10	50.44225272611302	30.552733344957232	184.40
536	0 + 700,10	50.44185130214891	30.553247365169227	185.11
137	0 + 720,10	50.44185130214891	30.552625092677772	189.89
237	0 + 720,10	50.442389380302714	30.55244098417461	185.25
337	0 + 720,10	50.44241158657126	30.55251876823604,	184.31
437	0 + 720,10	50.442433792829405	30.552580459043384	183.53

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
537	0 + 720,10	50.4420221212732	30.553142759017646	183.82
138	0 + 740,00	50.442008455765944	30.552488300018013	189.05
238	0 + 740,00	50.442546532133036	30.552328331395984	184.35
338	0 + 740,00	50.44256532199089	30.552395386621356	183.47
438	0 + 740,00	50.44259948534965	30.5524570774287	182.56
538	0 + 740,00	50.442177566140515	30.55303547065705	182.65
139	0 + 780,20	50.44216219249505	30.552378329448402	188.26
239	0 + 780,20	50.44262169151963	30.5522773694247	183.98
339	0 + 780,20	50.442637065015816	30.552339060232043	183.20
439	0 + 780,20	50.44265073034157	30.552406115457416	182.42
539	0 + 780,20	50.442329594143274	30.55291477125138	181.88
140	0 + 800,10	50.44232617778901	30.552265676669776	187.42
240	0 + 800,10	50.44270368344158	30.552212996408343	183.66
340	0 + 800,10	50.4427173487481	30.55228273384273	182.82
440	0 + 800,10	50.4427344303757	30.552331013605	182.24
540	0 + 800,10	50.44251749324718	30.552759203128517	180.79
141	0 + 820,00	50.44249016251481	30.55215838830918	186.55
241	0 + 820,00	50.44278225890018	30.552153987810016	183.26
341	0 + 820,00	50.4427976323442	30.552226407453418	182.32
441	0 + 820,00	50.44280617314428	30.55229346267879	181.68
541	0 + 820,00	50.442654146672375	30.552643868140876	180.27
142	0 + 840,20	50.44256019748495	30.552096697501838	186.26
242	0 + 840,20	50.44289841368693	30.552127165719867	182.03
342	0 + 840,20	50.44289499737374	30.552202267572284	181.54
442	0 + 840,20	50.44288304027564	30.552263958379626	181.13
542	0 + 840,20	50.442713932421825	30.552571448497474	180.19
143	0 + 860,10	50.442637065015816	30.551994773559272	186.29
243	0 + 860,10	50.44298894589658	30.55217276327312	180.64
343	0 + 860,10	50.44297698882219	30.552239818498492	180.14
443	0 + 860,10	50.44294795020045	30.552290780469775	180.05
543	0 + 860,10	50.44278909154257	30.552512649446726	179.79
124	0 + 880,00	50.44278055073939	30.551962796598673	184.92

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
244	0 + 880,00	50.44307093718226	30.552247865125537	179.01
344	0 + 880,00	50.443048731223065	30.552296144887805	178.79
444	0 + 880,00	50.44301627634093	30.552355153486133	178.53
544	0 + 880,00	50.44287449948943	30.552467051893473	179.22
145	0 + 900,00	50.44291037078115	30.551941338926554	183.58
245	0 + 900,00	50.44315463647323	30.552390022203326	176.71
345	0 + 900,00	50.443108516474084	30.552427573129535	176.76
445	0 + 900,00	50.44306581273108	30.552438301965594	177.13
545	0 + 900,00	50.44290012184342	30.552475098520517	178.76
146	0 + 920,00	50.442900745084745	30.552475984656448	176.15
246	0 + 920,00	50.4431785505292	30.552494628354907	175.34
346	0 + 920,00	50.443130722405215	30.552510721608996	175.72
446	0 + 920,00	50.44309826757928	30.552489263936877	176.27
546	0 + 920,00	50.443052147525165	30.551978889852762	181.61
147	0 + 940,10	50.443052156732082	30.551978884732085	175.66
247	0 + 940,10	50.44314438758843	30.552674336358905	173.97
347	0 + 940,10	50.44310168387779	30.552652878686786	174.64
447	0 + 940,10	50.44308118608299	30.552615327760577	175.18
547	0 + 940,10	50.44292061971664	30.552450958639383	178.81
148	0 + 960,10	50.44314438758843	30.55205935612321	179.95
248	0 + 960,10	50.44309997572856	30.55281381122768	173.01
348	0 + 960,10	50.44306410458055	30.55279235355556	173.68
448	0 + 960,10	50.44309997572856	30.552811129018664	173.01
548	0 + 960,10	50.44293770127086	30.552456323057413	178.47
149	0 + 980,00	50.443274206632125	30.552340988069773	175.82
249	0 + 980,00	50.44301969264534	30.55306057445705	171.42
349	0 + 980,00	50.442985529589926	30.553047163411975	171.82
449	0 + 980,00	50.44296503174482	30.55300693027675	172.54
549	0 + 980,00	50.44294795020045	30.552475098520517	178.15
150	0 + 1000,00	50.443291288058745	30.55263066664338	172.63
250	0 + 1000,00	50.44288304027564	30.553272468969226	170.79
350	0 + 1000,00	50.44291037078115	30.55329660885036	170.03

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
450	0 + 1000,00	50.442932576805255	30.55330733768642	169.64
550	0 + 1000,00	50.44295478281892	30.552496556192636	177.95
151	0 + 1020,10	50.44326908220295	30.552770141512156	171.43
251	0 + 1020,10	50.44279079970398	30.553497774526477	169.46
351	0 + 1020,10	50.44282325473982	30.55353264324367	168.70
451	0 + 1020,10	50.442850585279835	30.553535325452685	168.16
551	0 + 1020,10	50.442958199127794	30.552518013864756	177.63
152	0 + 1040,10	50.443228086749485	30.55288279429078	170.78
252	0 + 1040,10	50.44285570975432	30.553524596616626	168.24
352	0 + 1040,10	50.442836920011786	30.55351118557155	168.64
452	0 + 1040,10	50.442814713942795	30.553489727899432	169.29
552	0 + 1040,10	50.44294965835515	30.552577022463083	177.15
153	0 + 1060,00	50.443159760914824	30.55313492193818	168.75
253	0 + 1060,00	50.44275151199712	30.553792817518115	166.83
353	0 + 1060,00	50.44272930588806	30.553765995427966	167.35
453	0 + 1060,00	50.44270880793199	30.553725762292743	168.08
553	0 + 1060,00	50.44285912607037	30.5529042519629	175.12
154	0 + 1080,10	50.44308801868226	30.55339777842164	166.40
254	0 + 1080,10	50.44260119351695	30.55399934761226	166.80
354	0 + 1080,10	50.442578987337356	30.553964478895068	167.54
454	0 + 1080,10	50.44256532199089	30.553924245759845	168.11
554	0 + 1080,10	50.44276346912846	30.553142968565226	173.87
155	0 + 1100,10	50.44299065404981	30.553644541651018	165.00
255	0 + 1100,10	50.44248845434349	30.55416832678020	166.70
355	0 + 1100,10	50.44246112359435	30.554117364808917	167.69
455	0 + 1100,10	50.44244575004099	30.554082496091723	168.26
555	0 + 1100,10	50.442684893638685	30.55338717531413	172.22
156	0 + 1120,00	50.44262169151963	30.55360711645335	170.69
256	0 + 1120,00	50.44234667591083	30.554369492456317	166.82
356	0 + 1120,00	50.4423210532572	30.55433730594814	167.54
456	0 + 1120,00	50.442314220547196	30.554307801648974	167.98
556	0 + 1120,00	50.4428779158041	30.553955803625286	162.98

Кінець таблиці Б.1

1	2	3	4	5
157	0 + 1140,20	50.44252432592782	30.55373854469508	170.77
257	0 + 1140,20	50.44221172977917	30.55458406917751	166.07
357	0 + 1140,20	50.44219464796292	30.5545465182513	166.68
457	0 + 1140,20	50.442170733409824	30.554506285116076	167.42
557	0 + 1140,20	50.44262339968611	30.554317901842296	163.05
158	0 + 1160,10	50.44262339968611	30.554317901842296	163.05
258	0 + 1160,10	50.44208532419294	30.55475573055446	165.23
358	0 + 1160,10	50.44206824233104	30.554715497419238	165.97
458	0 + 1160,10	50.442034078588804	30.55466721765697	167.08
558	0 + 1160,10	50.44238596395277	30.55395312141627	170.52
159	0 + 1180,00	50.44211607152875	30.55510378908366	160.32
259	0 + 1180,00	50.44195891826909	30.55495153181255	164.18
359	0 + 1180,00	50.44193500359686	30.55491934530437	164.79
459	0 + 1180,00	50.441921338064446	30.554879112169147	165.54
559	0 + 1180,00	50.441878633250234	30.554663906805217	168.98

Таблиця Б.2 Переведені координати за допомогою програмного комплексу GeoCalculator

№ п/п	Пікетажне положення	Координати		
		X	Y	H
1	2	3	4	5
101	0 + 00,00	326047.038	5590504.322	201.46
102	0 + 00,00	326046.097	5590491.045	201.14
103	0 + 00,00	326047.522	5590482.252	200.87
104	0 + 00,00	326052.370	5590473.157	200.46
105	0 + 00,00	326049.391	5590465.840	200.37
201	0 + 20,00	326067.402	5590503.270	200.7
202	0 + 20,00	326066.688	5590491.126	200.38
203	0 + 20,00	326066.425	5590483.150	200.17
204	0 + 20,00	326069.774	5590474.864	199.79
205	0 + 20,00	326066.105	5590463.958	199.68
301	0 + 40,30	326087.999	5590503.541	199.88
302	0 + 40,30	326087.414	5590489.492	199.5
303	0 + 40,30	326086.820	5590483.047	199.36
304	0 + 40,30	326086.423	5590476.786	199.21
305	0 + 40,30	326086.697	5590464.040	198.83
401	0 + 60,20	326087.238	5590503.566	199.91
402	0 + 60,20	326106.819	5590488.282	198.72
403	0 + 60,20	326106.397	5590481.261	198.54
404	0 + 60,20	326105.435	5590475.209	198.44
405	0 + 60,20	326086.481	5590463.286	198.83
501	0 + 80,50	326108.350	5590502.110	198.96
502	0 + 80,50	326126.992	5590487.236	197.88
503	0 + 80,50	326126.767	5590480.399	197.80
504	0 + 80,50	326125.436	5590474.740	197.78
505	0 + 80,50	326105.899	5590462.456	198.11
106	0 + 100,10	326126.372	5590499.424	198.10
206	0 + 100,10	326135.917	5590486.181	197.55
306	0 + 100,10	326135.508	5590479.541	197.50

