

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ДИЗАЙНУ

Кафедра реконструкції аеропортів та автошляхів

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Пилипенко О.І.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ  
“МАГІСТР“

Тема: Капітальний ремонт автомобільної дороги Н-31 Дніпро-  
Решетилівка з виконанням георадарного обстеження

Виконавець: Лозовий Давід Олександрович

Керівник: д.н.т., професор кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів  
Беятинський Андрій Олександрович

Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

1. Дубік О.М.

2. Беятинський А.О.

3. Талах С.М.

4. Степура В.С.

5. Пилипенко О.І.

6. Гулевець В.Д.

7. Гай А.Є.

Нормоконтролер: Пилипенко Олександр Іванович

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну  
Кафедра реконструкції аеропортів та автошляхів  
Напрямок 6.060101 «Будівництво»  
(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Белятинський А.О.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломного проекту**

**Лозовий Давід Олександрович**

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи (проекту): **«Капітальний ремонт автомобільної дороги Н-31 Дніпро-Решетилівка з виконанням георадарного обстеження»**  
затверджена наказом ректора від «02» жовтня 2020 р. №1884/ст
2. Термін виконання роботи (проекту): з 05.10.2020р. по 27.10.2020р.
3. Вихідні дані до роботи: Вихідні дані отримані під час проходження переддипломної практики.
4. Зміст пояснювальної записки: Реферат. Вступ. Характеристика району будівництва. Технологія будівництва. Економічна частина. Охорона навколишнього середовища. Висновки. Літературні джерела.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:  
План ділянки автомобільної дороги - 1. Повздовжні та поперечні профілі – 2.  
Охорона навколишнього середовища – 1. Економічна частина – 1. Схема організації робіт – 1. Схема організації дорожнього руху - 1

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Реферат	19.10.2020	
2	Вступ	19.10.2020	
3	Характеристика району будівництва	25.10.2020	
4	Технологія будівництва	25.10.2020	
5	Проектування поздовжнього і поперечного ухилів	05.11.2020	
6	Генеральне планування	05.11.2020	
7	Водовідведення	15.11.2020	
8	Економічна частина	15.11.2020	
9	Охорона навколишнього середовища	30.11.2020	
10	Висновки	30.11.2020	
11	Літературні джерела	30.11.2020	
12	Графічна частина	30.11.2020	
13	Оформлення документації	30.11.2020	

7. Дата видачі завдання: “ ” жовтня 2020р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ Белятинський А.О.  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Лозовий Д.О.  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Капітальний ремонт автомобільної дороги Н-31 Дніпро-Решетилівка з виконанням георадарного обстеження»: 85 сторінок, 8 рисунків, 11 таблиць, 25 використаних джерел, 5 додатків

**АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ, КОНСТРУКЦІЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ, ГЕОРАДАРНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБСТЕЖЕННЯ.**

**Об'єкт дослідження** – георадарна технологія обстеження конструкції дорожнього одягу при проведенні робіт з капітального ремонту на автомобільній дорозі Дніпро-Решетилівка.

**Метою дипломної роботи** є проведення обстеження існуючого дорожнього одягу з використанням георадара; проектування капітального ремонту ділянки автомобільної дороги Дніпро-Решетилівка за результатами виконаного обстеження; використати для капітального ремонту сучасні дорожньо-будівельні матеріали з урахуванням максимально можливого застосування місцевих матеріалів і відходів промисловості.

Метод дослідження – цифрове математичне моделювання.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати при проведенні наукових досліджень, у навчальному процесі та в практичній діяльності фахівців проектних та будівельних організацій.

Соціальна ефективність від впровадження розробки: Улаштування транспортної розробки дасть можливість:

- забезпечити транспортну доступність населення, що покращить мобільність, зайнятість і збільшить рівень доходів мешканців;
- поліпшити екологічну ситуацію на автомобільній дорозі Дніпро-Решетилівка, так як зниження швидкості руху автомобілей і виникнення заторів у декілька разів збільшує емісію шкідливих речовин в атмосферу, чим вкрай несприятливо впливає на довкілля.

