

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Український державний університет науки і технологій**

**ДО ЗАХИСТУ**

зав. кафедри, професор

О. Л. Тютькін  
2021 р.  «  »

**Навчально-науковий центр: Організація та експлуатація доріг**

**ДИПЛОМНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**  
на здобуття ОС «магістр»

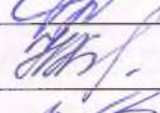
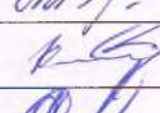
**Галузь** 19 – Архітектура та будівництво

**Спеціальність** 192 – Будівництво та цивільна інженерія

**Освітня програма** Автомобільні дороги та аеродроми

**Тема:** Обґрунтування параметрів плану при реконструкції ділянки автомобільної дороги

**Theme:** Substantiation of the plan parameters during the reconstruction of the highway

|                                         | (посада)         | (підпис)                                                                             | (ПІБ)           |
|-----------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Керівник дипломної магістерської роботи | старший викладач |  | Лужицький О.Ф.  |
| Консультант                             | асистент         |  | Хмелевська Н.П. |
| Нормоконтролер                          | ст. викладач     |  | Байдак С.Ю.     |
| Студент групи                           | ДА 2026          |  | Авдієнко О.М.   |
| Student                                 | DA 2026          |                                                                                      | Avdiienko O.M.  |

Дніпро  
2021

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій  
Кафедра «Транспортна інфраструктура»

**ДОВІДКА**

**про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі**

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР)  
здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «магістр»

Авдієнко Олена Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Обґрунтування параметрів плану при реконструкції ділянки  
автомобільної дороги

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР



(підпис)

Олег Лужицький

(прізвище, ім'я, по батькові)

Дніпровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

**Навчально-науковий центр:** Організація та експлуатація доріг

**Кафедра:** Транспортна інфраструктура

**Спеціальність:** Автомобільні дороги і аеродроми

**Затверджую:**

зав. кафедри

О. Л. Тютюкін

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Завдання**

до дипломної роботи на здобуття ОКР «магістр»  
студентки групи ДА 2026 Авдієнко Олени Миколаївни

**1. Тема роботи:** Обґрунтування параметрів плану при реконструкції ділянки автомобільної дороги

Затверджена наказом по університету № 160 ст. від 06. 04.2021 р.

**2. Термін подання** студентом закінченої магістерської роботи – 17 грудня 2021 р.

**3. Вихідні дані до проекту:**

|                                              |                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Район проектування – Донецька область        | Розрахункова швидкість, км/год:<br>Встановити за технічною<br>класифікацією автомобільної дороги                                |
| Початковий пункт – с. Бахмутське             | Очікувана кількість транспортних<br>одиниць:<br>вантажних – 1082 авт./добу; легкових<br>2232 авт./добу; автобусів 182 авт./добу |
| Кінцевий пункт – автомобільна<br>дорога М-03 | Категорія дороги – IV                                                                                                           |
| Довжина лінії, км – 7 км                     | Кількість смуг руху - встановлюється                                                                                            |
| Керівний ухил, ‰ – за розрахунком            | Конструкція дорожнього одягу – за<br>розрахунком                                                                                |

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:**

|                                                                  |                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Мета роботи. Огляд наукових<br>досліджень за зазначеною темою | 4. Проект реконструкції автомобільної<br>дороги                                         |
| 2. Вимоги і норми проектування                                   | 5. Обґрунтування параметрів плану при<br>реконструкції ділянки автомобільної<br>дороги. |
| 3. Проектування доріг за допомогою<br>сучасних систем BIM.       |                                                                                         |

| <b>5. Консультанти:</b>                           |                     |                                 |                                                    |
|---------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|
| <i>Найменування розділів магістерської роботи</i> | <i>Консультанти</i> | <i>Завдання</i>                 |                                                    |
|                                                   |                     | <i>видав<br/>(дата, підпис)</i> | <i>прийняв<br/>до виконання<br/>(дата, підпис)</i> |
| 1                                                 | Хмелевська Н.П.     |                                 |                                                    |
| 2-5                                               | Лужицький О.Ф.      |                                 |                                                    |

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| <i>№</i> | <i>Назва розділу магістерської роботи</i>                                             | <i>Термін виконання розділу</i> | <i>Відсотки</i> | <i>Нар. підсум.</i> |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|
| 1        | <i>Мета роботи. Огляд наукових досліджень за зазначеною темою</i>                     | <i>7 жовтня</i>                 | 10              | 10                  |
| 2        | <i>Вимоги і норми проектування</i>                                                    | <i>18 жовтня</i>                | 20              | <b>30</b>           |
| 3        | <i>Проектування доріг за допомогою сучасних систем BIM.</i>                           | <i>01 листопада</i>             | 20              | 50                  |
| 4        | <i>Проект реконструкції автомобільної дороги</i>                                      | <i>15 листопада</i>             | 20              | <b>70</b>           |
| 5        | <i>Обґрунтування параметрів плану при реконструкції ділянки автомобільної дороги.</i> | <i>06 грудня</i>                | 20              | 90                  |
| 7        | <i>Висновки та рекомендації</i>                                                       | <i>17 грудня</i>                | 10              | <b>100</b>          |

Дата видачі завдання: 2 вересня 2021 р.

Науковий керівник \_\_\_\_\_ Лужицький О.Ф.  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Авдієнко О.М.  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Склад магістерської роботи: томів 1, сторінок \_\_, рисунків \_\_, таблиць \_\_.

**Найменування роботи:** Обґрунтування параметрів плану при реконструкції ділянки автомобільної дороги.

**Об'єкт досліджень** – параметри плану при реконструкції автомобільної дороги.

**Предмет досліджень** – параметри автомобільної дороги і їх вплив на безпеку руху.

**Мета роботи** – обґрунтування параметрів плану при реконструкції ділянки автомобільної дороги.

**Стисла характеристика роботи.**

Мережа автомобільних доріг – одна із складових частин єдиної транспортної системи України, що має задовольняти попит суспільства на пасажирські та вантажні перевезення автомобільним транспортом.

При проектуванні значна увага повинна приділятися реконструкції кривих. При цьому потрібно збільшувати радіуси кривих в плані та поздовжньому профілі, ліквідувати зайву звивистість траси, забезпечувати розрахункову видимість і зменшувати поздовжні ухили дороги. Всі ці заходи призводять до зміщення траси. Саме вдалий вибір просторового положення траси автомобільної дороги визначає безпеку руху і комфортність автомобільної дороги як для водіїв, так і для пасажирів, мінімізацію транспортно-експлуатаційних витрат, впливає на розвиток прилеглої території впродовж довгих років функціонування автомобільної дороги. Розрахунки виконано на ЕОМ з застосуванням програм *AutoCADCivil3D*, *Microsoft Excel*, *Microsoft Word*.

**Ключові слова:** ПАРАМЕТРИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, ПЛАН АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ, ПОЗДОВЖНІЙ ПРОФІЛЬ, ПОКАЗНИКИ АВАРІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ.

## ЗМІСТ

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                              | 6  |
| 1. МЕТА РОБОТИ. ОГЛЯД НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА<br>ЗАЗНАЧЕНОЮ ТЕМОЮ.....                    | 7  |
| 1.1 Мета роботи.....                                                                     | 7  |
| 1.2 Об'єкт дослідження .....                                                             | 7  |
| 1.3 Предмет дослідження.....                                                             | 7  |
| 1.4 Огляд наукових досліджень за зазначеною темою .....                                  | 7  |
| 2. ВИМОГИ І НОРМИ ПРОЕКТУВАННЯ .....                                                     | 11 |
| 2.1 Загальні положення .....                                                             | 11 |
| 2.2 Класифікація автомобільних доріг .....                                               | 11 |
| 2.3 Земляне полотно .....                                                                | 19 |
| 2.3.1 Загальні положення .....                                                           | 19 |
| 2.3.2 Земляне полотно в складних інженерно-геологічних умовах .....                      | 21 |
| 2.4 Дорожній одяг .....                                                                  | 23 |
| 2.4.1 Загальні положення .....                                                           | 23 |
| 2.4.2 Нежорсткий дорожній одяг .....                                                     | 26 |
| 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ СИСТЕМ<br>ВІМ. ....                          | 28 |
| 3.1 Вступ .....                                                                          | 28 |
| 3.2 Основні принципи роботи .....                                                        | 28 |
| 4. ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ. ....                                       | 35 |
| 4.1 Існуюче положення .....                                                              | 35 |
| 4.2 Проектні рішення.....                                                                | 36 |
| 4.2.1 Автомобільна дорога. План, поздовжній та поперечні профілі .....                   | 36 |
| 4.2.2 Дорожній одяг.....                                                                 | 36 |
| 4.3 Забезпечення безпеки дорожнього руху .....                                           | 41 |
| 4.4 Антикорозійний захист металевих елементів бар'єрного огороження<br>42                |    |
| 4.5 Основні техніко-економічні показники .....                                           | 42 |
| 4.6 Заходи для маломобільних груп населення (МГН) .....                                  | 43 |
| 4.7 Обґрунтування параметрів автомобільної дороги .....                                  | 43 |
| 5. ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНУ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ<br>ДІЛЯНКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ..... | 48 |
| 5.1 Методи реконструкції доріг у плані .....                                             | 48 |
| 5.2 Обґрунтування параметрів плану при реконструкції .....                               | 50 |
| 5.3 Порівняння варіантів та висновки .....                                               | 52 |
| ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....                                                            | 54 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                                                   | 55 |

## ВСТУП

З кожним роком збільшується кількість автомобілів, що призводить до значного підвищення інтенсивності руху на дорогах та визначає необхідність збільшення пропускної здатності існуючих доріг. Для покращення стану автомобільних доріг виникає потреба в їх реконструкції. Реконструкція доріг, як правило, передбачає підвищення її категорії. Існує декілька критеріїв, що використовуються для обґрунтування реконструкції автомобільних доріг: безпека дорожнього руху, швидкості транспортних засобів, аварійність, інтенсивність руху автомобільних доріг, ДТП та екологічні фактори.

При проектуванні значна увага повинна приділятися реконструкції кривих. При цьому потрібно збільшувати радіуси кривих в плані та поздовжньому профілі, ліквідувати зайву звивистість траси, забезпечувати розрахункову видимість і зменшувати поздовжні ухили дороги. Всі ці заходи призводять до зміщення траси. Саме вдалий вибір просторового положення траси автомобільної дороги визначає безпеку руху і комфортність автомобільної дороги як для водіїв, так і для пасажирів, мінімізацію транспортно-експлуатаційних витрат, впливає на розвиток прилеглої території впродовж довгих років функціонування автомобільної дороги.

Автомобільні дороги є найважливішою складовою транспортної інфраструктури країни. Її ефективне функціонування та сталий розвиток є необхідною умовою переходу до економічного зростання, забезпечення цілісності та національної безпеки країни, підвищення рівня і поліпшення умов життя населення.

Дорожня мережа України в даний час не в повній мірі відповідає політичним, соціальним, економічним потребам суспільства. Значна частина автомобільних доріг на підходах до великих міст вичерпала свою пропускну здатність і працює в режимі перевантаження. Тому питання необхідності капітального ремонту та реконструкції автомобільних доріг є досить актуальним.

# **1. МЕТА РОБОТИ. ОГЛЯД НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА ЗАЗНАЧЕНОЮ ТЕМОЮ.**

## **1.1 Мета роботи**

Метою роботи є обґрунтування параметрів плану при реконструкції ділянки автомобільної дороги.

## **1.2 Об'єкт дослідження**

Об'єктом дослідження є параметри плану при реконструкції автомобільної дороги.

## **1.3 Предмет дослідження**

Предметом дослідження є параметри плану при реконструкції ділянки автомобільної дороги.

## **1.4 Огляд наукових досліджень за зазначеною темою**

В роботі [1] розглянуто методи визначення конструкції закруглення, вимірювання та розрахунку геометричних параметрів закруглень автомобільних доріг. Наведено послідовність виконання геодезичних вимірів елементів плану дороги, а також розрахунку параметрів складних закруглень траси.

Автор дійшов висновку, що геодезичні методи найбільш доступні та поширені на виробництві. Вони забезпечують досить точне визначення геометричних параметрів автомобільних доріг у плані та поздовжньому профілі та при необхідності їх точність може бути підвищена за рахунок застосування точніших приладів та досконалої методики вимірювань.

Виконано розрахунок параметрів складних закруглень траси на основі розв'язання нелінійних рівнянь методом послідовних наближень.

В статті [2] авторами було запропоновано підхід щодо оптимізації траси автомобільної дороги за максимальними радіусами. Мета цього підходу автоматизовано знайти максимально можливі радіуси для тангенціального ходу. Запропоновано метод єдиного максимального радіуса при якому

розбивка відстані між кутами повороту здійснюється пропорційно величинам кутів повороту.

У цій статті пропонується розгляд методу єдиного максимального радіусу:

- 1) загальний підхід - ітераційне наближення до шуканої величини;
- 2) радіус двох суміжних кутів повороту однаковий;
- 3) ітераційне збільшення радіусу на двох кутах повороту призводить до пропорційного збільшення тангенсів до певної точки стикування;
- 4) радіус, при якому досягається точка стикування і буде максимальним.

Такий підхід дає змогу отримати пропорційні величин кутів повороту плечі розгону радіусів. Ця пропорційність може бути критерієм оптимальності для побудови складніших схем оптимізації.

В статті [3] представлено числовий розв'язок рівняння перехідної кривої. Це значно полегшує задачу проектування примикань з малим радіусом заокруглення для пропуску великогабаритного транспорту без необхідності влаштування перехідно-швидкісних смуг.