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
406	0 + 100,10	326134.336	5590472.925	197.47
506	0 + 100,10	326125.285	5590460.676	197.58
107	0 + 120,00	326137.074	5590500.212	197.61
207	0 + 120,00	326147.871	5590484.457	197.07
307	0 + 120,00	326146.344	5590478.613	197.11
407	0 + 120,00	326144.951	5590471.054	197.12
507	0 + 120,00	326134.364	5590458.475	197.36
108	0 + 140,40	326148.247	5590497.942	197.08
208	0 + 140,40	326157.692	5590481.661	196.57
308	0 + 140,40	326155.987	5590476.204	196.63
408	0 + 140,40	326153.273	5590469.069	196.74
508	0 + 140,40	326143.485	5590457.604	197.13
109	0 + 160,20	326161.330	5590495.800	196.42
209	0 + 160,20	326167.862	5590477.904	195.98
309	0 + 160,20	326166.348	5590472.440	196.03
409	0 + 160,20	326162.155	5590466.685	196.25
509	0 + 160,20	326153.325	5590455.379	196.72
110	0 + 180,10	326171.316	5590492.239	195.91
210	0 + 180,10	326175.951	5590474.595	195.54
310	0 + 180,10	326173.871	5590469.341	195.58
410	0 + 180,10	326170.249	5590463.566	195.74
510	0 + 180,10	326159.534	5590452.893	196.33
111	0 + 200,50	326181.659	5590487.906	195.35
211	0 + 200,50	326185.918	5590470.464	194.96
311	0 + 200,50	326183.661	5590465.596	195.03
411	0 + 200,50	326179.842	5590459.638	195.18
511	0 + 200,50	326167.838	5590450.337	195.80
112	0 + 220,20	326191.430	5590483.591	194.79
212	0 + 220,20	326196.838	5590466.302	194.28
312	0 + 220,20	326193.585	5590460.135	194.36
412	0 + 220,20	326189.798	5590455.127	194.50
512	0 + 220,20	326175.362	5590447.238	195.32

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
113	0 + 240,00	326200.027	5590478.365	194.29
213	0 + 240,00	326205.073	5590461.658	193.86
313	0 + 240,00	326202.226	5590456.238	193.90
413	0 + 240,00	326198.426	5590450.850	193.97
513	0 + 240,00	326183.622	5590443.353	194.84
114	0 + 260,10	326200.414	5590478.542	194.31
214	0 + 260,10	326212.019	5590458.387	193.52
314	0 + 260,10	326209.534	5590452.385	193.52
414	0 + 260,10	326205.010	5590448.162	193.68
514	0 + 260,10	326189.781	5590439.348	194.45
115	0 + 280,00	326216.425	5590472.691	193.57
215	0 + 280,00	326221.422	5590454.465	193.10
315	0 + 280,00	326219.882	5590448.242	193.07
415	0 + 280,00	326217.035	5590442.822	193.13
515	0 + 280,00	326200.529	5590435.761	193.82
116	0 + 300,10	326224.526	5590469.762	193.17
216	0 + 300,10	326229.744	5590452.480	192.72
316	0 + 300,10	326230.109	5590446.194	192.61
416	0 + 300,10	326227.433	5590440.198	192.69
516	0 + 300,10	326224.311	5590428.514	192.72
117	0 + 320,10	326230.963	5590468.410	192.90
217	0 + 320,10	326238.707	5590452.565	192.34
317	0 + 320,10	326239.440	5590445.886	192.23
417	0 + 320,10	326238.866	5590440.012	192.2
517	0 + 320,10	326224.495	5590428.318	192.69
118	0 + 340,20	326238.771	5590468.152	192.57
218	0 + 340,20	326247.911	5590454.163	191.90
318	0 + 340,20	326249.799	5590447.827	191.56
418	0 + 340,20	326249.998	5590442.307	191.40
518	0 + 340,20	326238.955	5590427.461	192.03
119	0 + 360,20	326245.677	5590469.446	192.31
219	0 + 360,20	326258.503	5590457.426	190.66

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
319	0 + 360,20	326261.731	5590451.236	190.14
419	0 + 360,20	326263.732	5590448.318	189.82
519	0 + 360,20	326251.352	5590427.623	191.02
120	0 + 380,00	326251.827	5590470.954	191.71
220	0 + 380,00	326264.950	5590462.157	189.99
320	0 + 380,00	326269.333	5590456.309	189.38
420	0 + 380,00	326272.838	5590452.771	188.8
520	0 + 380,00	326269.319	5590434.826	188.94
121	0 + 400,10	326257.209	5590472.298	191.08
221	0 + 400,10	326272.152	5590466.672	189.24
321	0 + 400,10	326276.591	5590462.534	188.66
421	0 + 400,10	326279.888	5590458.433	188.14
521	0 + 400,10	326279.662	5590442.090	187.73
122	0 + 420,10	326263.059	5590476.288	190.48
222	0 + 420,10	326277.906	5590473.517	188.71
322	0 + 420,10	326282.942	5590470.119	188.08
422	0 + 420,10	326287.799	5590467.108	187.42
522	0 + 420,10	326289.815	5590449.360	186.65
123	0 + 440,10	326269.569	5590482.918	189.89
223	0 + 440,10	326282.524	5590480.590	188.39
323	0 + 440,10	326288.580	5590479.249	187.72
423	0 + 440,10	326293.425	5590475.858	187.07
523	0 + 440,10	326300.099	5590460.619	185.50
124	0 + 440,10	326271.642	5590487.982	189.82
224	0 + 460,20	326286.633	5590489.580	188.2
324	0 + 460,20	326292.137	5590488.828	187.57
424	0 + 460,20	326297.375	5590485.804	186.75
524	0 + 460,20	326304.589	5590469.596	185.18
125	0 + 480,10	326273.416	5590495.529	189.81
225	0 + 480,10	326288.279	5590499.032	188.28
325	0 + 480,10	326294.354	5590498.261	187.56
425	0 + 480,10	326300.220	5590496.927	186.69

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
525	0 + 480,10	326311.589	5590485.336	184.42
126	0 + 500,10	326273.966	5590500.644	189.85
226	0 + 500,10	326289.494	5590506.976	188.39
326	0 + 500,10	326294.838	5590507.181	187.79
426	0 + 500,10	326300.482	5590504.903	186.90
526	0 + 500,10	326314.256	5590496.845	184.36
127	0 + 520,00	326276.336	5590508.931	189.78
227	0 + 520,00	326288.086	5590516.339	188.76
327	0 + 520,00	326293.830	5590517.100	188.19
427	0 + 520,00	326299.759	5590517.665	187.48
527	0 + 520,00	326274.872	5590516.584	190.16
128	0 + 540,00	326279.524	5590520.748	189.49
228	0 + 540,00	326285.696	5590524.782	189.09
328	0 + 540,00	326291.661	5590526.487	188.37
428	0 + 540,00	326297.234	5590527.824	187.74
528	0 + 540,00	326313.614	5590523.673	185.08
129	0 + 560,20	326271.922	5590525.426	190.48
229	0 + 560,20	326282.599	5590534.961	188.97
329	0 + 560,20	326287.613	5590536.697	188.39
429	0 + 560,20	326293.204	5590538.604	187.67
529	0 + 560,20	326310.059	5590537.288	185.14
130	0 + 580,20	326267.933	5590531.641	190.67
230	0 + 580,20	326273.869	5590553.499	189.13
330	0 + 580,20	326279.092	5590555.799	188.40
430	0 + 580,20	326285.414	5590556.731	187.71
530	0 + 580,20	326305.224	5590546.763	185.49
131	0 + 600,00	326260.320	5590549.383	190.81
231	0 + 600,00	326266.250	5590571.051	189.22
331	0 + 600,00	326271.289	5590573.546	188.55
431	0 + 600,00	326276.836	5590574.124	187.83
531	0 + 600,00	326296.075	5590564.175	186.12
132	0 + 620,00	326257.304	5590588.836	188.14

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
232	0 + 620,00	326259.354	5590589.534	189.68
332	0 + 620,00	326262.889	5590590.553	188.91
432	0 + 620,00	326267.903	5590592.289	188.21
532	0 + 620,00	326253.825	5590566.327	190.84
133	0 + 640,10	326250.912	5590601.214	189.69
233	0 + 640,10	326248.942	5590606.982	189.78
333	0 + 640,10	326254.349	5590609.085	188.52
433	0 + 640,10	326259.350	5590610.442	187.77
533	0 + 640,10	326254.432	5590611.461	187.77
134	0 + 660,10	326245.419	5590616.423	188.03
234	0 + 660,10	326240.434	5590626.464	188.01
334	0 + 660,10	326246.037	5590628.751	187.21
434	0 + 660,10	326251.235	5590630.291	186.46
534	0 + 660,10	326288.131	5590583.448	186.1
135	0 + 680,20	326243.571	5590584.916	191.11
235	0 + 680,20	326233.233	5590645.142	186.84
335	0 + 680,20	326237.479	5590646.713	186.15
435	0 + 680,20	326242.880	5590648.626	185.37
535	0 + 680,20	326279.776	5590601.784	186.15
136	0 + 700,10	326235.356	5590601.726	191.22
236	0 + 700,10	326225.037	5590662.522	185.91
336	0 + 700,10	326230.444	5590664.625	185.10
436	0 + 700,10	326235.642	5590666.165	184.40
536	0 + 700,10	326270.664	5590620.335	185.11
137	0 + 720,10	326226.486	5590621.790	189.89
237	0 + 720,10	326215.386	5590682.042	185.25
337	0 + 720,10	326220.990	5590684.328	184.31
437	0 + 720,10	326225.451	5590686.653	183.53
537	0 + 720,10	326263.864	5590639.570	183.82
138	0 + 740,00	326217.350	5590639.582	189.05
238	0 + 740,00	326207.964	5590699.776	184.35
338	0 + 740,00	326212.794	5590701.708	183.47