## Зміст

Вступ	<b>4</b>
<b>1. Наукова частина</b>	<b>7</b>
1.1 Напрямки застосування георадарних технологій	7
1.2 Фізико-математичні моделі неруйнівного контролю. Методи визначення і позиціонування підповерхневих тріщин	9
1.3 Отримання та інтерпретації експериментальних георадарних даних про підповерхневі дефекти	15
1.3.1 Постановка задачі, використана модель і метод рішення	15
1.3.2 Первинна обробки даних для виявлення і оцінки параметрів підповерхневих тріщин	17
1.3.3 Обробка георадарних даних. Результати обробки радарограм	19
1.4 Результати інтерпретації радарограм	25
<b>2. Характеристика об'єкта капітального ремонту</b>	<b>26</b>
<b>3. Проектування дорожнього одягу</b>	<b>31</b>
3.1 Розрахунок конструкцій нежорсткого дорожнього одягу згідно з ГБН В.2.3-37641918-544	35
<b>4. Водовідведення</b>	<b>47</b>
4.1 Розрахунок дренажної конструкції на автомобільній дорозі Дніпро-Решетилівка	50
<b>5. Технологія виконання робіт</b>	<b>55</b>
<b>6. Організація виконання робіт</b>	<b>59</b>
<b>7. Економічна частина</b>	<b>63</b>
<b>8. Охорона праці</b>	<b>67</b>
<b>9. Охорона навколишнього середовища</b>	<b>68</b>
<b>Висновки</b>	<b>73</b>
<b>Список використаних джерел</b>	<b>74</b>

## ВСТУП

Сучасна автомобільна дорога – це складна споруда, яка для забезпечення високої швидкості і безпеки руху повинна зберігати визначені транспортно-експлуатаційні якості.

Підтримання автомобільних доріг в працездатному стані вимагає виконання своєчасних і ефективних видів ремонтних робіт. За результатами діагностики отримується повний спектр кількісних характеристик ділянок автомобільних доріг: модуль пружності на поверхні дорожньої конструкції, коефіцієнт зчеплення, рівність покриття. Однак, вони відображають тільки стан поверхні конструкції, не надаючи інформації щодо стану всіх шарів дорожньої конструкції.

Тому в теперішній час найбільш розповсюдженим видом робіт при проведенні капітальних ремонтів автомобільних доріг є посилення дорожніх конструкцій. Посилення дорожніх конструкцій – захід, який потребує великих капіталовкладень. Однак, як показав літературний огляд та проведені раніше дослідження, це дає тільки тимчасовий результат на 2-3 роки, так як дуже часто сама причина виникнення просадок і тріщин не визначена і дефекти знов проявляються на новому покритті.

На сьогоднішній день забезпеченість автомобільними дорогами в Україні складає 70%. Тому однією з головних задач залишається розвиток дорожньої мережі, а також збереження і модернізація існуючих доріг.

Для рішення даної задачі необхідно знати внутрішню будову дорожніх конструкцій (реконструкція і ремонт доріг, контроль якості), ґрунтово-гідрогеологічні умови територій (вишукування трас і нових напрямків при реконструкції, кар'єри дорожньо-будівельних матеріалів, зсувні і карстові ділянки), що досягається руйнуючими буровими роботами, які мають досить велику вартість. В теперішній час починають широко застосовуватися високопродуктивні, неруйнівні і екологічно чисті георадарні технології. Вони знаходять застосування при обстеженні автомобільних доріг, розвідці і оцінці запасів дорожньо-будівельних матеріалів в кар'єрах, контролі якості виконаних

прихованих робіт, ґрунтового-гідрогеологічних вишукувань нових напрямків доріг, обстеження зсувних ділянок.

Необхідно застосовувати методику і обладнання, які поряд з кількісними характеристиками, дозволять встановити причину руйнування після обстеження всієї дорожньої конструкції. Для призначення ефективних видів ремонтних робіт необхідно знати товщини конструктивних шарів дорожніх одягів; типи, вологість і щільність ґрунтів земляного полотна та шарів основи; положення рівня ґрунтових вод і просторове очертання підшви геологічних шарів під тілом насипу; а також місця розташування зон розуцільнених ґрунтів, пустот та інфільтрації підземних вод.

Всі вищенаведені параметри можливо визначити за допомогою георадарів.

Перші наукові дослідження з використанням георадарів, показали, що проектна товщина конструктивних шарів дорожнього одягу не витримуються, кондиційні піски в основі дорожнього одягу і тілі земляного полотна замулені. Під дією динамічного навантаження в нижній частині земляного полотна безпосередньо під проїзною частиною утворились в поперечному і поздовжньому напрямках багато чисельні заглиблення у водонепроникних ґрунтах, в яких накопичуються підземні води. В отриманих розрізах проглядаються зони розуцільнених ґрунтів і зони інфільтрації води.