Пропонується виконувати заокруглення за допомогою перехідних кривих.

Проведені дослідження показали, що існує можливість пропуску автопотяга довжиною 23 м при мінімальному радіусі 15 м. За основну криву в роботі прийнято клотоїду.

Для практичного застосування і спрощення розбивки авторами розроблено приведення аналітичного розв'язку рівняння кривої до числового розв'язку.

В статті [4] авторами було представлено метод розв'язку задачі про побудову в неоднорівній багатокутній області найкоротшої рівної траси, складеної з дуг кіл, відрізків і клотоїд, що їх сполучають, що може бути застосовано для проектування швидкісних трас.

Метою роботи є побудова кривих з обмеженням на кривизну, які застосовуються для проектування швидкісних трас.

Застосовані алгоритми, що дозволяють мінімізувати число зламів і довжину ламаної.

В статті [5] пропонується до розгляду використання лемніскати Бернуллі в якості перехідної кривої при проектуванні з'їздів та перетинів автомобільних доріг, зокрема при проектуванні з'їздів на примиканнях і перехрещеннях в одному рівні та при проектуванні дорожніх розв'язок у різних рівнях. Це, в свою чергу, надасть змогу покращити умови руху автомобілів на з'їздах, а також зменшити вартість будівництва розв'язки.

Наведені матеріали щодо застосування лемніскати при проектуванні автомобільних доріг показує переваги нового напрямку проектування доріг із застосуванням нових геометричних елементів, в даному випадку перехідної кривої – лемніскати, а також бере участь у визначенні пріоритетних напрямків розвитку проектування транспортних розв'язок.

Виконані розрахунки, в яких видно, що вартістю будівництва лавоповоротного з'їзду по лемніскаці є більш економічно-вигідним варіантом, оскільки зменшується об'єм земляних робіт, довжина перехідної кривої і відповідно, вартості будівництва.

У роботі [6] удосконалено методики проектування реконструкції горизонтальних заокруглень автомобільних доріг з урахуванням економії пального, що направлена на покращення умов руху автотранспортних засобів та підвищення безпеки руху.

Подано теоретичні дослідження з проектування реконструкції горизонтальних заокруглень автомобільних доріг з урахуванням економії пального. Використано системний підхід до проектування реконструкції автомобільних доріг на дорожніх заокругленнях. Система “Дорожні умови – транспортний потік – середовище” більш повно відображає зв'язок між існуючими факторами. Вхідними параметрами системи є: дорожнє заокруглення, вертикальні криві, підйоми та спуски та елементи підсистеми

”транспортний потік”: інтенсивність, склад руху, швидкість руху. Найважливішими вхідними параметрами щодо впливу на витрату пального та забруднення довкілля визначені радіуси горизонтальних та вертикальних кривих, наявність необхідної видимості та ширина проїзної частини. Оскільки витрата палива на вертикальних криві достатньо вивчена, в роботі розглянуто вплив радіусів горизонтальних кривих, видимості та ширини проїзної частини на витрату горючого автомобіля та забруднення навколишнього середовища.

Автором досліджено і встановлено вплив сукупності базових параметрів дорожнього заокруглення на вихідні параметри функціонування системи "дорожні умови - транспортний потік - середовище". Одержано поліноміальні залежності витрати пального та розміру шкідливих викидів від комплексу параметрів при русі автомобіля по дорожнім заокругленням. Узагальнення отриманих результатів дозволяє запропонувати методику розрахунку витрати пального автомобілем на перехідних кривих різних типів.

## 2. ВИМОГИ І НОРМИ ПРОЕКТУВАННЯ

### 2.1 Загальні положення

Прийняті проектні рішення повинні передбачати заходи до забезпечення безпеки руху всіх учасників дорожнього руху, у тому числі пішоходів у місцях переходу дороги, на час проведення будівництва, а також відповідність споживчих властивостей автомобільної дороги та її окремих елементів вимогам нормативних документів протягом міжремонтних строків експлуатації. При проектуванні доріг, які проходять у складних ґрунтово-гідрогеологічних умовах або сейсмонебезпечних районах, експлуатуються в умовах, відмінних від передбачених нормативними документами або в інших обґрунтованих випадках, проектом доцільно передбачити обстеження стану таких доріг на стадії експлуатації з метою визначення їх основних параметрів у часі.

### 2.2 Класифікація автомобільних доріг

За значенням автомобільні дороги загального користування поділяються відповідно до законодавства [7].

Технічну класифікацію автомобільних доріг за категоріями залежно від розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху наведено в таблиці 1

Таблиця 2.1- Технічна класифікація автомобільних доріг

| Категорія дороги | Розрахункова перспектива інтенсивність руху, авт/доб |                                               |
|------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                  | У транспортних одиницях                              | У приведених одиницях до легкового автомобіля |
| I-а, I-б         | Понад 10000                                          | Понад 14000                                   |
| II               | Від 3000 до 10000                                    | Від 5000 до 14000                             |
| III              | Від 1000 до 3000                                     | Від 2500 до 5000                              |
| IV               | Від 150 до 1000                                      | Від 300 до 2500                               |
| V                | До 150                                               | До 300                                        |

## 2.2 Проектування основних елементів автомобільної дороги

### 2.2.1 Поперечний профіль

Основні параметри поперечного профілю автомобільних доріг залежно від їх категорії необхідно призначати згідно з таблицею 2. Дороги з трьома смугами руху проектуються згідно з вимогами національних стандартів. За відповідного техніко-економічного обґрунтування параметри автомобільних доріг можна збільшити. Ширина розділювальної смуги повинна бути достатньою для влаштування перехідно-швидкісної смуги для лівого повороту, наземного пішохідного переходу, опори мосту тощо. Якщо відстань між такими місцями менше ніж 0,5 км, то ширина розділювальної смуги не зменшується до параметрів, визначених у таблиці 2.3, а за відповідного обґрунтування довжина такої смуги може бути збільшена.

Таблиця 2.2-параметри поперечного профілю автомобільних доріг

| Показник                                          | Одиниця вимірювання | Категорія доріг |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------|---------------------|-----------------|------|------|------|------|------|
|                                                   |                     | I-a             | I-б  | II   | III  | IV   | V    |
| 1                                                 | 2                   | 3               | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Кількість смуг руху                               | шт                  | 4;6;8           | 4;6  | 2    | 2    | 2    | 1    |
| Ширина смуги руху                                 | м                   | 3,75            | 3,75 | 3,75 | 3,50 | 3,00 | 4,50 |
| Ширина узбіччя, у тому числі                      | м                   | 3,75            | 3,75 | 3,75 | 2,50 | 2,00 | 1,75 |
| Ширина зупиночної смуги разом з укріпленою смугою | м                   | 2,50            | 2,50 | 2,50 | -    | -    | -    |
| Ширина укріпленої смуги                           | м                   | 0,75            | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | -    |
| Ширина розділювальної смуги                       | м                   | 6,00            | 3,00 | -    | -    | -    | -    |
| Ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі   | м                   | 0,75            | 0,50 | -    | -    | -    | -    |

Кількість смуг руху на дорогах I категорії необхідно призначити залежно від середньої річної, добової інтенсивності руху та рельєфу місцевості згідно з таблицею 2.3.

Таблиця 2.3- Кількість смуг руху залежно від інтенсивності руху

| Рельєф місцевості      | Інтенсивність руху, приведена од/доб | Кількість смуг |
|------------------------|--------------------------------------|----------------|
| Рівнинний та горбистий | До 40000                             | 4              |
|                        | Від 40000 до 80000                   | 6              |
|                        | Понад 80000                          | 8              |
| Гірський               | До 34000                             | 4              |
|                        | Від 34000 до 70000                   | 6              |
|                        | Понад 70000                          | 8              |

Проїзну частину необхідно проектувати з двосхилим поперечним профілем на прямих ділянках доріг усіх категорій

У випадках, коли проектування автомобільних доріг відбувається стадійно з будівництвом одного проїзду на першій стадії, проїзну частину необхідно влаштовувати з односхилим поперечним профілем. За відповідного обґрунтування при реконструкції доріг I-б категорії допускається залишати по існуючому проїзду двосхилий поперечний профіль з обов'язковим забезпеченням відводу води з проїзної частини та розділювальної смуги.

Поперечний похил проїзної частини, крім ділянок, на яких передбачається влаштування віражів, необхідно призначати залежно від матеріалу покриття дорожнього одягу. На дорогах з асфальтобетонним та цементобетонним покриттям поперечний похил проїзної частини необхідно приймати 25‰, на гравійних та щебневих покриттях-від 25‰ до 30‰, а на покриттях з ґрунтів, укріплених в'язучими та місцевими матеріалами.

Поперечні похили узбіч необхідно призначити більшими поперечних похилів проїзної частини. Залежно від типу укріплення узбіч їх поперечні похили необхідно призначити наступними:

- від 30‰ до 40‰– укріплених із застосуванням в'язучих;
- від 40‰ до 60‰– укріплених гравієм, щебнем;
- від 50‰ до 60‰– укріплених засівом трав або одернуванням;

При укріпленні узбіччя асфальто- або цементобетоном поперечний похил узбіччя приймається таким, що дорівнює поперечному похилу проїзної частини.

Перехід від двосхилого профілю дороги до односхилого на віражах необхідно здійснювати в межах перехідної кривої, а за її відсутності - на прилеглих ділянках прямої, на довжині, що дорівнює довжині перехідної кривої. Віражі на дорогах I категорії, як правило, необхідно проектувати з роздільними поперечними похилами для проїзних частин різних напрямків з улаштуванням споруд водовідведення на розділювальній смузі. У разі відсутності на зовнішньому узбіччі дорожнього огородження першої групи поперечний похил зазначеного узбіччя на віражі необхідно призначати таким же, як і проїзної частини дороги на віражі; за наявності огородження першої групи або тросового типу похил узбіччя можна залишати, як на прямій ділянці. Похил внутрішнього узбіччя повинен бути не меншим похилу віражу. Перехід від прийнятого похилу узбіччя при двосхилому профілі до похилу проїзної частини необхідно виконувати на ділянках завдовжки 20 м до початку відгону віражу.

Додатковий повздовжній похил зовнішньої крайки проїзної частини по відношенню до проектного повздовжнього похилу на ділянці відгону віражу не повинен перевищувати для доріг:

- I-II категорій -5‰;
- III-IV категорій у рівнинній місцевості-10‰;
- IV-V категорій у гірській та горбистій місцевостях -20‰.

При радіусах кривих 750 м і менше необхідно передбачати розширення проїзної частини за рахунок узбіччя або розширення земляного полотна, при цьому ширина узбіччя повинна бути для доріг I-б-II категорії – не менше ніж 1,5 м, для доріг інших категорій- не менше ніж 1м.

Величина повного розширення однієї смуги руху наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Розширення однієї смуги руху на горизонтальних кривих.

|                       |         |         |         |         |         |        |       |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| Радіуси кривих,м      | 551-750 | 401-550 | 301-400 | 201-300 | 151-200 | 91-150 | 30-90 |
| Величина розширення,м | 0,2     | 0,25    | 0,3     | 0,35    | 0,5     | 0,6    | 0,7   |

Якщо дорога має більше двох смуг руху в одному напрямку, розширення влаштовується лише на двох зовнішніх смугах. На перехідно-швидкісних смугах розширення не влаштовується.

За недостатньої ширини узбіччя для розміщенні розширеної проїзної частини необхідно передбачити відповідне розширення земляного полотна. Розширення поїзної частини необхідно виконувати з початку перехідної кривої пропорційно по довжині так, щоб повне розширення було досягнуто до початку колової кривої.

Ширину проїзної частини доріг у межах увігнутих кривих повздовжнього профілю, які з'єднують ділянки з алгебраїчною різницею зустрічних похилів понад 60‰ необхідно збільшувати за рахунок узбіччя з кожного боку доріг II-III категорій на 0,5 м, а для доріг IV-V категорій –на 0,25 м у порівнянні з нормами, наведеними в таблиці 2.

Розширену проїзну частину на вертикальних увігнутих кривих доріг II-III категорій необхідно влаштовувати завдовжки 100 ,а на дорогах IV-V категорій -50 м. Перехід до розширеної проїзної частини необхідно здійснювати на ділянці завдовжки 25 м на дорогах II-III категорій і 15 м- на дорогах IV-V категорій.

У гірській місцевості, в межах цінних продуктивних земель та на ділянках ПШС або з додатковими смугами на підйом ширину узбіччя доріг допускається зменшувати до 1,5 м для доріг I-б-II категорій і до 1 м- для доріг III-V категорій.

## 2.2.2 План і повздовжній профіль

Трасу автомобільної дороги необхідно проектувати, як правило плавну лінію у просторі з ув'язкою елементів плану, повздовжнього та поперечного

профілів між собою, з навколишнім ландшафтом і з оцінкою їх впливу на умови руху та зорове сприйняття дороги.

Проектування плану і поздовжнього профілю автомобільної дороги необхідно виконувати виходячи з інтенсивності руху, умови забезпечення безпеки та комфортності руху транспортних засобів з урахуванням можливості реконструкції дороги за межею перспективного розрахункового періоду.