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
438	0 + 740,00	326217.298	5590705.362	182.56
538	0 + 740,00	326256.816	5590657.103	182.65
139	0 + 780,20	326210.106	5590656.931	188.26
239	0 + 780,20	326204.621	5590708.251	183.98
339	0 + 780,20	326209.057	5590709.816	183.20
439	0 + 780,20	326213.868	5590711.178	182.42
539	0 + 780,20	326248.804	5590674.286	181.88
140	0 + 800,10	326202.709	5590675.425	187.42
240	0 + 800,10	326200.352	5590717.517	183.66
340	0 + 800,10	326205.353	5590718.873	182.82
440	0 + 800,10	326208.843	5590720.659	182.24
540	0 + 800,10	326238.447	5590695.540	180.79
141	0 + 820,00	326195.692	5590693.907	186.55
241	0 + 820,00	326196.450	5590726.391	183.26
341	0 + 820,00	326201.648	5590727.931	182.32
441	0 + 820,00	326206.440	5590728.723	181.68
541	0 + 820,00	326230.760	5590711.002	180.27
142	0 + 840,20	326191.569	5590701.838	186.26
242	0 + 840,20	326194.972	5590739.367	182.03
342	0 + 840,20	326200.291	5590738.812	181.54
442	0 + 840,20	326204.627	5590737.338	181.13
542	0 + 840,20	326225.837	5590717.818	180.19
143	0 + 860,10	326184.615	5590710.622	186.29
243	0 + 860,10	326198.541	5590749.325	180.64
343	0 + 860,10	326203.257	5590747.839	180.14
443	0 + 860,10	326206.769	5590744.491	180.05
543	0 + 860,10	326221.938	5590726.311	179.79
124	0 + 880,00	326182.871	5590726.648	184.92
244	0 + 880,00	326204.173	5590758.265	179.01
344	0 + 880,00	326207.519	5590755.683	178.79
444	0 + 880,00	326211.589	5590751.937	178.53
544	0 + 880,00	326219.014	5590735.913	179.22

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
145	0 + 900,00	326181.823	5590741.131	183.58
245	0 + 900,00	326214.572	5590767.237	176.71
345	0 + 900,00	326217.069	5590762.022	176.76
445	0 + 900,00	326217.674	5590757.249	177.13
545	0 + 900,00	326219.679	5590738.743	178.76
146	0 + 920,00	326221.237	5590751.316	176,45
246	0 + 920,00	326222.086	5590769.651	175.34
346	0 + 920,00	326223.053	5590764.296	175.72
446	0 + 920,00	326221.411	5590760.738	176.27
546	0 + 920,00	326185.008	5590756.805	181.61
147	0 + 940,10	326221.037	5590758.106	179.38
247	0 + 940,10	326234.719	5590765.433	173.97
347	0 + 940,10	326233.039	5590760.735	174.64
447	0 + 940,10	326230.298	5590758.544	175.18
547	0 + 940,10	326218.041	5590741.078	178.81
148	0 + 960,10	326191.059	5590766.872	179.95
248	0 + 960,10	326244.458	5590760.169	173.01
348	0 + 960,10	326242.803	5590756.231	173.68
448	0 + 960,10	326244.268	5590760.175	173.01
548	0 + 960,10	326218.484	5590742.965	178.47
149	0 + 980,00	326211.529	5590780.645	175.82
249	0 + 980,00	326261.683	5590750.666	171.42
349	0 + 980,00	326260.605	5590746.900	171.82
449	0 + 980,00	326257.674	5590744.715	172.54
549	0 + 980,00	326219.854	5590744.060	178.15
150	0 + 1000,00	326232.157	5590781.866	172.63
250	0 + 1000,00	326276.225	5590734.979	170.79
350	0 + 1000,00	326278.039	5590737.961	170.03
450	0 + 1000,00	326278.882	5590740.404	169.64
550	0 + 1000,00	326221.403	5590744.770	177.95
151	0 + 1020,10	326241.977	5590779.071	171.43
251	0 + 1020,10	326291.883	5590724.197	169.46

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
351	0 + 1020,10	326294.477	5590727.724	168.70
451	0 + 1020,10	326294.768	5590730.756	168.16
551	0 + 1020,10	326222.939	5590745.099	177.63
152	0 + 1040,10	326249.825	5590774.250	170.78
252	0 + 1040,10	326294.025	5590731.351	168.24
352	0 + 1040,10	326293.004	5590729.293	168.64
452	0 + 1040,10	326291.399	5590726.874	169.29
552	0 + 1040,10	326227.097	5590744.012	177.15
153	0 + 1060,00	326267.474	5590766.064	168.75
253	0 + 1060,00	326312.686	5590719.139	166.83
353	0 + 1060,00	326310.700	5590716.733	167.35
453	0 + 1060,00	326307.769	5590714.548	168.08
553	0 + 1060,00	326249.997	5590733.181	175.12
154	0 + 1080,10	326285.872	5590757.474	166.40
254	0 + 1080,10	326326.798	5590701.945	166.80
354	0 + 1080,10	326324.241	5590699.558	167.54
454	0 + 1080,10	326321.335	5590698.132	168.11
554	0 + 1080,10	326266.594	5590721.988	173.87
155	0 + 1100,10	326303.035	5590746.072	165.00
255	0 + 1100,10	326338.382	5590689.016	166.70
355	0 + 1100,10	326334.664	5590686.097	167.69
455	0 + 1100,10	326332.132	5590684.469	168.26
555	0 + 1100,10	326283.643	5590712.682	172.22
156	0 + 1120,00	326317.010	5590741.810	170.69
256	0 + 1120,00	326352.144	5590672.784	166.82
356	0 + 1120,00	326349.766	5590670.010	167.54
456	0 + 1120,00	326347.646	5590669.320	167.98
556	0 + 1120,00	326324.720	5590732.811	162.98
157	0 + 1140,20	326308.001	5590694.009	170.77
257	0 + 1140,20	326366.884	5590657.280	166.07
357	0 + 1140,20	326364.156	5590655.468	166.68
457	0 + 1140,20	326361.212	5590652.904	167.42

Кінець таблиці Б.2

1	2	3	4	5
557	0 + 1140,20	326349.495	5590703.669	163.05
158	0 + 1160,10	326349.495	5590703.669	163.05
258	0 + 1160,10	326378.609	5590642.825	165.23
358	0 + 1160,10	326375.690	5590641.020	165.97
458	0 + 1160,10	326372.137	5590637.335	167.08
558	0 + 1160,10	326322.728	5590678.125	170.52
159	0 + 1180,00	326403.432	5590645.430	160.32
259	0 + 1180,00	326392.047	5590628.315	164.18
359	0 + 1180,00	326389.675	5590625.731	164.79
459	0 + 1180,00	326386.768	5590624.306	165.54
559	0 + 1180,00	326371.333	5590620.061	168.98

ДОДАТОК В

ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Аналіз існуючих методів визначення параметрів автомобільних доріг в плані

На сьогоднішній день існують такі методи визначення параметрів автомобільних доріг в плані: графічно-аналітичний (практичний) метод для визначення радіуса горизонтальної кривої та графічний (метод підбору) визначення радіуса горизонтальної кривої в графічних редакторах.

Аналіз графо-аналітичного (практичного) методу для визначення радіуса горизонтальної кривої

Використовуючи програму розроблену кафедрою проектування НТУ координати точок, виміряних за допомогою рухомої лабораторії з GPS-приймачем, можна вивести в графічному вигляді.

На рисунку В.1 показано вікно програми. В ній відображаються координати (X, Y, Z) [72] всіх виміряних точок та час замірів і довжина траси. В графічній частині показано графік дороги (осі дороги) та поздовжній профіль.

При наведенні на будь-яку точку на плані траси, на екрані програми відразу відображаються координати даної точки. В нижній частині вікна відображується поздовжній профіль автомобільної дороги у вигляді графіка, який характеризує зміну координати Z. Якщо виділити будь-яку ділянку поздовжнього профілю в даному вікні, дана ділянка відразу відображається в збільшеному вигляді в лівій частині програмного вікна [64].

Отримані дані аналізуються і за математичними формулами проводяться розрахунки радіусів горизонтальних кривих та параметрів вертикальних елементів дороги, такі як радіуси вертикальних кривих та поздовжні похили.

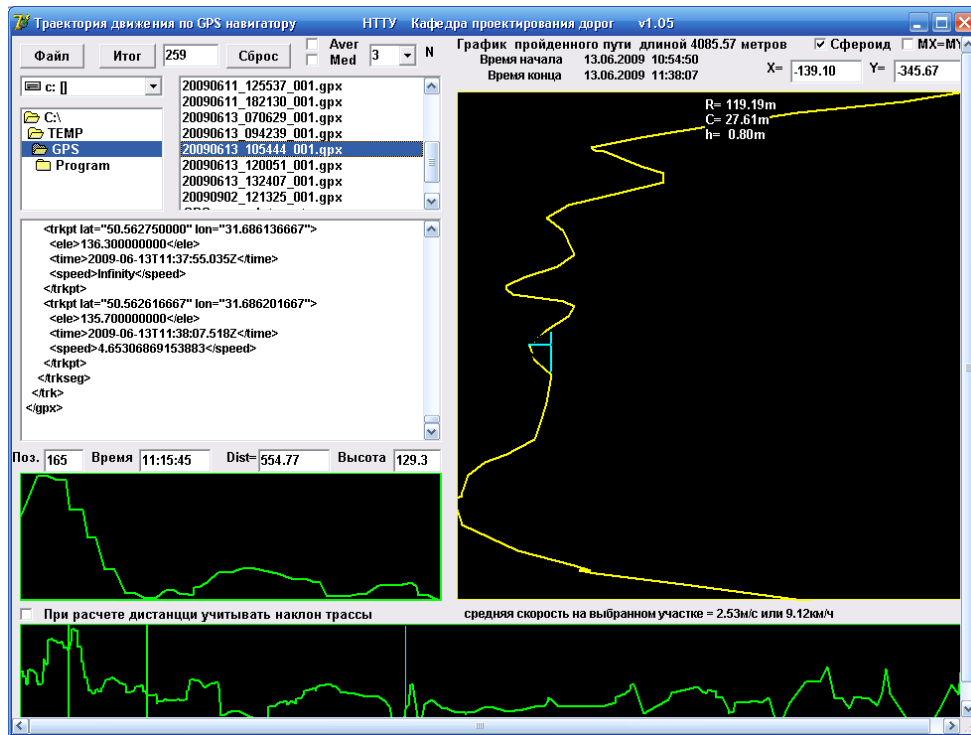


Рисунок В.1 – Вікно програми з трасою побудованою на основі даних GPS-приймача

На плані дороги виділяються криволінійні ділянки та аналізуються більш детально. Визначаються радіуси поворотів і проводиться їх аналіз.