Можно констатувати, що відбувається перехід від визначення кількісних характеристик об'єктів, які обстежуються до встановлення кількісних характеристик, таких, як товщина і глибина закладання шарів, вологість ґрунів. Розроблена методична база проведення обстежень дорожніх конструкцій георадарами. Вітчизняні георадари показали, що не поступаються своїм закордонним аналогам, а у ряді випадків набагато краще. Тому настав час переходу від експериментальних робіт до впровадження георадарних технологій в щоденну практику дорожнього господарства.

Використання георадарних технологій дозволить підвищити якість проектних, будівельних та експлуатаційних робіт. При цьому скорочуються витрати на проектування, будівництво та експлуатацію автомобільних доріг.

Мета роботи – призначення ефективних видів ремонтних робіт на основі проведених георадарних вимірювань при капітальному ремонті автомобільної дороги Дніпро-Решетилівка в Дніпропетровській області.

Відповідно до мети в роботі поставлені такі задачі:

1. Науково обґрунтувати раціональний вибір заходів з інструментального обстеження автомобільної дороги Дніпро-Решетилівка.
2. Визначити характеристики району проведення робіт з капітального ремонту автодороги Дніпро-Решетилівка.
3. Виконати вибір конструкції дорожнього одягу з розрахунком товщини шарів, які будуть укладені в процесі проведення робіт з капітального ремонту.
4. Визначити необхідність улаштування водовідвідних споруд з розрахунків параметрів труби для відведення води з поверхні проїзної частини дороги.
5. Провести екологічні дослідження з розробкою заходів щодо покращення умов навколишнього середовища.
6. Провести обґрунтування організації технології проведення обстеження ділянки, яка підлягає капітальному ремонту.
7. Визначення економічної ефективності виконання робіт.



# РОЗДІЛ 1

## НАУКОВА ЧАСТИНА

### 1.1 Напрямки застосування георадарних технологій

Високопродуктивні, екологічно чисті, неруйнівні георадарні технології почали широко застосовуватися в дорожньому господарстві з 90-х років минулого століття і знайшли своє застосування при вишукуваннях і проектуванні, будівництві, реконструкції, ремонті і утриманні автомобільних доріг. Георадари - це обладнання, яке дозволяє визначити внутрішню будову ґрунтових середовищ у вигляді безперервних ґрунтово-гідрогеологічних розрізів на глибину (в залежності від центральної частоти, на якій працює прилад) від 0,5 до 30 м. При цьому кількість бурових робіт зменшується більше ніж на порядок, так як проводиться контрольне буріння.

При вишукуваннях і проектуванні автомобільних доріг георадарні технології дозволяють обстежити ґрунтово-гідрогеологічні умови місцевості; визначити положення рівня ґрунтових вод; оцінити глибину водоймища в місці майбутнього мостового переходу і встановити геометричні розміри дна русла; визначити місця розміщення і розміри інженерних комунікацій; розвідати і оцінити запаси корисної товщі матеріалів і ґрунтів в кар'єрах; оцінити вплив автомобільних доріг на навколишнє середовище.

При научном сопровождении проектов строительства автомобильных дорог с помощью георадаров можно осуществить приемку скрытых работ; разведать и определить запасы дорожно-строительных материалов и вскрышных пород в притрассовых карьерах, а также установить оставшиеся запасы полезной толщи в карьерах в ходе строительства; оценить толщину слоев вновь построенной дорожной конструкции; выполнить контроль плотности и влажности уложенных материалов; определить толщину льда на технологических дорогах и автозимниках и т.д.

При реконструкції і ремонті автомобільних доріг георадарні технології дозволяють обстежувати існуючі автомобільні дороги і виявляти причини руйнувань; визначити товщину старого покриття автомобільної дороги під

наступну регенерацію; оцінити суцільність водо перепускної споруди на шляху інфільтрації води в ґрунті через стики ланок водоперепускних труб.

При утриманні автомобільних доріг за допомогою георадарів можливо визначити несучу здатність дорожніх конструкцій через товщини шарів і вологість ґрунтів земляного полотна; спрогнозувати положення кривих ковзання і можливе порушення стійкості укосів насипів; оцінити однорідність ґрунту земляного полотна; виконати моніторингові спостереження за поведінкою дорожніх конструкцій; оцінити швидкість промерзання і відтанення земляного полотна в період бездоріжжя.

Георадарне сканування виконується за двома напрямками: груба діагностика; контроль якості.

При грубій діагностиці визначається розміщення зон, які просочені забрудненням і відрізняються підвищеною вологістю. Використання системи «GeoRail» дозволяє аналізувати окремо стан щебеню і масиву ґрунту з оцінкою «сухий» чи «вологий». Фіксуються відомості про змішані зони, морозозахисному шарі, загальній глибині проникнення матеріалів шарів, просіданні баласта і горизонтах забруднення. Вся інформація, отримана за допомогою радіолокаційних записів, піддається кореляції і представляється як аналіз з оцінками: «добра» - зелений колір, «середня» - жовтий колір чи «пагана» - червоний колір.