Для елементів плану та поздовжнього профілю основні параметри необхідно призначати такими:

- Поздовжні похили- до 30‰;
- Відстань видимості за умови зупинки транспортного засобу – не менше ніж 450 м;
- Радіуси кривих у плані – понад 3000м;
- Радіуси опуклих кривих у поздовжньому профілі –понад 70000м;
- Радіуси увігнутих кривих у поздовжньому профілі - понад 8000м;
- Довжину опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 300м;
- Довжину увігнутих кривих у поздовжньому профілі понад 100м;

Якщо за умовами рельєфу та іншими місцевими умовами неможливо виконати вимоги або їх виконання пов'язане із значними обсягами робіт і вартістю будівництва, при проектуванні доріг допускається знижувати нормативні параметри до гранично-допустимих, визначених відповідно до проектних та розрахункових швидкостей згідно з таблицею 2.5.

Таблиця 2.5-Проектні та розрахункові швидкості

| Найменування елементів                                  | Параметри залежно від розрахункових швидкостей, км/год |       |       |       |      |      |      |      |      |      |     |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|
|                                                         | 130                                                    | 120   | 110   | 100   | 90   | 80   | 70   | 60   | 50   | 40   | 30  |
| Найбільший поздовжній похил, ‰                          | 40                                                     | 45    | 50    | 55    | 60   | 65   | 70   | 75   | 80   | 90   | 100 |
| Найменший радіус кривої у плані, м                      | 1000                                                   | 800   | 700   | 600   | 450  | 300  | 225  | 150  | 100  | 65   | 30  |
| Найменший радіус кривої у профілі, м: -опуклої          | 15000                                                  | 12000 | 11000 | 10000 | 9000 | 8500 | 5500 | 3500 | 2000 | 1000 | 500 |
| -увігнутої                                              | 4400                                                   | 3700  | 3200  | 2600  | 2100 | 1700 | 1300 | 1000 | 700  | 500  | 300 |
| Найменша відстань видимості, м: -для зупинки автомобіля | 335                                                    | 290   | 250   | 210   | 175  | 145  | 115  | 90   | 70   | 50   | 35  |
| -зустрічного автомобіля                                 |                                                        |       |       |       | 320  | 270  | 220  | 180  | 150  | 120  |     |

Найбільші поздовжні похили на кривих у плані радіусами 50 м і менше необхідно зменшувати на величини, які наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6- Зменшення поздовжніх похилів автомобільних доріг на кривих у плані.

|                                                                     |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
| Радіус кривої у плані, м                                            | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 |
| Зменшення найбільших поздовжніх похилів проти наведених у таблиці 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |

При проектуванні доріг I категорії на самостійному земляному полотні для різних напрямків руху поздовжні похили для спуску можна збільшувати в порівнянні з похилами на підйом, але не більше ніж до 20‰.

На ділянках доріг у гірській місцевості для руху на підйом допускаються зтяжні похили понад 60‰ з обов’язковим влаштуванням майданчика для зупинки транспортних засобів на відстані між ними не більше наведеної в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7- Довжина ділянок із зтяжним похилом у гірських умовах

| Поздовжній похил, ‰ | Довжина ділянки, м |
|---------------------|--------------------|
| 60                  | 2200               |
| 70                  | 1900               |
| 80                  | 1600               |
| 90 і більше         | 1200               |

Ділянки прямих і кривих у плані при радіусі кривої у плані 2000 м та менше повинні з’єднуватись перехідними кривими.

Криві у плані і поздовжньому профілі доцільно суміщати. При цьому у плані повинні бути (100-150) м довші за криві в поздовжньому профілі. Необхідно уникати сполучення кінців кривих у плані з початком кривих у поздовжньому профілі. Відстань між ними рекомендується призначати не менше ніж 150 м.

На крутих гірських схилах дорогу доцільно прокладати серпантинами. Норми проектування серпантинів необхідно приймати згідно з таблицею 8.

Серпантин радіусом менше ніж 30 м можна застосовувати тільки на дорогах IV-V категорій з введенням на них заборони руху транспортних засобів довжиною понад 11 м.

Таблиця 2.8-Норми проектування серпантинів.

| Параметри елементів серпантинів                | Норми проектування серпантинів при розрахунковій швидкості руху, км/год |    |    |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----|----|
| Найменший радіус кривої в плані, м             | 30                                                                      | 20 | 15 |
| 1                                              | 2                                                                       | 3  | 4  |
| Поперечний похил проїзної частини на віражі, ‰ | 60                                                                      | 40 | 30 |

|                                                        |     |     |     |
|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| Довжина перехідної кривої,м                            | 30  | 25  | 20  |
| Розширення проїзної частини ( 2 смуги руху),м          | 2,2 | 3,0 | 3,5 |
| Найбільший поздовжній похил на ділянках серпантинів, ‰ | 30  | 35  | 40  |

Відстань між кінцями кривих двох сусідніх серпантинів необхідно призначати не меншою ніж 400 м для доріг I-III категорій, 300 м- для доріг IV категорії і 200 м –для доріг V категорії.

## **2.3 Земляне полотно**

### **2.3.1 Загальні положення**

Конструкцію земляного полотна необхідно проектувати відповідно до галузевих НД з урахуванням:

- категорії дороги;
- висоти насипу, глибини виїмки;
- типу дорожнього одягу;
- властивостей ґрунтів, які передбачається використовувати в земляному полотні;
- умов виконання робіт із спорудженням земляного полотна;
- природних умов району будівництва і особливостей інженерно-геологічних умов ділянки будівництва;
- досвіду експлуатації доріг у даному регіоні, виходячи з необхідності забезпечення потрібних показників міцності;
- стійкості і стабільності як самого земляного полотна, так і дорожнього одягу при мінімальних витратах на будівництво та експлуатацію;
- максимального збереження цінних земель;
- заподіяння найменшої шкоди навколишньому середовищу.

Конструкція земляного полотна складається з таких елементів:

- робочого шару-верхньої частини земляного полотна, що розташована під дорожнім одягом у межах глибини активної зони, але не менше ніж 1,5 м від поверхні покриття проїзної частини;

- тіла насипу;
- основи насипу-природного ґрунтового масиву, що розташований нижче насипного ґрунту або нижче робочого шару;
- основи виїмки – ґрунтового масиву, розташованого нижче робочого шару;
- укiсних частин виїмки;
- споруд для відведення поверхневої води;
- споруд для пониження або відведення підземних вод;
- геотехнічних споруд і конструкцій, призначених для захисту земляного полотна від небезпечних геологічних процесів.

Погодно-кліматичні фактори та природні умови району будівництва формують принципи проектування земляного полотна і критерії його міцності та стійкості.

За погодно-кліматичними факторами, ґрунтово-гідрологічними умовами зволоження, а також досвідом експлуатації доріг .

За рельєфом місцевості, інженерно-геологічними умовами, характером зволоження та ступенем стікання води місцевість поділяється на три типи:

1-й - сухі ділянки, на яких поверхневі і ґрунтові води не впливають на зволоження верхніх шарів ґрунту;

2-й – вологі ділянки, на яких можливе короткочасне (до 30 діб) затоплення поверхневими водами, але ґрунтові води не впливають на зволоження верхніх шарів ґрунту;

3-й – мокрі ділянки з постійним надмірним зволоженням і тривалим затопленням, як поверхневими водами так и ґрунтовими.

Конструкцію земляного полотна в поперечному профілі необхідно призначати за типовими рішеннями з прив'язкою до конкретних умов проектування.

Індивідуальні рішення щодо конструкцій поперечного профілю з відповідними обґрунтуваннями призначаються:

- для насипів заввишки понад 12 м;

- для насипів з тимчасовим або постійним затопленням укосів;
- для насипів, що споруджуються на болотах завглибшки понад 4 м з виторфовуванням, або за наявності поперечних похилів дна болота понад 1:10;
- для насипів, що споруджуються на слабких ґрунтах;
- при використанні в насипах ґрунтів підвищеної вологості;
- при застосуванні спеціальних прошарків для регулювання водно-теплогового режиму верхньої частини земляного полотна;
- для виїмок завглибшки понад 12 м, влаштованих у нескельних ґрунтах, та завглибшки понад 16 м- у скельних ґрунтах;
- для виїмок у шаруватих ґрунтових масивах за несприятливих гідрогеологічних умов;
- для виїмок і насипів. Що споруджуються у складних інженерно-геологічних умовах згідно з вимогами ДБН А2.1.1.1: на крутосхилах з крутизною понад 1:3 на ділянках з наявністю або можливістю виникнення зсувів, карсту, обвалів, осипів, селевих потоків, снігових лавин тощо;
- на ділянках, на яких застосовуються дренажі та інші споруди, що забезпечують стійкість земляного полотна;

### **2.3.2 Земляне полотно в складних інженерно-геологічних умовах**

На гірських схилах з крутизною понад 1:3 земляне полотно необхідно розташовувати на полиці, що врізається в крутосхил, або влаштовувати низові підпірні стінки.

У місцевості з крутизною схилів від 1:5 до 1:3 земляне полотно необхідно влаштовувати в насипу та напівнасипу-напіввиїмці з уступами в основі шириною від 0.3 м до 4.0 м та висотою до 1,0 м. Уступи повинні мати похил поверхні від 10‰ до 20‰ у низовий бік.

Необхідно передбачити комплексні заходи, що забезпечують стійкість земляного полотна разом із схилом, на якому воно розташоване. Конструкцію земляного полотна на болотах необхідно призначати на основі техніко-

економічного порівняння варіантів, якими передбачаються такі роботи: видалення слабких ґрунтів або їх використання в основі насипу з розробленням спеціальних заходів із забезпечення стійкості, зменшення та прискорення осідання, виключення недопустимих пружних коливань, влаштування берм шириною не менше ніж 1 м з розташуванням їх не менше ніж на 005 м вище рівня болота .

При проектуванні насипу на слабких основах необхідно передбачати спеціальні заходи, які забезпечують можливість використання слабких ґрунтів в основі: зменшення крутизни укосів, влаштування бічних берм, тимчасове перевантаження та регулювання режиму спорудження насипу, влаштування вертикального дренажу, армування основи тіла насипів геосинтетичними прошарками.

У районах поширення засолених ґрунтів земляне полотно необхідно проектувати з урахуванням ступеня засоленості, що визначається відповідно до національних стандартів.

Слабо- та середньозасолені ґрунти можна використовувати в насипах типових конструкцій, в тому числі і для робочого шару, при дотриманні норм для незасолених ґрунтів, а для насипів індивідуального проектування- на підставі розрахунків.

Сильнозасолені ґрунти можна використовувати для влаштування насипу, тому числі і робочого шару, лише на ділянках 1-го типу місцевості за умов зволоження при обов'язковому виконанні заходів, спрямованих на недопущення подальшого засолення робочого шару.

Використання надмірно засолених ґрунтів необхідно обґрунтувати спеціальними розрахунками з розроблення відповідних заходів з нейтралізації їх негативного впливу.

Земляне полотно на зрошуваних землях необхідно проектувати в насипах з мінімальним використанням площі зрошуваних земель та з урахуванням впливу зрошувальної системи на його водно-тепловий режим.

Проектування земляного полотна на зсувних і зсувонебезпечних ділянках, карстових та підроблювальних територіях, а також в районах можливого виникнення селевих потоків, снігових лавин, каменепадів, на слабких, набухаючих та просадних ґрунтах і ділянках впливу абразії та річкової ерозії необхідно здійснювати відповідно до вимог ДБН В.1.1-3, ДБН В.1.1-25.

## **2.4 Дорожній одяг**

### **2.4.1 Загальні положення**

Конструкцію дорожнього одягу та матеріал покриття необхідно призначити виходячи з транспортно-експлуатаційних вимог, інтенсивності руху та складу транспортних засобів в потоці, кліматичних, ґрунтово-геологічних умов, санітарно-гігієнічних вимог, вимог безпеки та комфортності руху, забезпеченості місцевими будівельними матеріалами.

При розробленні проектної документації на будівництво, реконструкцію автомобільних доріг I-II категорій та автомобільних доріг інших категорій, які суміщаються за напрямками з міжнародними та національними транспортними коридорами, доцільно передбачати влаштування верхнього шару покриття із щебенево-мастикового асфальтобетону із застосуванням полімерних та адгезійних добавок. Таке покриття також доцільно передбачати на транспортних розв'язках, включаючи виїзди та в'їзди, де перетинаються або примикають одна до іншої згадані дороги.

Типи дорожнього одягу, сфера застосування та матеріали покриттів наведені в таблиці 9.

Таблиця 2.9- Сфера застосування покриттів дорожнього одягу.

| Категорія дороги | Тип дорожнього одягу     | Матеріал верхнього шару покриття                                                                                                                                                                                                     |
|------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                | 2                        | 3                                                                                                                                                                                                                                    |
| I-а, I-б, II     | Капітальний              | Асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий першої марки.<br>Щебенево-мастиковий асфальтобетон.<br>Цементобетон.                                                                                                                   |
| III              | Капітальний              | Асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий першої марки.<br>Щебенево-мастиковий асфальтобетон.<br>Цементобетон.                                                                                                                   |
| IV               | Капітальний              | Асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий першої марки.<br>Щебенево-мастиковий асфальтобетон.<br>Цементобетон.                                                                                                                   |
|                  | Удосконалений полегшений | Кам'яні матеріали, а також підібрані матеріали з промислових відходів, оброблені в'язучими методом змішування в установці чина дорозі ( у тому числі холодний ресайклінг) або просочування з улаштуванням шару зносу                 |
| V                | Удосконалений полегшений | Асфальтобетон гарячий щільний дрібнозернистий другої марки, асфальтобетон холодний, кам'яні матеріали або ґрунти, оброблені в установці або на дорозі( у тому числі холодний ресайклінг) або просочування з улаштуванням шару зносу. |
|                  | Перехідний               | Ґрунти, оброблені в установці або на дорозі або покращені добавки.                                                                                                                                                                   |

Дорожній одяг складається з одного або кількох шарів. За наявності кількох шарів дорожній одяг включає покриття, основу, та, за необхідності, додаткові шари основи.