Для цього виділяють три точки, які знаходяться на кривій з радіусом R , що є шуканою величиною. Відповідно до рисунку В.2 відрізок AC – хорда з відомою довжиною. Посередині кривої знаходиться точка B – вершина кривої, радіус R проведений через цю точку ділить хорду на два рівних відрізка AD і DC , з довжиною $L/2$. Перевищення точки B над хордою становить величину Δ .

На основі цих вихідних даних виводиться формула для обчислення радіусу горизонтальної кривої [5, 13, 14].

Розрахункова формула для обчислення радіусу горизонтальної кривої:

$$R = \frac{4\Delta^2 + l^2}{8\Delta} \quad (B.1)$$

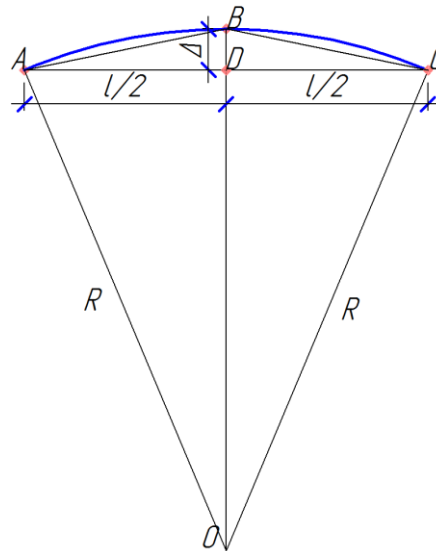


Рисунок В.2 – Схема для визначення радіуса горизонтальної кривої

Аналіз графічного методу визначення радіуса горизонтальної кривої з використанням графічних редакторів

Для визначення радіусу кривої графічним методом використовуються графічні редактори, які підтримують функцію креслення, наприклад AutoCAD. Для більшої зручності необхідно встановити додаткову команду під назвою «Геоімпорт». Ця команда дозволяє завантажити вихідні дані (координати точок) до програми. Це можуть бути як координати отримані з супутникових геодезичних карт, так і за допомогою GPS приймача.

На основі отриманих точок будується полілінія, що проходить через всі точки і представляє собою вісь дороги. Далі проводиться аналіз дороги. На ділянках де є зміна напрямку руху визначається радіус заокруглення дороги. Для цього, використовуючи команду «побудувати коло за трьома точками» визначаються радіуси заокруглень методом підбору колової кривої. Для цього будується коло за трьома точками, які знаходяться на полілінії, що представляє трасу автомобільної дороги, точки мають бути рівновіддаленими одна від одної [13, 14]. Також за допомогою інших інструментів AutoCAD вимірюються довжини прямих та кривих ділянок.

Аналіз існуючих методів визначення параметрів автомобільних доріг в профілі

На сьогоднішній день існують такі методи визначення параметрів автомобільних доріг в профілі:

- графічно-аналітичний метод для визначення радіуса вертикальної кривої;
- графічно-аналітичний метод для визначення поздовжнього похилу;
- графічний метод визначення радіуса вертикальної кривої в графічних редакторах.

Всі ці методи доцільно використовувати при аналізі кривих з постійним радіусом, так як вони не враховують поступову зміну на перехідних кривих та кривих, які описані рівнянням параболи, тому не можуть забезпечити достовірні результати.

Аналіз графічно-аналітичного методу для визначення поздовжнього похилу

На рисунку В.1 показано вікно програми, в якій координати точок, виміряних за допомогою рухомої лабораторії з GPS-приймачем [34], виводяться в графічному вигляді. В ній можна переглянути координати (X, Y, Z) всіх точок замірів та час замірів. В графічній частині показано графік дороги (осі дороги) та поздовжній профіль. В нижній частині програми відображається графік, який характеризує профіль дороги. Програма дає можливість детального аналізу поздовжнього профілю. Для цього є можливість збільшення досліджуваної ділянки дороги. Для цього необхідно виділити рамкою ділянку, яка досліджується і вона відразу відображується у правій частині діалогового вікна в збільшеному вигляді.

На основі визначених відміток координат визначаються значення перевищень та відстань між досліджуваними точками. Ці дані використовуються для розрахунку значення поздовжнього похилу за формулами.

Аналіз графічного методу визначення радіуса вертикальної кривої в графічних редакторах

Графічний метод визначення радіусів вертикальних кривих аналогічний до визначення горизонтальних кривих. За допомогою команди Геоімпорт завантажуюмо координати точок та будуємо просторову вісь дороги. Для визначення радіусів кривих в профілі необхідно ввімкнути вид зліва і використовуючи команду «побудувати коло за трьома точками» або методом підбору визначаємо радіуси заокруглень наступним чином. Спочатку будуємо коло за трьома точками і встановлюємо біля осі дороги, якщо побудоване коло має радіус, який повністю вписується в поворот траси, визначаємо його радіус, якщо ні – збільшуємо, або зменшуємо радіус кола та приміряємо його до криволінійної ділянки траси [42, 63]. Даний метод можна використовувати лише для визначення радіусів колових кривих. Також за допомогою інших інструментів AutoCAD визначаємо інші параметри профілю – значення поздовжнього профілю.

За допомогою лінійки вимірюється довжина похилої ділянки та перевищення між точками початку та кінця цієї ділянки та визначається значення похилу.

Проведений аналіз методів визначення геометричних параметрів представлений в табличній формі.

Таблиця В.1 – Порівняння методів визначення геометричних параметрів [15, 16, 21].

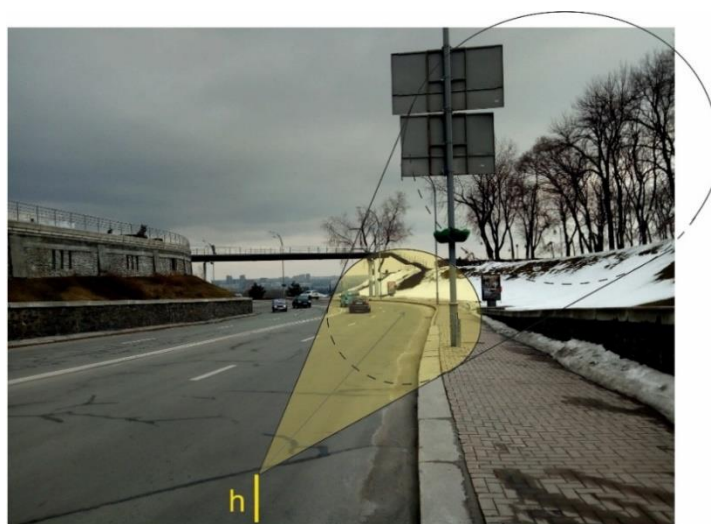
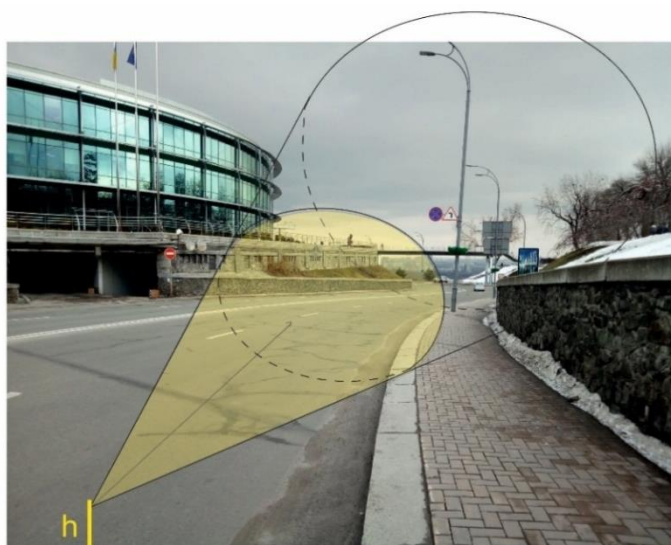
Параметр	Графічно-аналітичний метод для визначення радіуса кривої	Графічний метод для визначення радіуса кривої	Графічно-аналітичний метод для визначення поздовжнього похилу
1	2	3	4
Результати розрахунків	визначення радіусів горизонтальних та вертикальних колових кривих	визначення радіусів горизонтальних та вертикальних колових кривих	визначення розміру поздовжнього та поперечного профілю
Точність	Висока (до 2 м)	низька, метод підбору (до 25 м)	висока

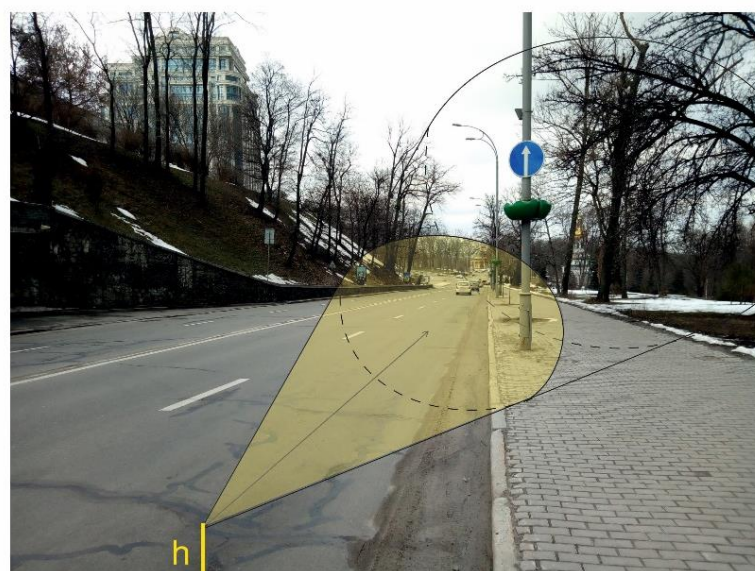
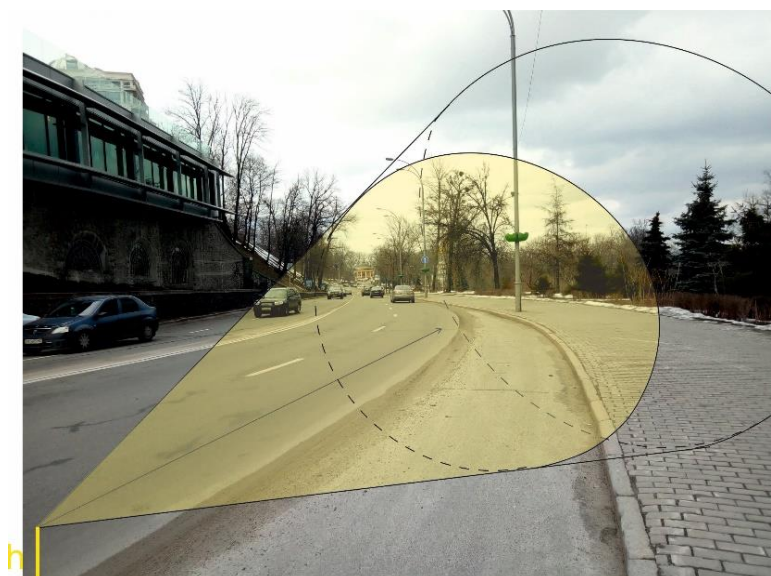
Кінець таблиці 1.1