Покриття повинно бути стабільно міцним, рівним, шорстким, протистояти накопиченню пластичних деформацій влітку, зберігати суцільність при прогині навесні і восени та при розтягуванні від охолодження в зимовий період. Для тривалого збереження шорсткості матеріал покриття повинен бути стійким до стирання. По поверхні, за необхідності, може

влаштовуватись поверхнева обробка, або тонкошарове покриття різного призначення- для підвищення шорсткості, захисних та інших функцій.

Основна повинна забезпечувати зменшення прогину покриття від дії зовнішнього навантаження, а також мати достатню жорсткість, щоб зменшувати напруження в додатковій основі та ґрунті земляного полотна до допустимих значень.

Основ повинна забезпечувати зменшення прогину покриття від дії зовнішнього навантаження, а також мати достатню жорсткість, щоб зменшувати напруження в додатковій основі та в ґрунті земляного полотна до допустимих значень. Основу необхідно проектувати з одного або декількох шарів. З метою забезпечення сприятливих умов роботи прикрайкових смуг нежорсткого дорожнього одягу основу доцільно влаштовувати на 0,6 м ширше за проїзну частину і укріплени (зупиночну ) смугу, а додатковий нижній шар з піску чи іншого зернистого матеріалу укласти не менше ніж на 1 м ширше за основа, а на дорогах I-II категорій на всю ширину земляного полотна. При влаштуванні жорсткого дорожнього одягу основа має бути ширшою за покриття на 1,0 м з кожного боку.

- Додаткова основа повинна сприяти зменшуванню прогину та напружень від транспортних засобів у покритті, основі і земляному полотні, а також виконувати такі функції: відведення води з верхньої частини земляного полотна;

- зменшення товщини промерзаючого шару ґрунту;
- зменшення глибини промерзання земляного полотна;
- виключення взаємного проникання зернистого матеріалу основи ґрунту земляного полотна;
- забезпечення проїзду автомобілів і будівельної техніки під час будівництва дорожнього одягу.

Один шар додаткової смуги може виконувати декілька функцій.

Загальна товщина дорожнього одягу і товщина окремих шарів повинні забезпечувати міцність та морозостійкість усієї конструкції.

Дорожній одяг необхідно проектувати з урахуванням надійності протягом встановленого нормативного строку експлуатації. Кількісним показником надійності є коефіцієнт надійності. Автомобільні дороги залежно від категорії надійності повинні мати коефіцієнт надійності згідно з таблицею 2.10.

Таблиця 2.10 –Коефіцієнти надійності

| Категорія дороги      | I-a  | I-б, II | III  | IV   | V    |
|-----------------------|------|---------|------|------|------|
| Коефіцієнт надійності | 0,97 | 0,95    | 0,90 | 0,85 | 0,75 |

При розрахунку дорожнього одягу на міцність необхідно враховувати середньодобову інтенсивність руху вантажних автомобілів та автобусів на останній рік перспективного строку служби дорожнього одягу.

#### **2.4.2 Нежорстокий дорожній одяг**

Шари нежорстокого дорожнього одягу влаштовують із асфальтобетонів, з матеріалів і ґрунтів, укріплених органічними, неорганічними, комплексними та іншими в'язучими, а також із шлаку та малозв'язаних зернистих матеріалів – щебеню, шлаку, гравію. Нежорстокий дорожній одяг необхідно конструювати та розраховувати відповідно до галузевих НД.

Розрахунок нежорстокого дорожнього одягу при короткочасному навантаженні необхідно виконувати на :

- опір пружному прогину всієї конструкції;
- опір зсуву в ґрунтах і шарах з малозв'язаних матеріалів;
- опір шарів з монолітних матеріалів розтягу при згині і на стиск у верхньому поясі.

На етапі конструювання дорожнього одягу необхідно передбачити заходи з забезпечення колієстійкості асфальтобетонного покриття.

Розрахунок нежорстокого дорожнього одягу на тривалу дію статичного навантаження виконують за опором зсуву в ґрунті, в шарах із малозв'язаних матеріалів та в асфальтобетонних шарах.

Нежорстокий дорожній одяг необхідно розраховувати на морозостійкість з метою недопущення появи деформації одягу ід морозного здимання ґрунту земляного полотна.

При проектуванні нежорстокого дорожнього одягу необхідно виконувати розрахунок на дренаж з метою забезпечення відведення води, яка потрапляє до основи за весняний період танення, а також захисту земляного полотна від перезволоження поверхневою водою. Розрахунок на дренаж необхідно виконувати перед розрахунком конструкції на міцність для визначення мінімальної товщини додаткового дренуючого шару.

Не рекомендується на дорогах I-III категорій застосування в конструктивних шарах дорожнього одягу неукріплених фракціонованих матеріалів(щебених шарів, влаштованих способом розклинки).

### **3. ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ СИСТЕМ BIM.**

#### **3.1 Вступ**

Соціально-економічна значимість ремонту автомобільних доріг у сучасних умовах у країнах, що мають розвинену мережу автомобільних доріг, є дуже високою. Для того щоб витрати на ремонтні заходи кошти забезпечували надійну та безпечну експлуатацію відремонтованих доріг, вже на стадії проекту необхідно приймати грамотні та ефективні рішення. У цьому фахівці допомагають САПР, які надають їм інтелектуальний інженерний інструмент. CREDO ДОРОГИ, в якій розробники реалізували широкий набір функцій, методів та налаштувань, що дозволяють проектувати ремонт доріг відповідно до найвищих вимог якості, є однією з таких систем BIM. В Україні CREDO ДОРОГИ активно використовується в проектно-вишукувальних організаціях.

#### **3.2 Основні принципи роботи**

Інтерфейсні рішення в CREDO III роблять роботу проектувальника зручною і наочною. Так при проектуванні можна побачити відразу три проекції дороги: план, поздовжній профіль та поперечний профіль. У спеціальному вікні «Профілі» є вікна з поздовжнім профілем, поперечником, а для орієнтування та прив'язки до об'єктів плану дороги створюється розгорнутий план траси, де видно розташування проектної осі щодо існуючої та ситуація у заданій користувачем полосі.

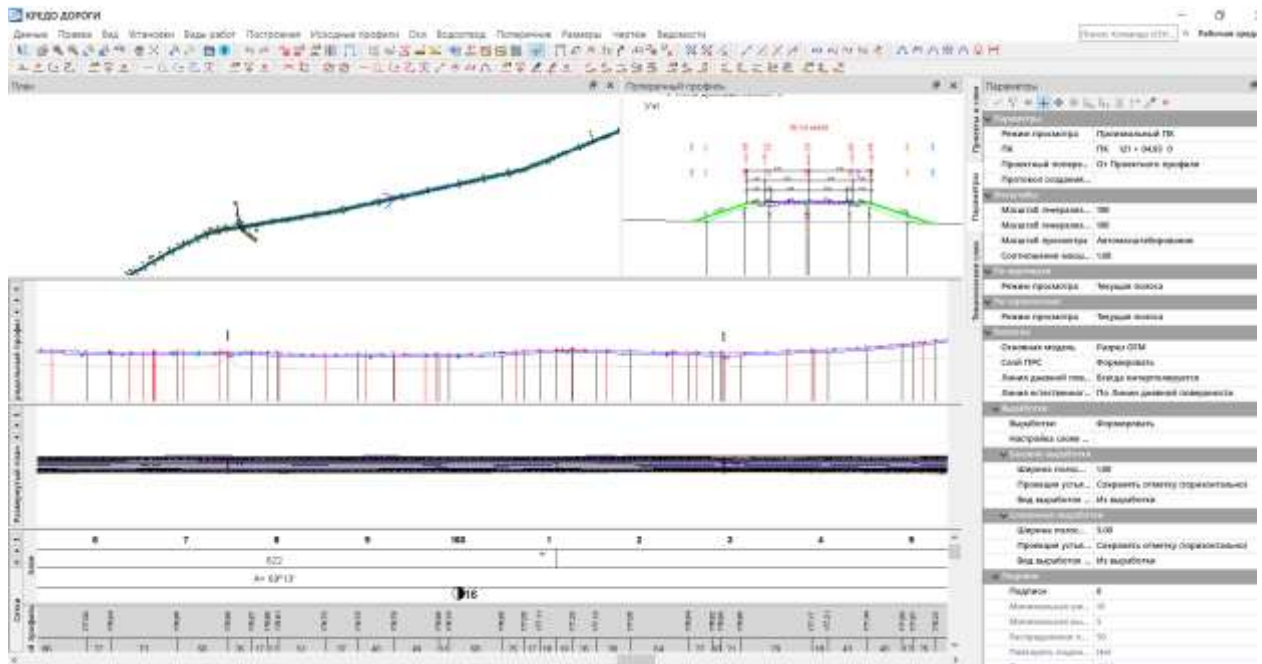


Рисунок 3.1 – Вікна «профіль» в CREDO ДОРОГИ.

Для забезпечення повної інформативності та цілісності даних у системі CREDO ДОРОГИ реалізовані функції, що забезпечують зв'язок між геометричними компонентами моделей та семантичними даними. Семантика використовується у процесі проектування як дані для розрахункових завдань та створення різних вибірок під час випуску документації.

У CREDO ДОРОГИ розширено базу геометричних примітивів та методи редагування. У плані геометрія доповнена сплайнами, а у профілі – параболою. Удосконалено та доповнено методи трасування. Геометрія осі дороги тепер може включати в себе неповні клотоїди, сплайни, коробові криві. Підтримується рубаність, прямий та зворотний пікетаж. Крок пікетажу налаштовується користувачем так, що при роботі з міськими дорогами можна розставляти пікети через 20 м. У системі реалізовані нові зручні та різноманітні методи для створення та редагування вершин кутів.

У системі CREDO ДОРОГИ передбачено низку методів, які можна використовувати для відновлення осі існуючої дороги, наприклад, команда з апроксимації точок прямими та колами з їх подальшим гладким сполученням перехідними кривими (у польових умовах при зйомці автомобільної дороги

складно визначити точне розташування осі існуючої дороги). Крім названого, у системі існує безліч інших методів трасування.

В CREDO ДОРОГИ можна проектувати дороги різного призначення (для міських та заміських умов), всіх технічних категорій та будь-якої складності, у тому числі з розділювальною смугою, в бортах, з лотками та упорами, багатосмугові зі змінним ухилом по проїжджій частині, дороги з розділеними земляними полотнами прямого та зворотного напрямів руху та багато іншого. А сама модель дороги є набором взаємопов'язаних смуг, що забезпечує її безперервність і можливість отримати діаметр у будь-якій точці траси.

Розрахунок віражів здійснюється за сучасними методиками, при цьому враховані норми різних країн. Розрахунок виконується автоматично, але є інструменти для ручного редагування. При цьому програма контролює коректність розрахунку відгонів віражів за граничними значеннями додаткового ухилу зовнішньої кромки покриття, за значенням мінімального поздовжнього ухилу в профілі, за заданими ухилами віражу, максимального значення коефіцієнта поперечної сили і демонструє результати, підказуючи користувачу причини некоректності для подальшого.

Основою для проектування ремонту (як і будівництва) доріг у системі CREDO ДОРОГИ є ЦММ (рис. 3.2) у форматі CREDO III. створена в системах CREDO ТОПОПЛАН. CREDO Лінійні вишукування або безпосередньо в самій CREDO ДОРОГИ. Цифрова модель існуючої дороги CREDO III описується так само, як і звичайна топографічна зйомка. Завдяки кодуванню елементів існуючої дороги майданними тематичними об'єктами (ІТО), а не лініями на конкретних діаметрах, як це було в CAD\_CREDO. та смугової технології проектування земляного полотна стало можливим отримання в будь-якій точці програмно розшифрованої інформації за існуючим поперечником: покриття, узбіччя, укіс, розділова смуга, кювет і т.д.

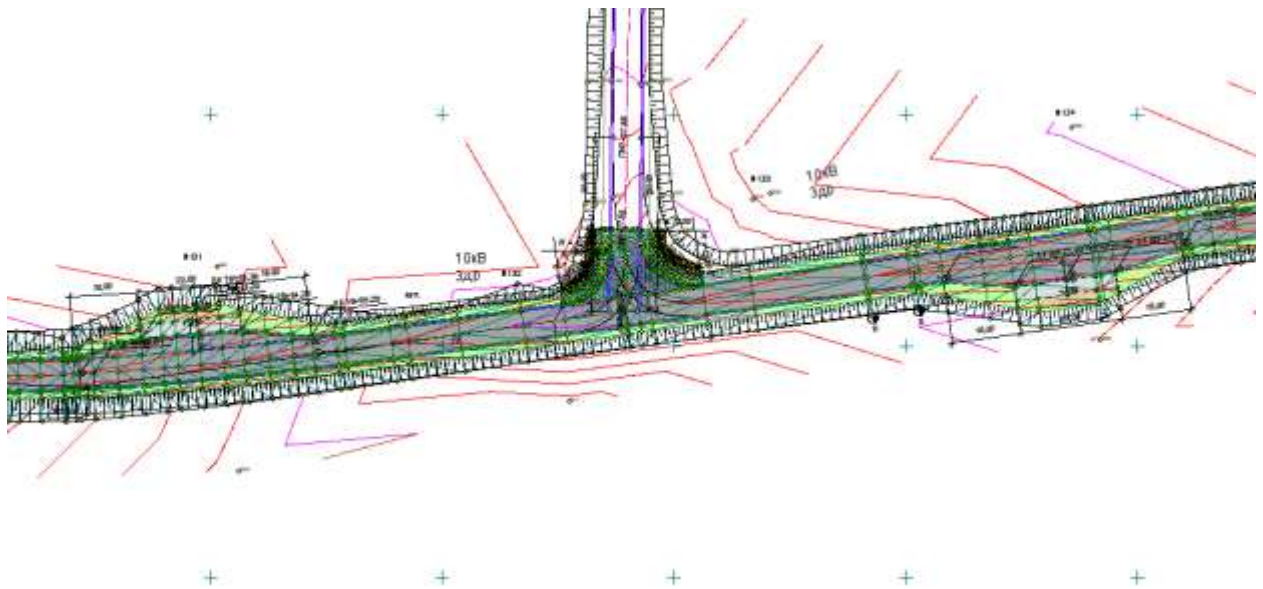


Рисунок 3.2 – Цифрова модель місцевості

Система не накладає жодних обмежень на крок поперечного профіля. Для переходу до проектування профілю та діаметрів не потрібно призначати крок, як це потрібно в програмах інших розробників ПЗ. Лінійна модель дороги, реалізована в CREDO ДОРОГИ, дозволяє отримувати точні дані по ЦММ та нарізати діаметри на будь-якому пікеті траси. Те саме стосується даних з геологічними розрізами.

А ось для того щоб отримати перетини на розрізах по комунікаціях (або іншим топографічним об'єктам), що перетинають або близько прилягають до осі дороги, потрібно виконати певні налаштування у вікні плану. А саме, задати третю координату (Z): для точкового об'єкта – висоту, для лінійного – профіль. При перетині дороги, що проектується, іншими об'єктами і. залежно від виду перетину, на поперечному або поздовжньому профілі перетинки відображатимуться автоматично, відповідно до налаштувань у класифікаторі тематичних об'єктів. А для отримання поздовжніх комунікацій на профілі можна їх просто знести спеціальною командою з розгорнутого плану дороги.

У CREDO III передбачено можливість доопрацьовувати ЦММ одночасно з проектуванням. Найчастіше, для скорочення термінів виконання роботи, проектувальникам доводиться розпочинати проектування на «сирих» матеріалах вишукувань, у таких ситуаціях режим паралельної роботи в

CREDO ДОРОГИ дозволяє проектувальникам автоматично отримувати зміни на розрізах по поздовжньому профілю та на поперечниках.

Порядок проведення робіт у програмі може бути різним, залежно від обраного проектного рішення та параметрів дороги, що існує. Але є загальні правила, які продиктовані логікою вирішення проектних завдань.

Спочатку готуються вихідні дані для проектування. Важливо на топоізомці коректно створити площу об'єктів по проїжджій частині, узбіччям, укосам і кюветам існуючої дороги для отримання лінії побуту в профілі та подальших розрахунків. Потім створюється проектна вісь дороги у плані та визначити її основні характеристики. Після переходу у вікно профілю потрібно призначити чорний профіль, розрахувати лінію денної поверхні або лінію побуту (ЛБ), а потім заповнити схему відповідності ПТО існуючої дороги проектним елементам. В результаті чорні поперечники з програмно розпізнаними проїзною частиною, узбіччями, укосами та кюветами відображатимуться у відповідному вікні.

Перш ніж приступати до проектування поздовжнього профілю, розраховуються віражі, визначається ширина, розширення та ухили проїзної частини та крайової смуги, задати характеристики шарів посилення та, нарешті, призначити ділянки із заданими параметрами, згідно з якими система проектуватиме ремонт. Далі необхідно виконати поперечне вирівнювання існуючого покриття в характерних точках, яке розраховується при створенні так званої CREDO ДОРОГИ лінії керівних позначок (ЛРО).

Наступний етап роботи – виконання поздовжнього вирівнювання проектуванням проектного профілю, що забезпечує рівність покриття при дотриманні нормативних обмежень за мінімальними радіусами опуклих та увігнутих кривих, максимальним поздовжнім ухилами. При цьому поздовжній профіль повинен бути таким, щоб забезпечити мінімум витрат на вирівнюючі шари з урахуванням технології ремонту покриття, що застосовується: з фрезеруванням всього покриття або його ділянок на допустиму товщину, без зрізання покриття, тільки з пристроєм вирівнюючих шарів, або з можливим

зрізуванням ділянок, отриманих розрахунком. Порядок роботи у програмі може бути різним – все залежить від проектного рішення.

Перегляд поперечних профілів дозволяє визначити, чи можливий на цій ділянці ремонт з урахуванням заданих користувачем обмежень. Наприклад, у разі, коли зазор між низом шару посилення і верхом чорного поперечника вийшов більше, ніж встановив користувач, поперечник буде створюватися за алгоритмом нового будівництва.

У системі передбачено функції створення відомостей, креслень плану, поздовжнього та поперечного профілів, конструкції дорожнього одягу, а також формування комплексних креслень. Для дотримання нормативних і галузевих вимог до документації розроблені шаблони креслень, штампів, сіток, відомостей. Редактор шаблонів призначений для редагування та створення нових шаблонів.

Результати своєї роботи користувач може переглянути та зберегти у вигляді різних відомостей. Відомості земляних робіт включають обсяги зі зняття рослинного ґрунту, влаштуванню насипу, у тому числі по робочому, верхньому і нижньому шарам: розробці виїмки, ровиків та зрізання узбіччя; влаштування водовідвідних споруд (кюветів, каналів, нагірних каналів та бенкетів). Зміцнювальні та планувальні роботи в повному обсязі враховані у відповідних відомостях. Відомості з влаштування дорожнього одягу містять площі та обсяги всіх шарів кожної конструктивної смуги проїзної частини та узбіччя, шарів посилення та вирівнювання, у тому числі багат шарового, а також зрізання існуючого покриття, підломки кромок, попереднього фрезерування існуючого покриття.

У системі CREDO ДОРОГИ ділянки для розрахунку обсягів робіт, задаються з інтервалами. Причому інтервали та параметри для них зберігаються для наступних сеансів роботи, якщо виникне потреба повторно виконати операцію. Сам розрахунок провадиться з вибраним користувачем кроком деталізації відомості з урахуванням точок, які програмно доповнюються у місцях зміни конструкції об'єкта, на кривих тощо.

Відомості можуть містити розрахунки за обсягами, іншу інформацію, використовуватися для оцінки проектних рішень, прийнятих у плані та поздовжньому профілі. З плану створюються відомості: кутів повороту прямих та кривих: елементів плану траси, розбивки закруглень. З профілю формуються відомості відміток профілю, прямих, опуклих і увігнутих кривих, елементів профілю, вузлових точок профілю: відстаней видимості, максимальних та мінімальних виїмок та насипів, невідповідних вимогам ухилів, радіусів, відстаней видимості, неузгодженості дорожнього полотна.

## **4. ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ.**

### **4.1 Існуюче положення**

Проект реконструкції автомобільної дороги загального користування державного значення Т-13-02 КПП «Танюшівка» – Старобільськ – Бахмут виконано на ділянці км 178+520 – км 185+580 (додаток А).

По своєму значенню даний об'єкт віднесений до доріг державного значення. Проектована ділянка розташована в Бахмутському районі Донецької області по дорозі державного значення Т-13-02 КПП «Танюшівка» – Старобільськ – Бахмут на ділянці км 178+520 – км 185+580.

Існуюча ширина проїзної частини складає – 6.5 м / 7,0 м.

Довжина проєктованої ділянки – 7 км.

На підставі ДБН В.2.3.4-2015, п.4.1 визначено категорію дороги за технічною специфікацією. При розрахунковій інтенсивності – 3496 приведених одиниць транспорту, дорогу віднесено до III категорії за технічною класифікацією. Згідно завдання на проектування ділянка км 178+520 – км 185+580 має встановлену категорію дороги IV.

Асфальтобетонне покриття знаходиться в незадовільному стані – вибоїни, викришування крайки проїзної частини, місцями зруйноване узбіччя. Дорожня розмітка – відсутня, дорожні знаки – в незадовільному стані. Поперечний профіль дороги – двоскатний. Поперечні похили проїзної частини ненормативні і коливаються в межах від 0‰ до 40‰.

Існуюче положення проїзної частини в поздовжньому і поперечному профілях, стану дорожнього одягу не відповідає нормам ДБН.

## **4.2 Проектні рішення**

### **4.2.1 Автомобільна дорога. План, поздовжній та поперечні профілі**

Проїзна частина дороги розташована на пересіченій місцевості.

Проїзна частина з двостороннім рухом. Ширина проїзної частини становить 7 м.

План автомобільної дороги залишається в існуючих межах. Для відведення води виконати розчищення та планування з улаштуванням узбіччя дороги з щебеню по всій довжині проекрованої ділянки.

В населеному пункті Бахмутське влаштувати тротуари шириною 1,8 м.

Для убезпечення викришування крайки проїзної частини при виїзді транспорту з примикаючих доріг на проектовану ділянку улаштувати тверде покриття від крайки проїзної частини на відстань, передбаченої в кожному випадку примикання.

Поздовжні профілі запроектовані по осі проїзної частини. Проектні відмітки поздовжнього профілю визначилися виходячи з умов існуючої дороги, перехресть, забезпечення водовідводу та розташування прилеглої території.

Мінімальний поздовжній похил прийняти 0‰, максимальний – 60‰.

### **4.2.2 Дорожній одяг**

*Існуючий дорожній одяг*

Конструкція існуючого дорожнього одягу на ділянці км 178+520 – км 185+580:

- суглинок важкий, піщанистий, коричневий, твердої консистенції, сланцюватий, щільний – 1,50 м;
- суглинок з домішками щебеню – 28 см;
- асфальтобетон – 12 см.

*Вихідні дані до конструювання дорожнього одягу*

Конструкція дорожнього одягу розрахована відповідно до ГБН В.2.3-37641918-559-2019 [16], ДБН В.2.3-4-2015 [3] та ДБН В.2.3-5-2018 [17].

Вихідними даними для розрахунку є:

- Дорожньо-кліматична зона – У-III;
- Дорожньо-кліматичний район – А-6;
- Тип місцевості по зволоженню – 1;
- Період міжремонтного терміну – 14 років;
- Навантаження – 115 кН ( $A_2$ );
- Ґрунт земляного полотна – суглинок;
- Тип дорожнього одягу – капітальний;
- Покриття – асфальтобетон.

*Капітальний ремонт дорожнього одягу*

Прийнята конструкція дорожнього одягу на ділянці км 178+520 – км 185+580:

1. Щебенево-піщана суміш С-7 товщиною 15 см;
2. Суміш органо-мінеральна оброблена комплексним в'язучим, марки М20 виготовлена по методу холодного ресайклінгу, з додаванням 50% нового мінерального матеріалу ЩПС С-7, згідно СОУ 45.2-00018112-061:2011[18],  $h=19$  см;
3. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013 [28],  $1,0$  л/м<sup>2</sup>;
4. АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 [29] на бітумі БНД 70/100 згідно ДСТУ 4044:2019  $10$ ,  $h=10$  см;
5. Розлив бітумної емульсії ЕКШМ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013 [28],  $0,4$  л/ м<sup>2</sup>;
6. Щебенево-мастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі, комплексно модифікованому полімерною та адгезійною добавкою БМКП 60/90-65 за ДСТУ Б В.2.7-313:2016 [30],  $h=5$  см.

Пошаровий розрахунок дорожнього одягу на основі теорії пружного напівпростору.

$$1) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{гп}}{E^4} = \frac{100}{240} = 0.42; \frac{h_{ш}}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{33}{34,5} = 0.43; \frac{E_{заг}^4}{E^4} = 0.57;$$

$$E_{\text{заг}}^4 = 0.57 \times E^4 = 0.57 \times 240 = 137 \text{ МПа.}$$

$$2) \frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_{\text{заг}}^4}{E^3} = \frac{137}{400} = 0.34; \frac{h_{\text{ш}}}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{19}{34.5} = 0.55; \frac{E_{\text{заг}}^3}{E^3} = 0.53;$$

$$E_{\text{заг}}^3 = 0.53 \times E^3 = 0.53 \times 400 = 212 \text{ МПа.}$$

$$3) \frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_{\text{заг}}^3}{E^2} = \frac{212}{3200} = 0.07; \frac{h_{\text{ш}}}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{10}{34.5} = 0.29; \frac{E_{\text{заг}}^2}{E^2} = 0.12;$$

$$E_{\text{заг}}^2 = 0.12 \times E^2 = 0.12 \times 3200 = 384 \text{ МПа.}$$

$$4) \frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_{\text{заг}}^2}{E^1} = \frac{384}{2400} = 0.16; \frac{h_{\text{ш}}}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{5}{34.5} = 0.14; \frac{E_{\text{заг}}^1}{E^1} = 0.19;$$

$$E_{\text{заг}}^1 = 0.19 \times E^1 = 0.19 \times 2400 = 456 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт надійності:

$$\frac{E_{\text{заг}}}{E_{\text{потр}}} = \frac{421}{275} = 1.53 > 1.49$$

Розрахунок конструкції дорожнього одягу за умовою зсувостійкості.

Діючі в ґрунті активні напруження зсуву:

$$T_a = \bar{\tau}_{\text{н}} \times p$$

(4.1)

Для визначання  $\bar{\tau}_{\text{н}}$  конструкція дорожнього одягу приводиться до двошарової.