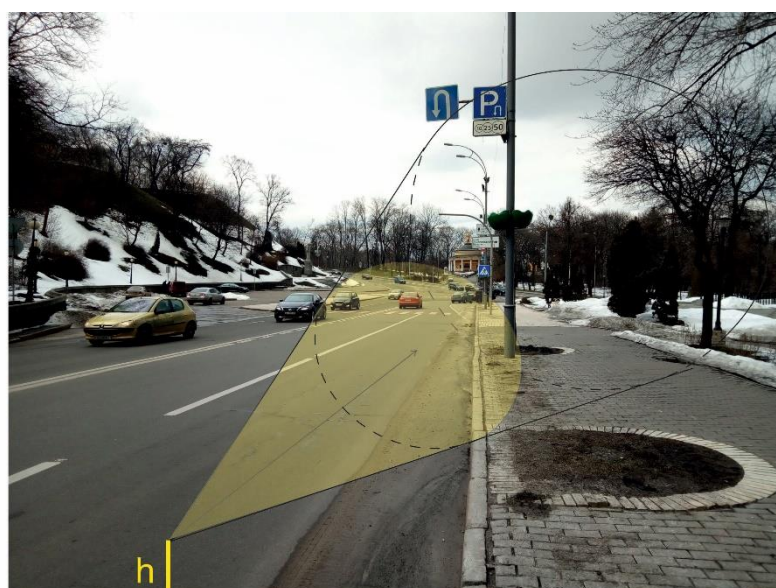
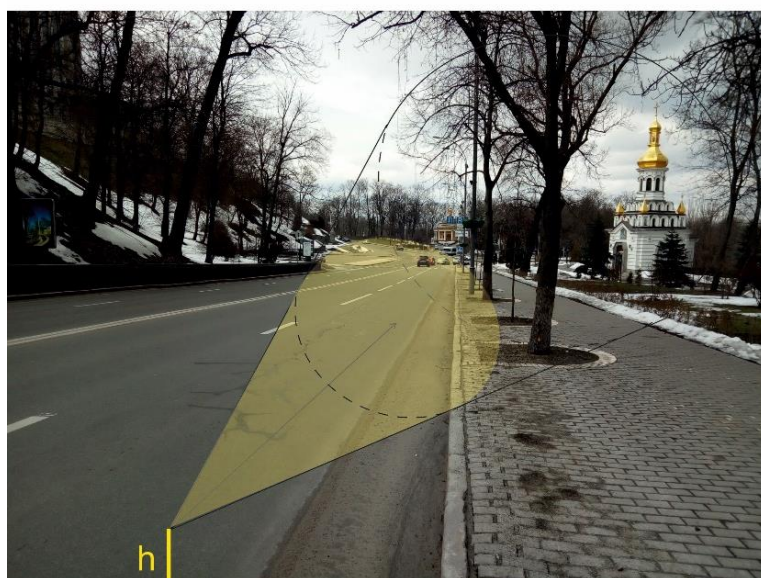
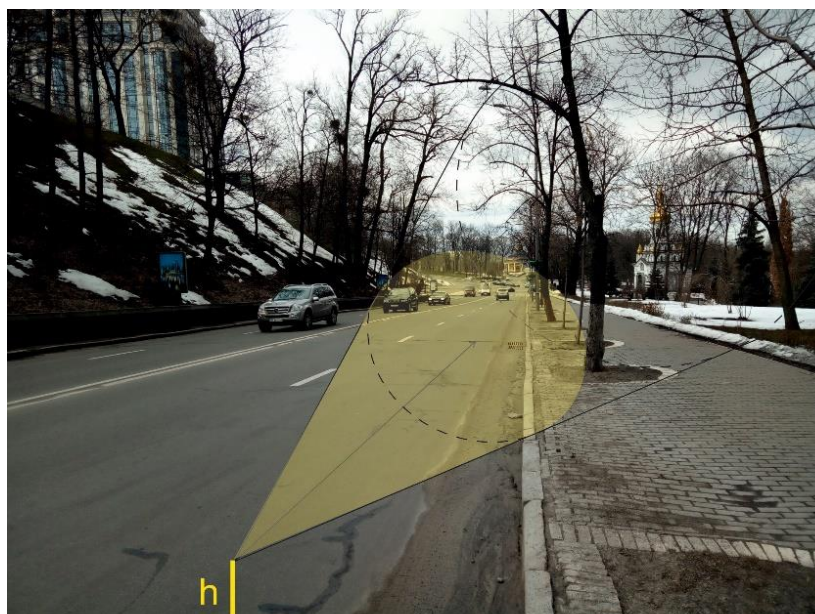
1	2	3	4
Спосіб використання	Графічні редактори + математичні розрахунки	Графічні редактори Adobe AutoCad	Графічні редактори + математичні розрахунки
Переваги	- більш висока точність в порівнянні з графічним методом	- швидкість отримання даних	- точність отримання даних
Недоліки	- можливість визначення лише кривих з постійним радіусом	- низька точність отриманих результатів	-

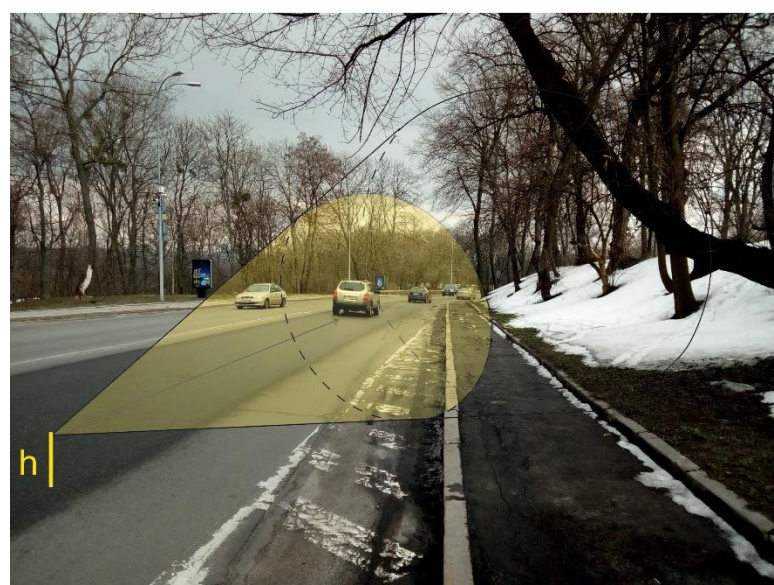
З метою вдосконалення методів технічного обліку та паспортизації доріг, отримання більш повної та об'єктивної інформації про їх стан та підвищення продуктивності праці при зборі та обробці даних використовують сучасні методи отримання координат.

ДОДАТОК Г

**АНАЛІЗ ДОРОГИ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ
ВИДИМОСТІ НА ОСНОВІ МЕТОДА «КОНУСА»**







ДОДАТОК Д

АНАЛІЗ КОМБІНАЦІЙ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОГИ НА ОСНОВІ ПРОСТОРОВОЇ ВИДИМОСТІ

Комбінація 1 (Пряма – Пряма)

Вісь дороги в плані та профілі описується прямими. Напрямок вектора прямої показує напрям руху (рисунок Д.1)