В якості нижнього шару приймається суглинок важкий, піщанистий, світло бурий, твердої консистенції, з включеннями гіпсу  $E_{\text{гр}}=100 \text{ МПа}$   $\varphi=25^\circ$   $C_{\text{гр}}=0.05$ ;  $E_{\text{н}} = 100 \text{ МПа}$ .

Модуль пружності верхнього шару моделі:

$$E_{\text{в}} = \frac{15 \times 240 + 19 \times 400 + 10 \times 3200 + 5 \times 2400}{49} = 1127 \text{ МПа}$$

Для відношення:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} = \frac{1127}{100} = 11.3 \text{ і } \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{30}{34.5} = 0.9,$$

$$\text{при } \varphi_{\text{н}} = \varphi \times k_{N\varphi} = 25 \times 0.41 = 10.25 \text{ град.}$$

$$\bar{\tau}_{\text{н}} = 0.013$$

$$T_a = 0.013 \times 0.8 = 0.0104$$

$$C_{\text{н}} = c \times k_{NC} = 0.024$$

$$z_{\text{оп}} = 15 + 19 + 10 + 5 = 49 \text{ см}$$

$$\varphi_{\text{ср}} = 25^\circ$$

$$\gamma_{\text{ср}} = 0.002 \text{ кг/см}^3$$

$$T_{\text{гр}} = 0,0258 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{міцн}} = \frac{T_{\text{гр}}}{T_a} = \frac{0,0258}{0.0104} = 2.48 \text{ що більше } K_{\text{міцн}}^{\text{потр}} = 1.48$$

Вибрана конструкція дорожнього одягу задовольняє умову міцності за пружним прогином та зсувом.

Прийнята конструкція дорожнього одягу на ділянці на з'їздах, примиканнях та розширенні існуючої дороги на ділянці км 178+520 – км 185+580:

1. ЩПС С-7 (нижній шар 0,15 м, верхній – 0,18 м),  $h=33 \text{ см}$ ;
2. Суміш органо-мінеральна оброблена комплексним в'язучим, марки М20 виготовлена по методу холодного ресайклінгу, з додаванням 50% нового мінерального матеріалу ЩПС С-7, згідно СОУ 45.2-00018112-061:2011 [18],  $h=19 \text{ см}$ ;
3. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013,  $1,0 \text{ л/м}^2$ ;
4. АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 [29] на бітумі БНД 60/90 згідно ДСТУ 4044-2001 10,  $h=10 \text{ см}$ ;
5. Розлив бітумної емульсії ЕКШМ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013 [28],  $0,4 \text{ л/м}^2$ ;
6. Щебенево-мастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі, комплексно модифікованому полімерною та адгезійною добавкою БМКП 60/90-65 за ДСТУ Б В.2.7-313:2016 [30],  $h=5 \text{ см}$ .

Пошаровий розрахунок дорожнього одягу на основі теорії пружного напівпростору.

$$1) \frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{б}}} = \frac{E_{\text{гр}}}{E^4} = \frac{100}{240} = 0.42; \frac{h_{\text{ш}}}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{33}{34,5} = 0.96; \frac{E_{\text{заг}}^4}{E^4} = 0.70;$$

$$E_{\text{заг}}^4 = 0.70 \times E^4 = 0.70 \times 240 = 168 \text{ МПа}.$$

$$2) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{заг}}^4}{E^3} = \frac{168}{400} = 0.42; \frac{h_{\text{ш}}}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{19}{34.5} = 0.55; \frac{E_{\text{заг}}^3}{E^3} = 0.62;$$

$$E_{\text{заг}}^3 = 0.62 \times E^3 = 0.62 \times 400 = 248 \text{ МПа.}$$

$$3) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{заг}}^3}{E^2} = \frac{248}{3200} = 0.08; \frac{h_{\text{ш}}}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{10}{34.5} = 0.29; \frac{E_{\text{заг}}^2}{E^2} = 0.13;$$

$$E_{\text{заг}}^2 = 0.13 \times E^2 = 0.13 \times 3200 = 416 \text{ МПа.}$$

$$4) \frac{E_H}{E_B} = \frac{E_{\text{заг}}^2}{E^1} = \frac{416}{2400} = 0.17; \frac{h_{\text{ш}}}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{5}{34.5} = 0.14; \frac{E_{\text{заг}}^1}{E^1} = 0.20;$$

$$E_{\text{заг}}^1 = 0.20 \times E^1 = 0.20 \times 2400 = 483 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт надійності:

$$\frac{E_{\text{заг}}}{E_{\text{потр}}} = \frac{483}{275} = 1.75 > 1.49$$

Розрахунок конструкції дорожнього одягу за умовою зсувостійкості.

Діючі в ґрунті активні напруження зсуву:

$$T_a = \bar{\tau}_H \times p$$

$$(4.1)$$

Для визначання  $\bar{\tau}_H$  конструкція дорожнього одягу приводиться до двошарової.

В якості нижнього шару приймається суглинок важкий, піщанистий, світло бурий, твердої консистенції, з включеннями гіпсу  $E_{\text{гр}}=100 \text{ МПа}$   $\varphi=25^\circ$   $C_{\text{гр}}=0,05$ ;  $E_H = 100 \text{ МПа}$ .

Модуль пружності верхнього шару моделі:

$$E_B = \frac{33 \times 240 + 19 \times 400 + 10 \times 3200 + 5 \times 2400}{67} = 888 \text{ МПа}$$

Для відношення:

$$\frac{E_B}{E_H} = \frac{888}{100} = 8.9 \text{ і } \frac{h_B}{D} = \frac{48}{34.5} = 1.4,$$

при  $\varphi_N = \varphi \times k_{N\varphi} = 25 \times 0.41 = 10.25 \text{ град.}$

$$\bar{\tau}_H = 0.021$$

$$T_a = 0.021 \times 0.8 = 0.0168$$

$$C_N = c \times k_{NC} = 0.024$$

$$z_{\text{оп}} = 33 + 19 + 10 + 5 = 67 \text{ см}$$

$$\varphi_{\text{ср}} = 25^\circ$$

$$\gamma_{\text{ср}} = 0.002 \text{ кг/см}^3$$

$$T_{\text{гр}} = 0,0264 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{міцн}} = \frac{T_{\text{гр}}}{T_a} = \frac{0,0264}{0.0168} = 1.57 \text{ що більше } K_{\text{міцн}}^{\text{потр}} = 1.48$$

Вибрана конструкція дорожнього одягу задовольняє умову міцності за пружним прогином та зсувом.

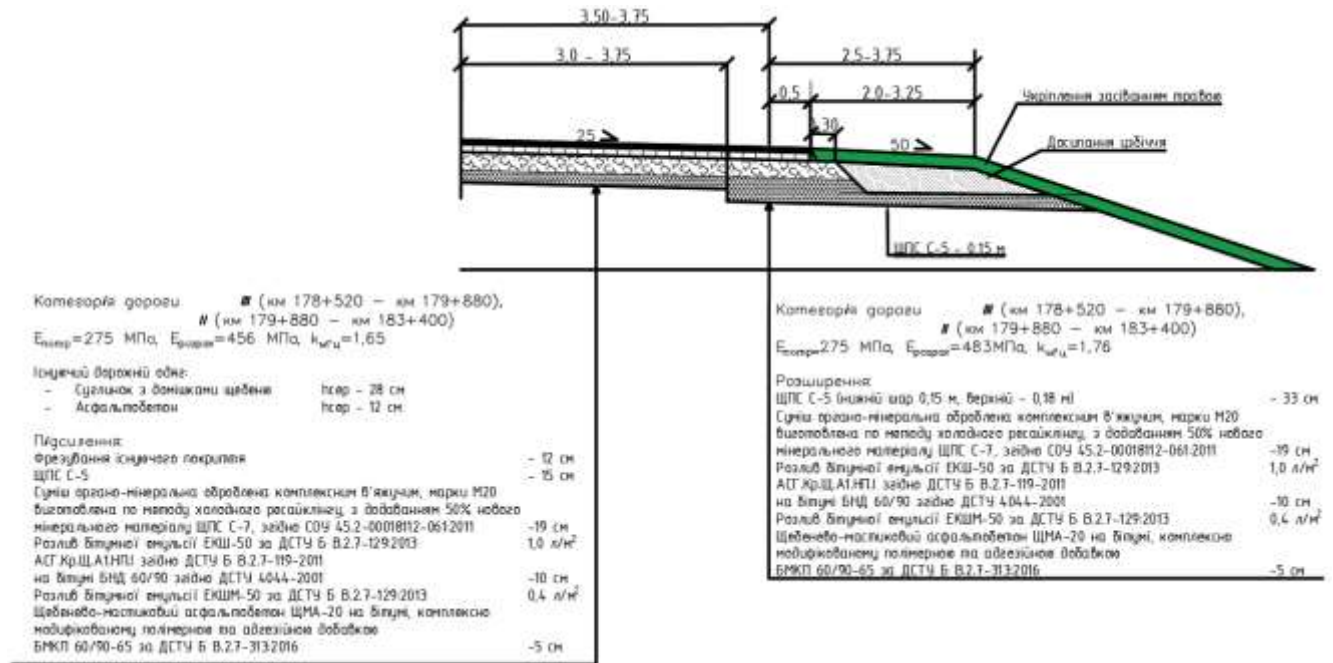


Рисунок 4.1 – Дорожній одяг на ділянці км 178+520 – км 185+580 з розширенням

### 4.3 Забезпечення безпеки дорожнього руху

Проектом передбачаються наступні заходи щодо безпеки дорожнього руху:

- доведення параметрів проїзної частини до нормативних;
- влаштування твердого покриття проїзної частини;
- встановлення бар'єрного огороження в межах штучних споруд та на насипах, висотою більше 2-х метрів;
- встановлення дорожніх знаків;
- нанесення дорожньої розмітки холодним пластиком.

Острівця напрямний в проекті задовольняє основні параметри:

- мінімум 2 метри шириною, що необхідно для велосипедистів і батьків з колясками;
- поверхня не слизька;
- по краях встановлені захисні стовпчики;
- смуги поряд з острівцем звужені до 3,25 метрів. За рахунок цього проїхати на швидкості 80 км/год по такій смузі буде не комфортно, а на 40-60 цілком можливо.

#### **4.4 Антикоровісний захист металевих елементів бар'єрного огороження**

Згідно ДСТУ Б В.2.3-12:2004 [19] та СНиП 2.03.11-85 [31] металеві елементи бар'єрного огороження для забезпечення стійкості до агресивного середовища та за для уникнення зниження несучої здатності всі металеві елементи конструкції необхідно обробити гарячим цинкуванням.

Згідно з ГОСТ 9.307 [32] товщина шару цинку має бути не менше ніж 0,06 мм.

#### **4.5 Основні техніко-економічні показники**

Основними техніко-економічними показниками автомобільної дороги є: категорія дороги, довжина дороги, ширина узбіччя та земляного полотна, максимальний та мінімальний радіуси кривих, матеріал покриття проїзної частини тощо (таблиця 4.1). Об'єми будівельно-монтажних робіт наведено в додатку В.

Таблиця 4.1 – Основні техніко-економічні показники

| Показники                          | Одиниця виміру | Кількість     |
|------------------------------------|----------------|---------------|
| Вид будівництва                    | Реконструкція  |               |
| Категорія дороги                   | III            |               |
| Довжина                            | км             | 7,06          |
| Кількість смуг руху                | шт             | 2             |
| Ширина узбіччя                     | м              |               |
| Розрахункова швидкість руху        | км/год         |               |
| Тип дорожнього одягу               |                | капітальний   |
| Матеріал покриття проїзної частини |                | асфальтобетон |

|                                              |          |                   |
|----------------------------------------------|----------|-------------------|
| Поперечний ухил проїзної частини             | ‰        |                   |
| Поперечний ухил узбіччя                      | ‰        |                   |
| Максимальний поздовжній ухил                 | ‰        |                   |
| Мінімальний поздовжній похил                 | ‰        |                   |
| Максимальний радіус кривих в плані           | м        |                   |
| Мінімальний радіус випуклої кривої           | м        |                   |
| Мінімальний радіус увігнутої кривої          | м        |                   |
| Тривалість будівництва                       | місяців  | 6                 |
| Кошторисна вартість в поточних цінах складає | тис.грн. | <u>186981,518</u> |

#### **4.6 Заходи для маломобільних груп населення (МГН)**

Для безперешкодного руху маломобільних груп населення передбачено влаштування тротуарів шириною 1,8 м. Безпроблемне пересування також забезпечується улаштуванням пандусу в рівень з проїзною частиною для безперешкодного пересування з/на зупинку громадського та приміського транспорту, а також в місцях пішохідних переходів.

*Прилегла територія.*

Для забезпечення безперешкодного проходу людей з вадами зору та пішохідні шляхи/тротуари не повинні виступати куці зелених насаджень та звисати гілки дерев, вивіски та інші предмети нижче від 2,10 м.

#### **4.7 Обґрунтування параметрів автомобільної дороги**

Під час будівництва або капітального ремонту автомобільної дороги потрібно обов'язково влаштовувати на в'їздах до населених пунктів. В Європі вони називаються «traffic calming». Це островці та інші штучні вигини проїзної частини на трасах, які змушують водіїв знижувати швидкість і бути більш уважними за кермом. Це дуже важливо робити саме при в'їзді в населені пункти, де швидкість має бути значно нижча, ніж на трасах.

Такі островці називаються напрямними і мають напівовальну форму (рисунок 4.4). Щоб об'їхати цей острівець, водій змушений знизити швидкість та підвищити свою увагу на дорозі. Напрямні островці розміщуються за відсутності наземного пішохідного переходу на смузі руху у напрямку населеного пункту. Якщо ж пішохідний перехід присутній, у такому випадку

проектується острівцеь безпеки для пішоходів згідно з вимогами ДБН В.2.3-5:2018 [17].

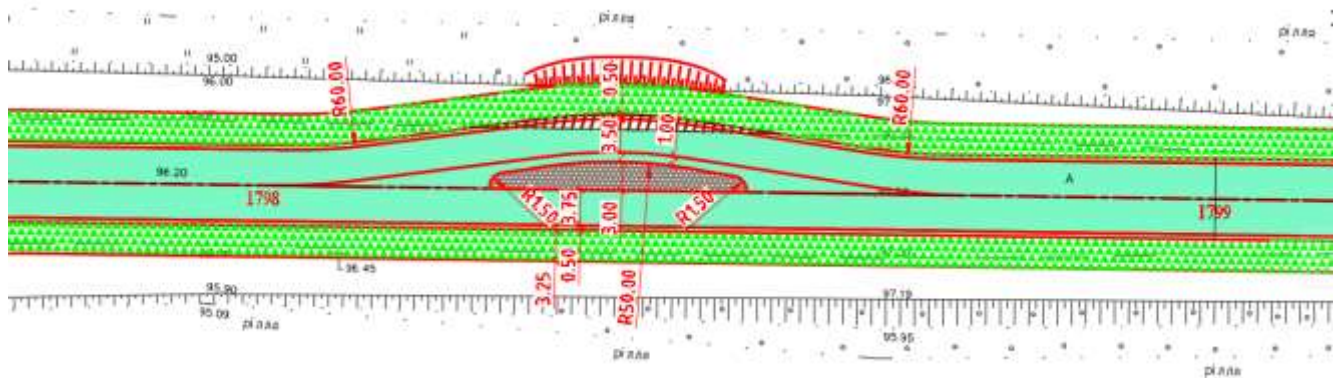


Рисунок 4.4 – Улаштування шикану

Досвід впровадження НО і переходів в зарубіжних країнах свідчить про значне їхнє поширення та розповсюдження. Причиною популярності цих засобів у закордонних спеціалістів є дуже висока ефективність сучасних НО і переходів (рисунок 4.5) як засобів забезпечення безпеки руху – зниження аварійності становить, близько 40 – 80%. При цьому одним із компонентів зниження рівня аварійності є безпека руху пішоходів.

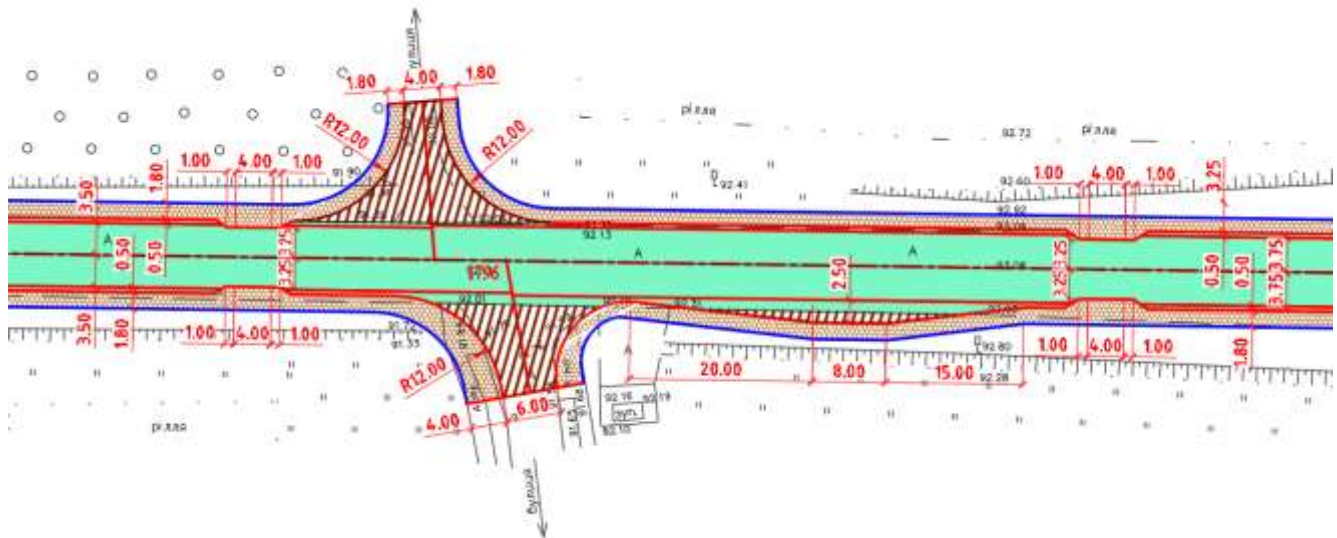


Рисунок 4.5 – Улаштування пішохідного переходу

За даними департаменту транспорту США [20] в 2010 році проведено дослідження рівня аварійності на 24 нерегульованих переходах, які були

переобладнані в переходи разом з напрямними острівцями, результати якого свідчать про скорочення загальної кількості ДТП на 39%, а кількості ДТП з пораненими на 76%. Результати обстежень 15 переходів в 2012 році у штаті Меріленд підтвердили ефективність використання розв'язок такого типу: скорочення кількості ДТП на 60%, скорочення кількості ДТП з пораненими – 82%, не зафіксовано жодного ДТП із загиблими.

Дослідження спеціалістів Oregon State University також свідчать про високу ефективність використання НО і переходів: скорочення кількості ДТП – 51%, скорочення кількості ДТП з пораненими – 73%, кількість наїздів на пішоходів із розрахунку на 1 млн. автомобілів, що пройшли через НО і переходи – 0,31. Дані Insurance Institute for Highway Safety [21] свідчать, що, в цілому, в американській практиці використання НО і переходів дають скорочення: кількості ДТП із загиблими – 90%, кількості ДТП із пораненими – 76%, кількості ДТП за участі пішоходів – 30% – 40%, кількості ДТП за участі велосипедистів – 10%.

Австралійський досвід переобладнання 230 нерегульованих переходів у переходи з використанням напрямних острівців також підтверджує достатньо високу ефективність їхнього застосування для підвищення рівня безпеки дорожнього руху: скорочення середньої кількості ДТП на одному переході за рік – 41%, скорочення кількості ДТП із постраждалими на одному переході за рік – 45%, скорочення середньої кількості загиблих на одному переході за рік – 63%. Слід також відзначити достатньо високу ефективність застосування такого підходу, як «безпечна дорога», що передбачає зміни параметрів автомобільної дороги в місцях концентрації аварійних ситуацій способом улаштування **технічних засобів безпеки (напрямних острівців, переходів, розмітки та ін.)** на прикладі європейських країн (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Ефективність впровадження міні-кільцевих розв’язок в країнах Європи

| Країна         | Показники                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Бельгія        | Середня кількість ДТП з постраждалими та середня кількість ДТП високої тяжкості на ділянках з використанням технічних засобів безпеки за рік скоротилася на 45 % і 48 %, відповідно.                      |
| Великобританія | Середня кількість ДТП на ділянці з використанням технічних засобів безпеки за рік 1,77, з них 7% з постраждалими та загиблими. Зниження аварійності на 46,5%.                                             |
| Нідерланди     | Середня кількість ДТП та середня кількість постраждалих на ділянках з використанням технічних засобів безпеки за рік скоротилася на 51% і 72%, відповідно.                                                |
| Німеччина      | Середня кількість ДТП на 1 млн. автомобілів, що проїхали через ділянки з використанням технічних засобів безпеки, скоротилася на 29%.                                                                     |
| Франція        | Середня кількість ДТП з постраждалими, середня кількість постраждалих і середня кількість загиблих на ділянках з використанням технічних засобів безпеки за рік скоротилася на 78%, 82% і 88%, відповідно |

На даний час відсутні критерії оцінювання ефективності саме технічних засобів безпеки, а для їх оцінки використовуються критерії для звичайних пішохідних переходів без напрямних островців. За результатами аналізу літературних джерел встановлено, що основними критеріями ефективності функціонування доріг з використанням даних технічних засобів безпеки є: пропускна здатність розв’язки, величина транспортних затримок на розв’язці, рівень аварійності та рівень обслуговування (LOS – Level of Service) [17].

Для оцінювання рівня аварійності в містах виявляються місця концентрації ДТП. Ці місця визначаються за статистичними даними про кількість ДТП (не менше ніж за три роки) та розрахунковим значенням показника відносної аварійності. На даний час на теренах України для оцінювання ймовірної кількості ДТП на нерегульованих пішохідних

переходах проводиться на основі кількості й типу конфліктних точок і їхніх коефіцієнтів аварійності. Але слід відзначити, що зараз відсутні загальноприйняті методики щодо прогнозування кількості ДТП на ділянках вулично-дорожньої мережі з нерегульованими переходами.

В даний час проектування транспортних розв'язок регламентується існуючими нормами на проектування доріг і деякими рекомендаціями та до цих пір відсутнє керівництво для визначення рівнів обслуговування транспортних споруд. Рівень обслуговування показує безпеку, комфортність, свободу і швидкість руху (час у дорозі) водія [17]. На даний час в Україні відсутні рекомендації щодо оцінювання рівня обслуговування LOS. Найбільшого поширення цей показник отримав у США і зараз розповсюджується в європейських країнах та, зокрема, в Україні.

## **5. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНУ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ДІЛЯНКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ**

### **5.1 Методи реконструкції доріг у плані**

При трасуванні повинні бути здійснені всі необхідні покращення плану існуючої дороги, спрямування та усунення надмірної звивистості, забезпечення видимості, збільшення радіусів кривих із запровадженням перехідних кривих, поліпшення перетинів із залізницями, автомобільними дорогами та водотоками, покращення проходу через населені пункти або їх повний обхід.

При трасуванні враховуються такі основні фактори, що визначають положення траси:

- необхідність поліпшення плану дороги та пом'якшення поздовжнього профілю;
- ступінь цінності існуючого земляного полотна та дорожнього одягу;
- співвідношення ширини існуючої та новопроєктованої проїжджої частини;
- наявність та цінність водопропускних та спеціальних інженерних споруд;
- Ступінь складності заходів щодо забезпечення руху транспорту в період реконструкції дороги;
- цінність займаних угідь, що зносяться будівель і т.д.;
- наявність підземних комунікацій.

Перш ніж прийняти рішення про положення траси на тій чи іншій ділянці дороги, що реконструюється, за матеріалами проектування минулих років та даними служби експлуатації з'ясовують доцільність використання існуючого дорожнього одягу та земляного полотна.

Якщо міцність існуючого дорожнього одягу значно нижча за необхідну міцність при перспективному русі, а висота земляного полотна недостатня за умови забезпечення піднесення (низькі позначки при незабезпеченому водовідведенні, безодні, сильна снігозаносність та ін.), доцільно відмовитися

від суміщень траси з існуючою дорогою, руху транспорту під час будівництва дороги за новим напрямом.

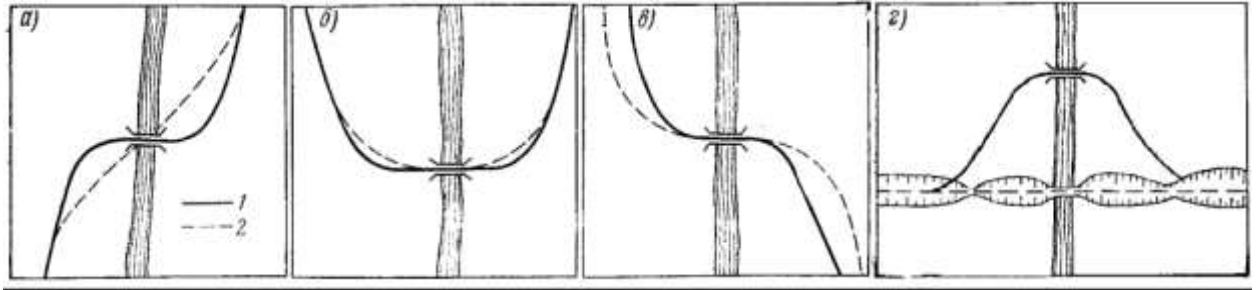


Рис. 5.1. Варіант виправлення траси дороги у плані: на мостових переходах:

а - будівництво косого мосту; б - розташування моста на кривій; в - збільшення радіусів кривих на підходах) - збереження моста; г) - влаштування нового мостового переходу.

У разі збереження плану дороги, що реконструюється, траса, як правило, поєднується з віссю існуючого дорожнього одягу.

При прийнятті рішення про прокладання траси за новим напрямом, проводиться докладний опис всіх елементів існуючої дороги, для використання цих даних під час обґрунтування прийнятого рішення.

Якщо остаточно встановити перевагу того чи іншого напрямку траси не є можливим, то дослідження повинні бути проведені як існуючою дорогою, так і новим напрямом, а вибір рекомендованого напрямку проводиться при проектуванні, на підставі техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) порівняння варіантів.

Поліпшення траси, що проходить через населений пункт, може бути зроблено шляхом перенесення дороги на прямі та ширші вулиці, які розташовані осторонь центру, або шляхом повного обходу населеного пункту.

Ділянки дороги з великою кількістю кривих малих радіусів, значними позовжніми ухилами та недостатньою видимістю реконструювати шляхом виправлення окремих місць не рекомендується. У таких випадках доцільніше перетрасувати всю ділянку за новими технічними нормативами, залишивши стару дорогу для місцевого руху.