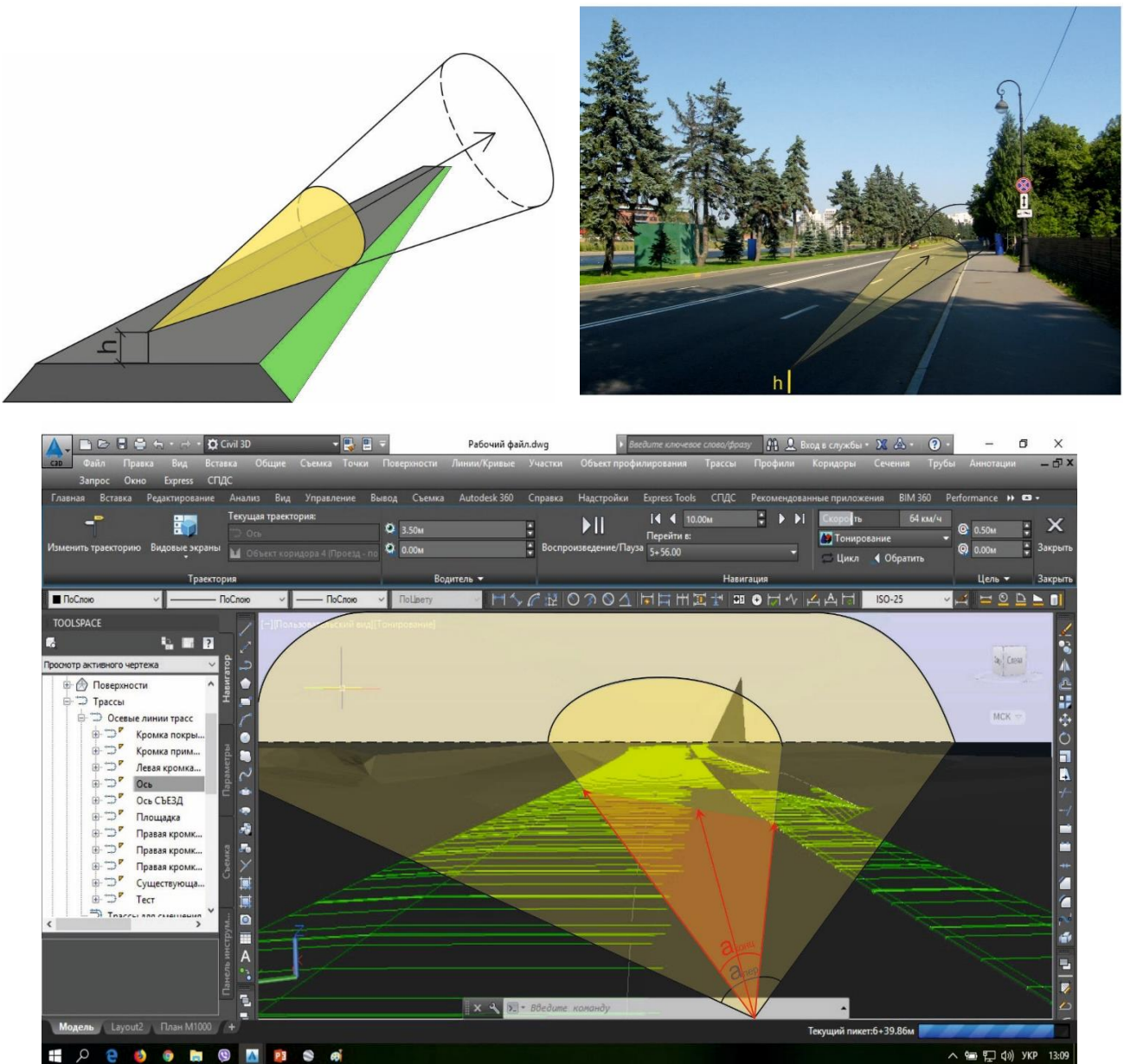


Рисунок Д.1 – Графічне зображення просторової видимості при поєднанні елементів за першою комбінцією

Комбінація 2 (Пряма – Колова крива)

Вісь дороги в плані описується прямою лінією, в профілі – круговою кривою. Дотична в будь-якій точці, або перша похідна від рівняння кривої описується вектором, що вказує на напрямок руху (рисунки Д.1, Д.2).

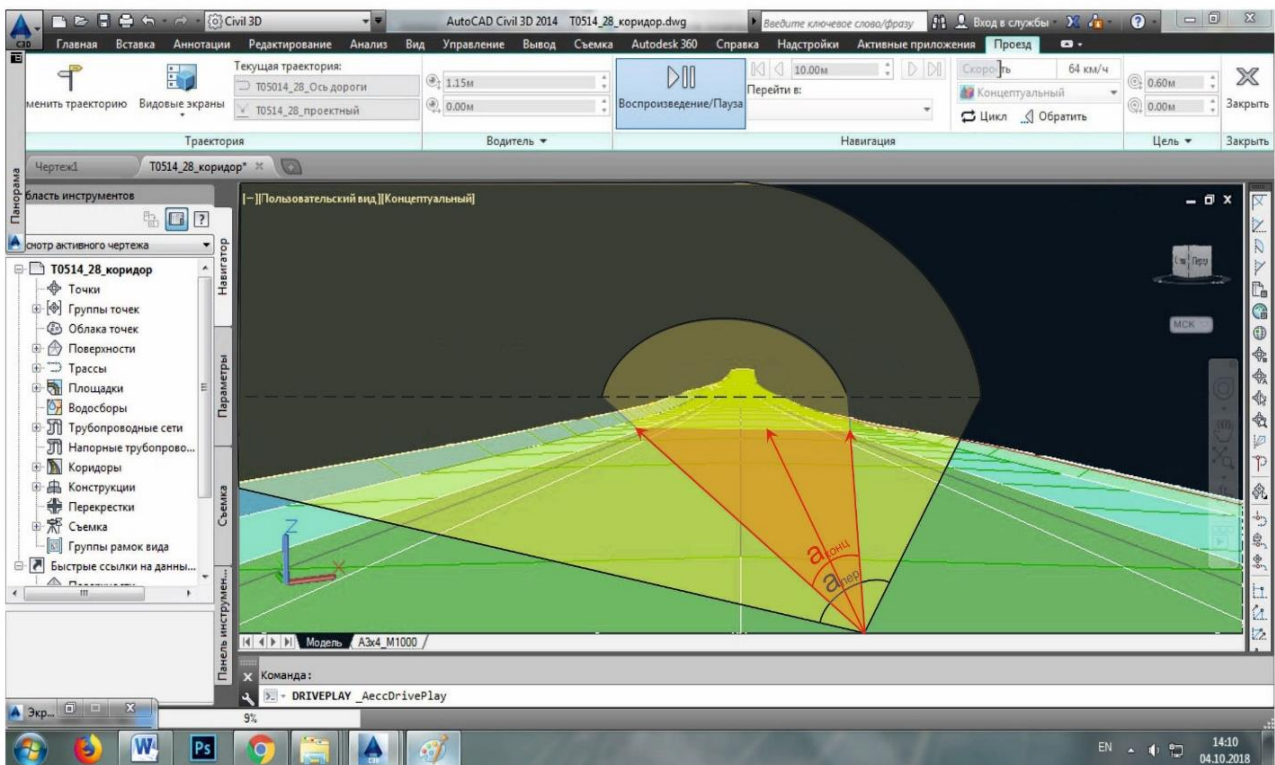
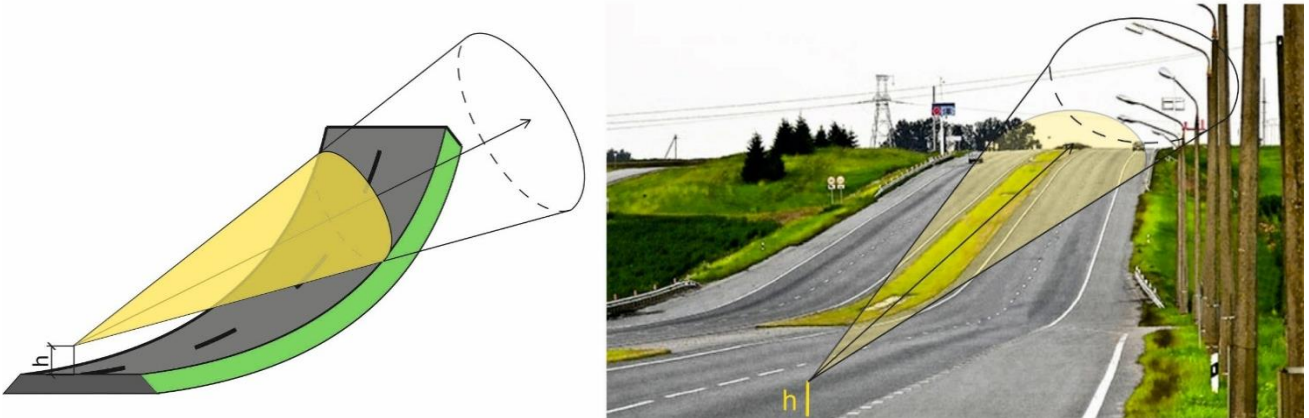


Рисунок Д.2– Графічне зображення просторової видимості при поєднанні елементів за другою комбінацією

Комбінація 3 (Колова крива – Пряма)

Вісь дороги в плані описується круговою кривою, в профілі – прямою лінією. Дотична в будь-якій точці, або перша похідна від рівняння кривої описується вектором, що вказує на напрям руху (рисунки Д.3).

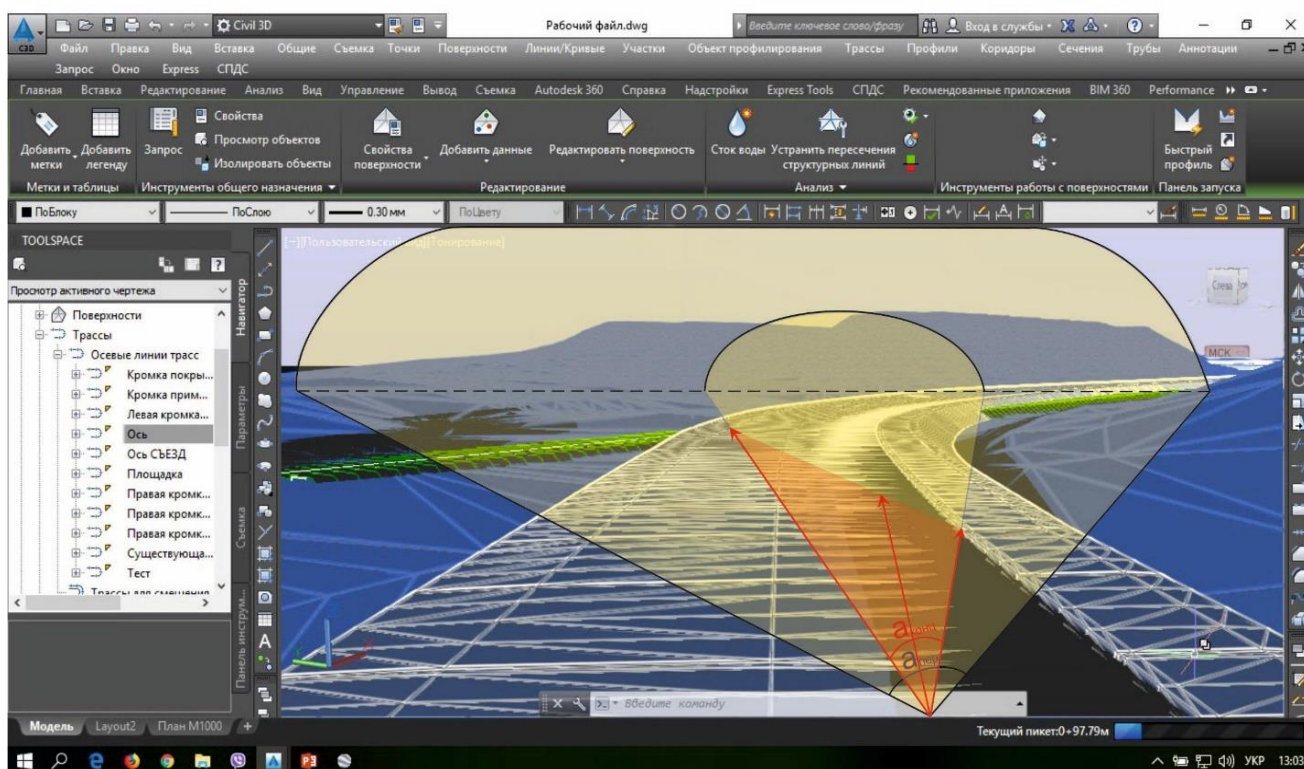
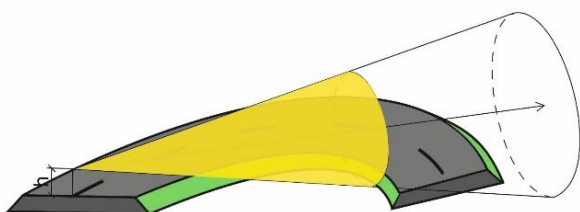


Рисунок Д.3– Графічне зображення просторової видимості при поєднанні елементів за третьою комбінцією

Комбінація 4 (Колова крива – Колова крива)

Вісь дороги в плані описується круговою кривою, в профілі – круговою кривою. Дотична в будь-якій точці, або перша похідна від рівняння кривої описується вектором, що вказує на напрям руху.

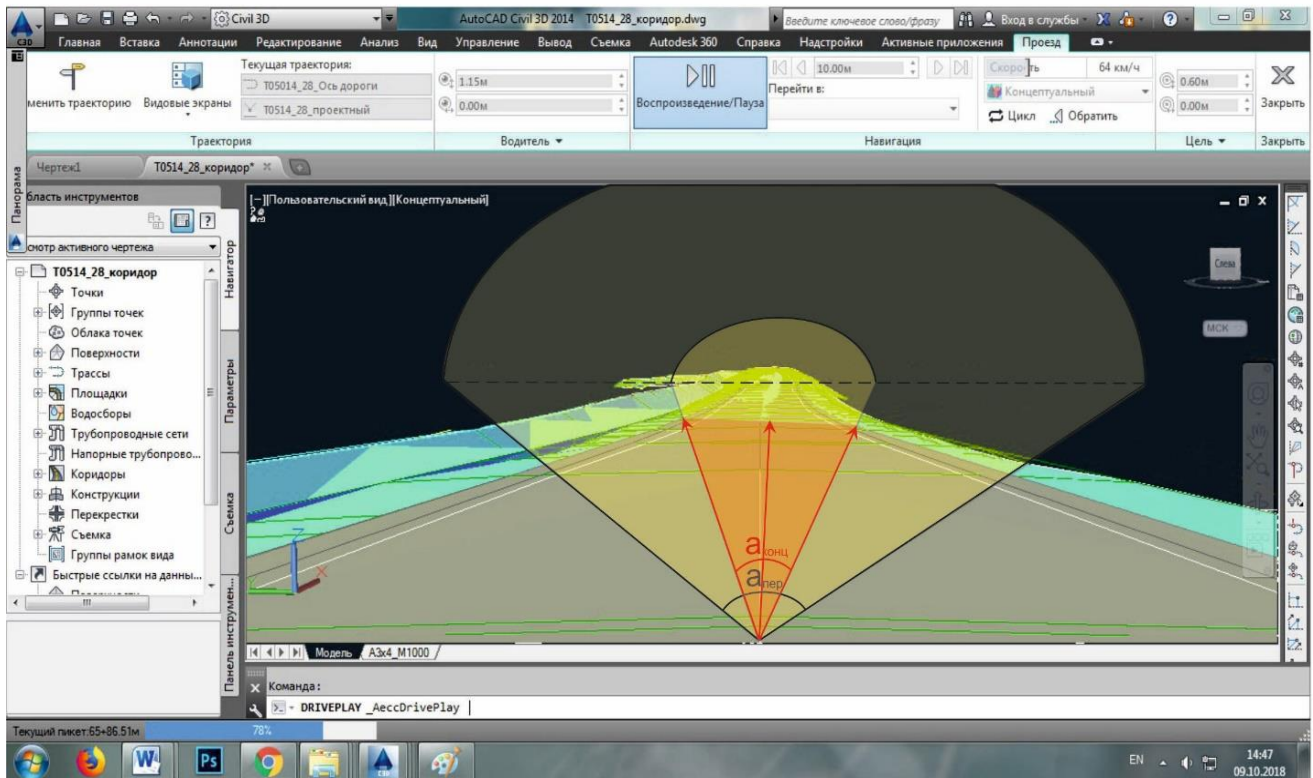
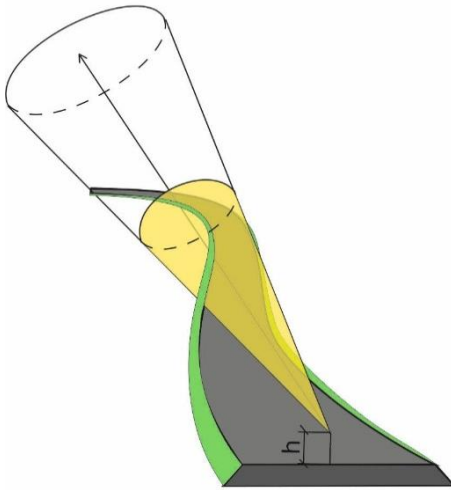


Рисунок Д.4– Графічне зображення просторової видимості при поєднанні елементів за четвертою комбінцією

Комбінація 5 (Перехідна крива – Пряма)

Вісь дороги в плані описується кривою зі змінним радіусом, в профілі – прямою лінією. Дотична в будь-якій точці, або перша похідна від рівняння кривої описується вектором, що вказує на напрям руху.

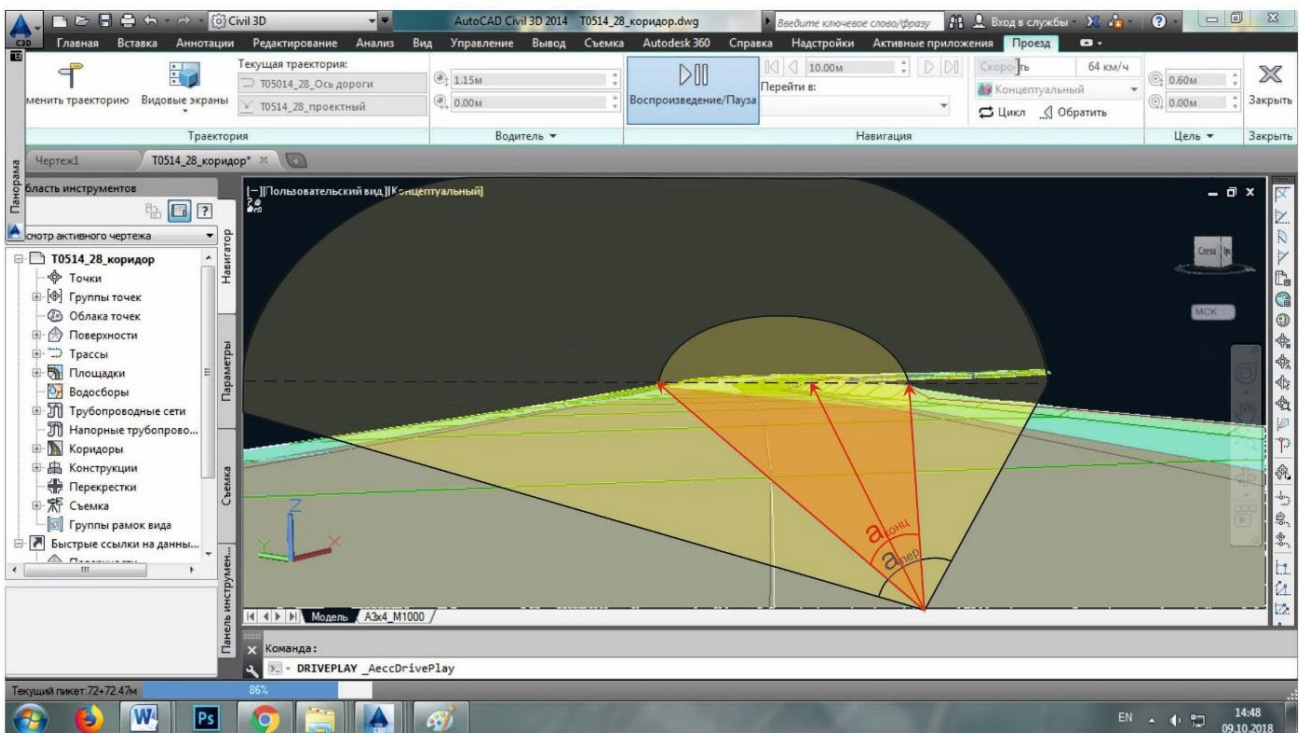
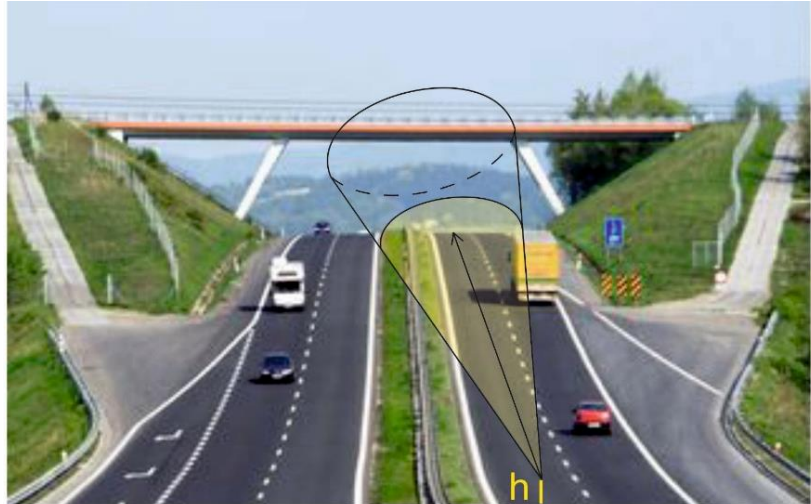
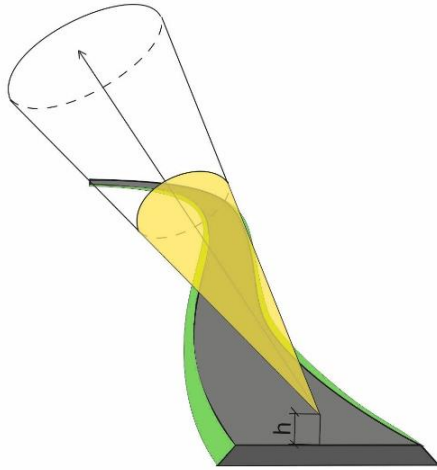


Рисунок Д.5– Графічне зображення просторової видимості при поєднанні елементів за п'ятою комбінцією

Комбінація 6 (Колова крива – Колова крива)

Вісь дороги в плані описується кривою зі змінним радіусом, в профілі – коловою кривою. Дотична в будь-якій точці, або перша похідна від рівняння кривої описується вектором, що вказує на напрям руху.