При суміщенні траси з віссю існуючої дороги трасування починають із визначення положення осі покриття на прямих ділянках дороги та встановлення положення вершин кутів. Положення осі визначають декількома промірами ширини земляного полотна та проїжджої частини з фіксацією осевих точок дороги віхами. Віхи, виставлені в такий спосіб, вирівнюються по теодоліту в пряму лінію. Якщо при цьому траса, на окремих значних по протягу ділянках, зміщується настільки, що виникає необхідність розширення дорожнього одягу з одного боку, за наявності зайвої ширини з іншого боку - вводяться додаткові трасувальні кути.

## **5.2 Обґрунтування параметрів плану при реконструкції**

При реконструкції автомобільних доріг необхідно в першу чергу розглядати параметри плану з точки зору безпеки руху. Це і плавність кривих, влаштування віражів, видимість тощо. Щоб встановити параметри безпеки існує інструмент – графік аварійності, який показує ділянки, що в сумі за різними показниками показує ймовірні місця концентрації ДТП.

До місць підвищеної небезпеки відносяться:

- ділянки, що потребують значного зниження швидкості руху через недостатність відстані видимості або невідповідності якихось елементів плану, поздовжнього, поперечного профілю розрахунковій швидкості;
- ділянки з можливим завищенням розрахункової або обмеженої дорожніми знаками швидкості (довгі прямі, затяжні спуски і т.д);
- ділянки, на яких у водія зникає орієнтир стосовного подальшої направленості дороги;
- перехрестя та примикання доріг;
- ділянки доріг, що прокладені на території населених пунктів або поблизу них.

Для виявлення небезпечних ділянок можна користуватися методом коефіцієнтів аварійності.

Ступінь впливу ділянки дороги за цим методом оцінюється підсумковим коефіцієнтом аварійності, що враховує вплив окремих елементів траси.

За зазначеним методом було побудовано графіки аварійності для існуючої траси та реконструйованої траси. Фрагменти побудованих графіків наведено на рисунках 5.2 та 5.3. Фрагменти наведено для однієї й тієї ж ділянки проектованої автомобільної дороги. З отриманих результатів можна зробити висновок, що підхід до проектування, що закладений у параметричному методі дозволяє суттєво знизити аварійність на проєктованій дорозі.

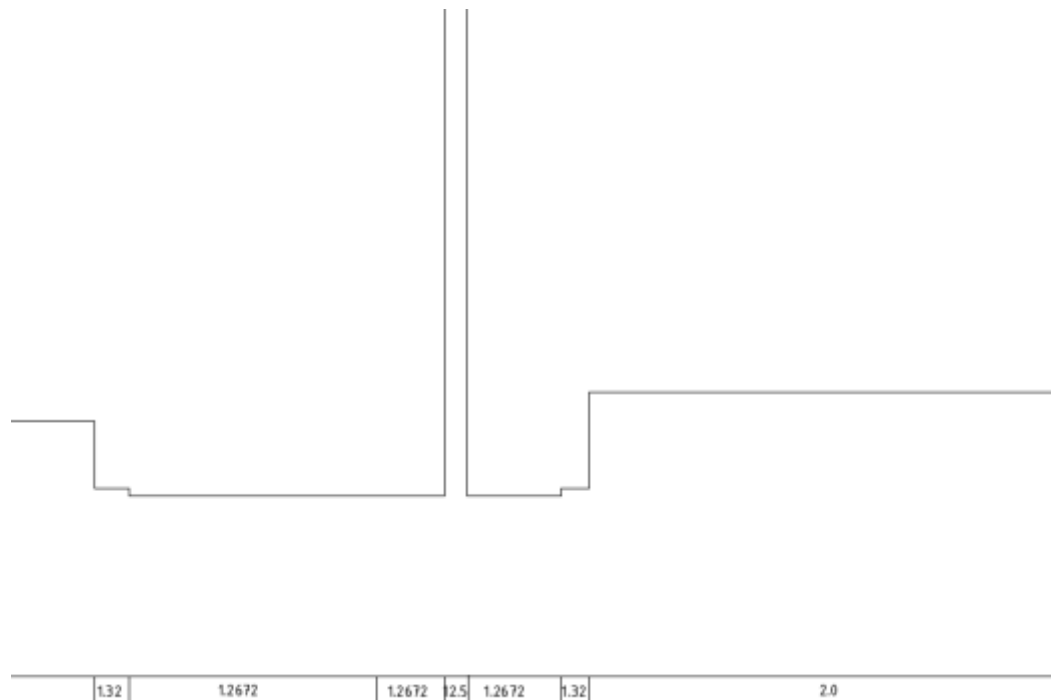


Рисунок 5.2 – Фрагмент графіку аварійності для існуючої дороги

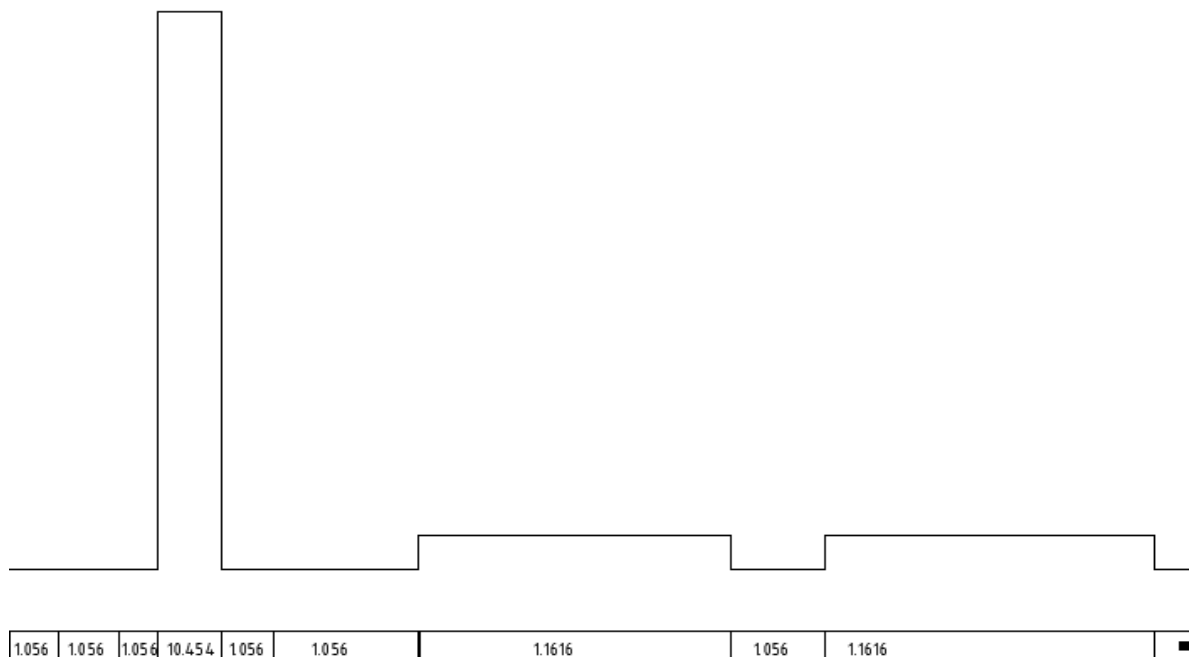


Рисунок 5.3 – Фрагмент графіку аварійності для реконструйованої дороги

### 5.3 Порівняння варіантів та висновки

Реконструкція автомобільної дороги була виконана з перевлаштуванням кривих. Порівняння виконаних проектів наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Техніко-економічне порівняння варіантів

| Показники                          | Одиниця виміру | Кількість      |                       |
|------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Вид будівництва                    |                | Реконструкція  |                       |
| Метод проектування                 |                | Існуюча траса  | Реконструйована траса |
| Категорія дороги                   |                | III            |                       |
| Кількість смуг руху                | шт             | 2              | 2                     |
| Ширина проїзної частини            | м              | 7,0            | 7,0                   |
| Ширина узбіччя                     | м              |                |                       |
| Розрахункова швидкість руху        | км/год         |                |                       |
| Тип дорожнього одягу               |                | капітальний    | капітальний           |
| Матеріал покриття проїзної частини |                | Асфальто-бетон | Асфальто-бетон        |
| Поперечний ухил проїзної частини   | ‰              |                |                       |

| Показники                                | Одиниця виміру | Кількість |  |
|------------------------------------------|----------------|-----------|--|
| Поперечний ухил узбіччя                  | ‰              |           |  |
| Максимальний поздовжній ухил             | ‰              |           |  |
| Мінімальний поздовжній похил             | ‰              |           |  |
| Максимальна довжина прямої ділянки траси | км             |           |  |
| Мінімальний радіус кривих в плані        | м              |           |  |
| Середнє значення коефіцієнту аварійності |                |           |  |

Основними відмінностями при проектуванні стали параметри плану. При першому варіанті, при прокладанні траси автомобільної дороги на місцевості було прийнято існуючі мінімальні радіуси кривих в плані (R=600 м).

При виконанні реконструкції, одним з основних поставлених критеріїв було досягнення якомога меншої аварійності на проєктованій дорозі. Відповідно до поставленої цілі мінімальний радіус кривих в плані було вирішено збільшити до 1200 м.

Досить показовим результатом виконаних робіт є отримані коефіцієнти аварійності. Для проєкту траси, виконаного за існуючим положенням середній коефіцієнт аварійності складає 1,9, для реконструйованої траси - 1,21.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В магістерській роботі було обґрунтовано параметри автомобільної дороги при реконструкції.

Враховуючи Транспортну стратегію України [1], головними тезисами якої є підвищення рівня інфраструктури до світових стандартів та використання сучасних технологій і механізмів у проектуванні та будівництві автомобільних доріг, що повністю співпадає з курсом до Євроінтеграції, було прийнято рішення порівняти виконання реконструкції ділянки в існуючих межах та з уположенням кривих для підвищення рівня безпеки.

До кожного з варіантів проекту було побудовано графіки аварійності, що дало можливість наглядно представити вплив параметрів плану автомобільної дороги на безпеку руху. Найбільшу роль у цьому відіграли радіуси кривих у плані.

В існуючих межах радіуси кривих в плані складають 600 м. При виконанні реконструкції ділянки з уположенням кривих радіуси кривих було збільшено до 1200 м.

Головним критерієм визначення безпеки руху на проектованій автомобільній дорозі є середній коефіцієнт аварійності, що визначається за графіками аварійності. Для автомобільної дороги запроектованої в існуючих межах даний коефіцієнт складає 1,9. Для проекту дороги з уположенням кривих – 1,21.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що при обґрунтуванні проектних рішень під час реконструкції ділянки можливо суттєво вплинути на показники аварійності та безпеки руху.

Додаткового дослідження вимагає економічна доцільність реконструктивних заходів при ремонті доріг з уположенням кривих ділянок об'єктів дорожньої інфраструктури в сучасних реаліях, відповідно до стану вітчизняної економіки, та готовності переходу на європейські стандарти.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коваленко Л.А. Идентификация, измерение и расчет параметров сложных закруглений плана трассы автомобильной дороги // Науковий вісник будівництва, - Харків, 2017. т. 90,- №4 С. 239-242.
2. Мусиенко И. В., Ткаченко А. Е. Оптимизация трассы автомобильной дороги по максимальным радиусам. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. Київ: НТУ, 2012. Вип. 84. С.8–12.
3. І. О. Кондрюкова, Н. А. Пужайло. Застосування перехідних кривих при проектуванні з'їздів автомобільних доріг // Автошляховик України. - 2015. - № 1-2. - С. 63-65.
4. Г. А. Плехова, О. Г. Холева. Моделювання геометричних профілів при проектуванні швидкісних доріг з урахуванням технологічних обмежень // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. - 2013. - Вип. 5. - С. 89-92.
5. А. М. Пальчик, А. В. Білик Застосування лемніскати при проектуванні автомобільних доріг // Вісник [Національного транспортного університету]. - 2010. - № 21(1). - С. 73-76.
6. І. С. Клименко Удосконалення методики проектування реконструкції горизонтальних кривих автомобільних доріг з урахуванням економії пального // Автореферат. Національний транспортний університет. Київ - 2003.
7. 10. Споруди транспорту. Автомобільні дороги Частина І. Проектування, Частина ІІ Будівництво [Текст]: ДБН В.2.3-4:2007 / затв. Мінрегіонбудом України 31.10.2007 р. № 292 / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – 2007. – 98 с.
8. 11. Споруди транспорту. Автомобільні дороги [Текст]: ДБН В.2.3-4:2000 / затв. Держкомбуд України 07.04.2000 р. № 66 / Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. – 2000. – 117 с.

9. 12. Автомобильные дороги [Текст]: СНиП 2.05.02-85\* / затв. Госстрой СССР 09.06.1988 р. № 106 / Государственный комитет СССР по делам строительства. – 1988. – 54 с.

10. 13. Автомобильные дороги. Нормы проектирования [Текст]: СНиП 2-Д.5-72 / затв. Госстрой СССР 19.10.1972 р. / Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства. – 1972. – 119 с.

11. 14. Автомобильные дороги общей сети Союза ССР. Нормы проектирования [Текст]: СНиП 2-Д.5-62 / затв. Госстрой СССР 12.07.1963 р. / Государственный комитет по делам строительства СССР. – 1963. – 39 с.

12. 15. Автомобильные дороги. Нормы строительного проектирования [Текст]: СНиП 2-Д.5-54 / затв. Госстрой СССР 16.11.1954 р. / Государственный комитет по делам строительства СССР. – 1954. – 37с.

13. 16. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво [Текст]: Зміни № 1 до ДБН В.2.3.-4:2015 / затв. Мінрегіон України 27.09.2018 р. № 2 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2018. – 29 с.