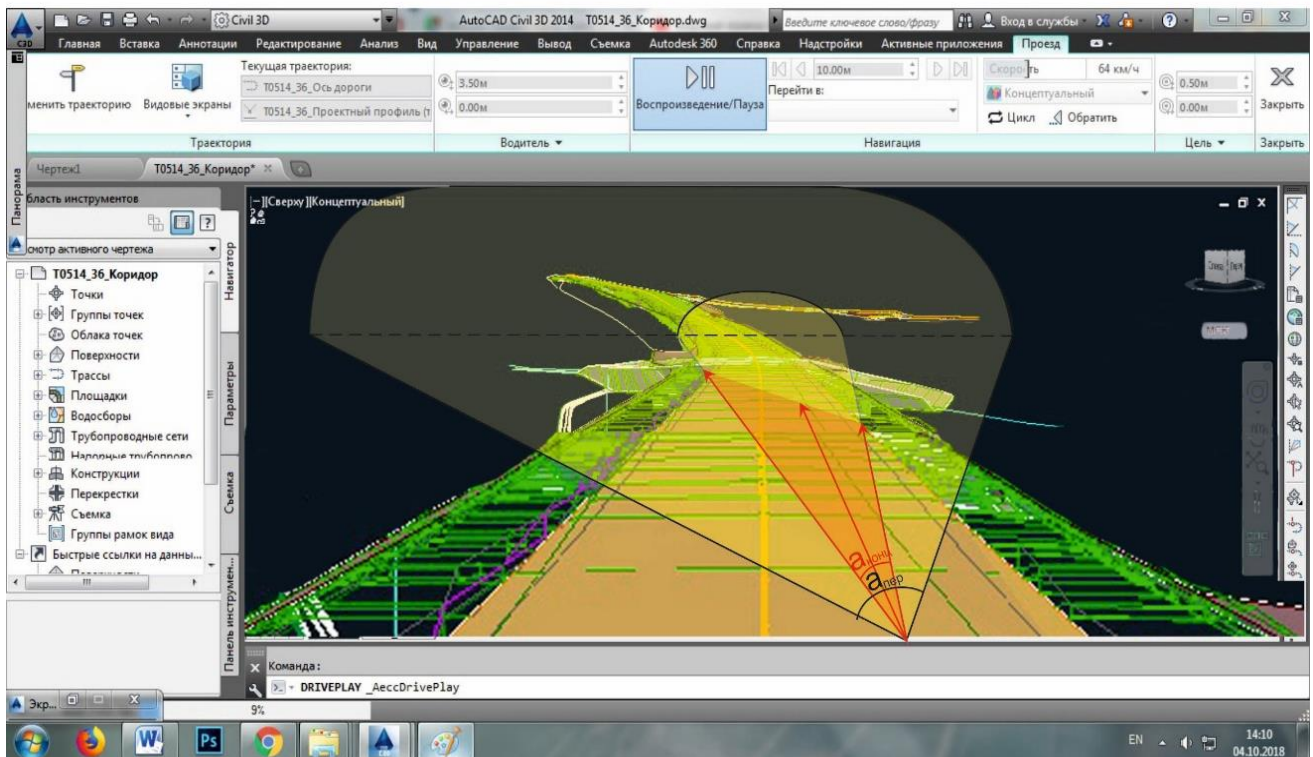
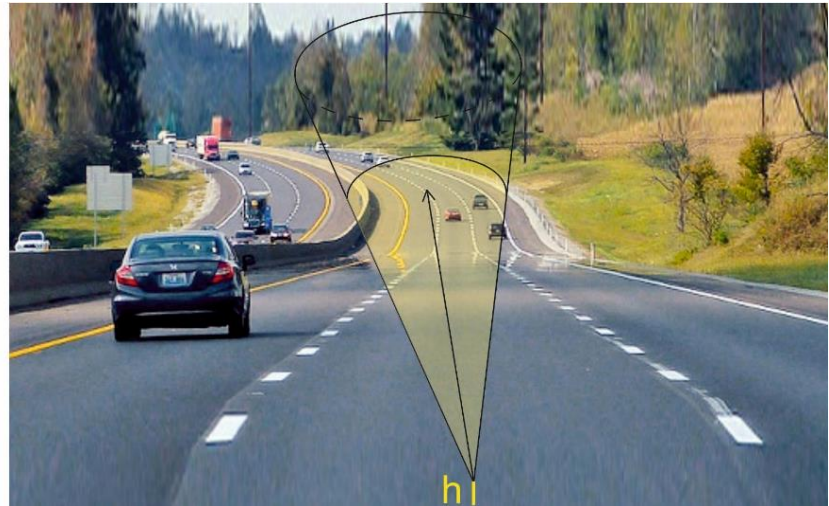
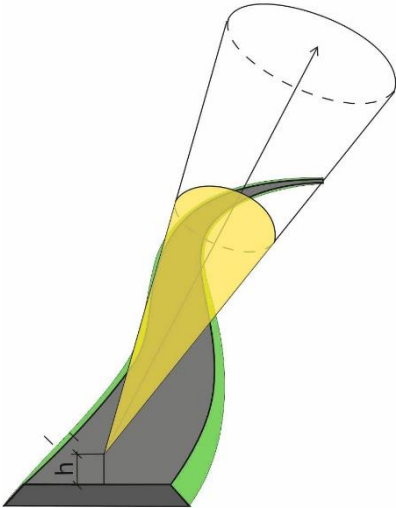


Рисунок Д.6 – Графічне зображення просторової видимості при поєднанні елементів за шостою комбінцією

ДОДАТОК Е

ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО –
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
З ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРДІПРОДОР



Management Service

03037, м. Київ, Повітрофлотський пр-кт, 39/1
тел./факс: (044) 206-64-30
e-mail: okt@diprodor.com

“ 08 ” 10 2020 р.

№ 1315-01

на № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження

Цією довідкою підтверджується, що результати дослідження, які відображенні у дисертації аспіранта кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою Національного транспортного університету Бець Світлани Олександрівни «Удосконалення методу розрахунку просторової видимості на автомобільних дорогах» використовуються ДП «Укрдіпродор» при виконанні проектно-вишукувальних робіт з реконструкції, капітального ремонту, поточного середнього ремонту та паспортизації автомобільних доріг загального користування.

Зокрема, надані в дисертаційному дослідженні рекомендації для визначення просторових координат використані при застосуванні галузевих документів (СОУ 42.1-37641918-063:2016 «Геоінформаційна система автомобільних доріг. Вимоги до складу, змісту та застосування» та СОУ 42.1-37641918-038:2016 «Паспорт автомобільної дороги») та при визначенні фактичної видимості на дорогах у процесі виконання проектно-вишукувальних робіт.

Впровадження результатів роботи, що отриманні під час виконання дисертаційного дослідження, сприяють використанню сучасних методів та технологій збору даних при виконанні робіт з вишукувань, проектування та паспортизації автомобільних доріг загального користування.

Заступник головного інженера, к.т.н.



Федір ГОНЧАРЕНКО

012955



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, т.ф. +38 (044) 280 82 03, т. +38 (044) 280 87 65
e-mail: general@ntu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070915

13.10.2020 № 1654/11
на № _____

ДОВІДКА

про впровадження наукових розробок
Бець Світлани Олександрівни

Цією довідкою засвідчується, що результати дослідження, які відображені у кандидатській дисертації аспіранта кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою НТУ Бець С.О. «Удосконалення методу розрахунку просторової видимості на автомобільних дорогах» впроваджуються в освітній процес з курсу «Вишукування та проектування автомобільних доріг» з розрахунку параметрів автомобільних доріг, визначених на основі геодезичних координат та просторової видимості.

Проректор з навчальної роботи



О.К. Гришук

ДОДАТОК Ж

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

1. Савчук С. А. Обеспечение пространственной видимости на автомобильных дорогах. *Modern management review*, 2016, № 23. С. 45-60.

Статті у наукових фахових виданнях:

2. Савчук С. О., Пальчик А. М. Використання GPS технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2013. Вип. 90. С. 12-19.

3. Савчук С. О. Визначення просторової видимості на автомобільних дорогах. *Вісник Національного транспортного університету* : науково-технічний збірник. 2017. Вип. 1(37). С. 358-362.

4. Бець С. О. Розробка методів визначення параметрів кривих змінного радіуса при паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2018. Вип. 104. С. 24-30.

5. Бець С. О. Analysis of spatial visibility on the roads on the basis of visibility coefficients. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : наук.-техн. збірник. Київ. 2019. Вип. 105. С. 28-34.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

6. Савчук С. О., Пальчик А. М. Використання GPS технологій при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Сучасні геоінформаційні технології при підготовці фахівців дорожньої галузі* : тези доповідей міжнародного науково-технічного семінару. Х. : ХНАДУ, 2015.

7. Савчук С. О., Додух К. М. Пропускна здатність перехрещень автомобільних доріг в одному рівні. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2011. №67. С. 133.
8. Савчук С. О., Пальчик А. М. Вплив видимості на швидкість руху транспортних засобів. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2017. № 73. С. 196.
9. Савчук С. О., Пальчик А. М. Перспективи впровадження в Україні підземних та багаторівневих парковок. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2012. № 68. С. 166.
10. Савчук С. О., Пальчик А. М., Соколенко Т. В. Підготовка даних для вишукування та паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2015. № 71. С. 203.
11. Савчук С. О., Полянська А. В, Ситник Є. В. Визначення геометричних елементів автомобільної дороги. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2017. № 73. С. 197.
12. Савчук С. О., Соколенко Т. В., Фірова А. О. Застосування даних GPS при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2015. №71. С. 203.

13. Савчук С. О., Фірова А. О., Соколенко Т. В. GPS технології при паспортизації автомобільних доріг. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : тези доповідей. К. : НТУ, 2015. №71. С. 203.

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

14. Савчук С. А., Совершенствование методов определения параметров автомобильной дороги в плане и профиле. *Автомобильные дороги и мосты*. 2016. №2. С. 95-98.

15. Савчук С. О., Соколенко Т. В. Застосування супутникових геодезичних карт при вишукуванні та паспортизації автомобільних доріг. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. 2015. Вип. 93. С. 26-38.