При проведенні робіт здійснюється пошук і фіксація окремих місць пошкоджень, наприклад, щебневих мішків і місць замулювань. Отримані результати порівнюються з результатами буріння (при шурфуванні розвідних каналів) і піддаються калібруванню..

При контролі якості швидкість сканування (вимірювання) складає 30 км/год для 2-3 профілів, які скануються одночасно. За результатами сканування записується радарограма, по якій визначають межі шарів, щебеневі мішки, перезволожені зони, карстові порожнини, горизонти забруднення, щебеневі підбалластні шари, дефектні ділянки, вимірюють товщину щебеневого шару, мікротріщини в бетоні та інші пошкодження на глибині до 4 м.

## 1.2 Фізико-математичні моделі неруйнівного контролю. Методи визначення і позиціонування підповерхневих тріщин

Для досягнення чіткості викладання, насамперед, необхідно навести короткий огляд теоретичних методів інтерпретації первинних георадарних даних (радарограм). Розглянемо запропонований підхід на конкретному прикладі, а саме ділянка ПК 37+00 - ПК 39\_00 (файл 20190531\_133839\_2.sdf, тріщини на відліках: 1000, 1240, 1520, 2850). На рис 1.1, 1.2 наведений вигляд ділянки, який відповідає відлікам на радарограмі №№ 2700-2900.



Рис. 1.1 – Загальний вигляд ділянки



Рис. 1.2 - Вигляд ділянки з боку

На рис 1.3 наведений вигляд радарограми, який відповідає проїзду по даній ділянці. При детальному розгляданні необробленого зображення не можливо візуально визначити характерні ознаки наявності локалізованої неоднорідності (тріщини). Тому для підвищення надійності виявлення тріщин і достовірності оцінки їх фізико-геометричних характеристик необхідно використовувати додаткову обробку.

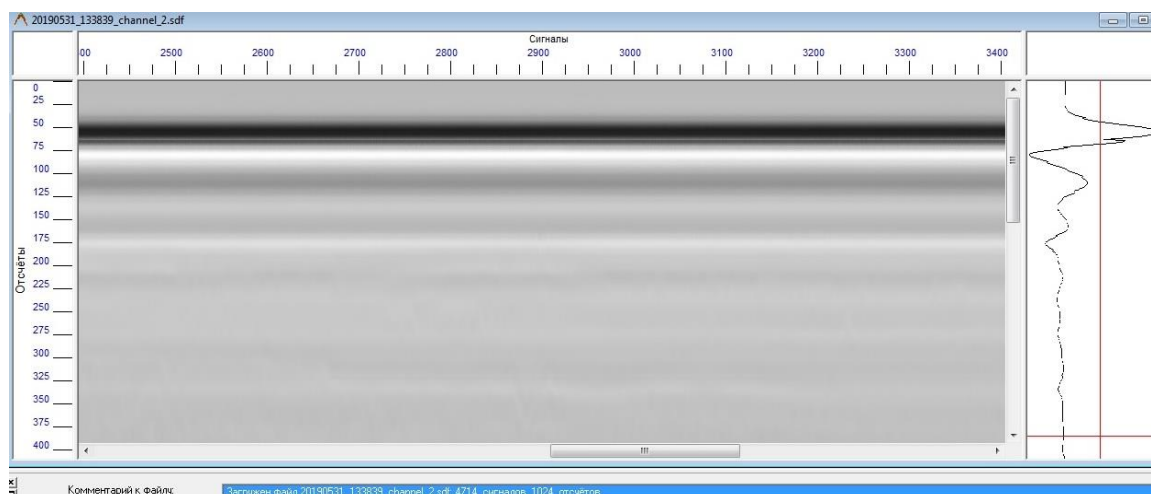


Рис 1.3. - Радарограма (тріщина на відліках № 2700-3000)

Необхідно відмітити, що в даній ситуації - відносно вузькі тріщини (шириною не більше 1-2 см.), обробка зображення реалізована схемою обробки, яка враховує специфічні особливості георадара «Одяг - 1» і зверх ширококутових імпульсних сигналів, які випромінюються і приймаються антенним блоком. Схема обробки складається з декількох етапів, які виконуються послідовно один за одним. На першому етапі відбувається первинна корекція з урахуванням властивостей так званого сигналу прямого проходження. Результат обробки після цього етапу наведений на рис. 1.4.

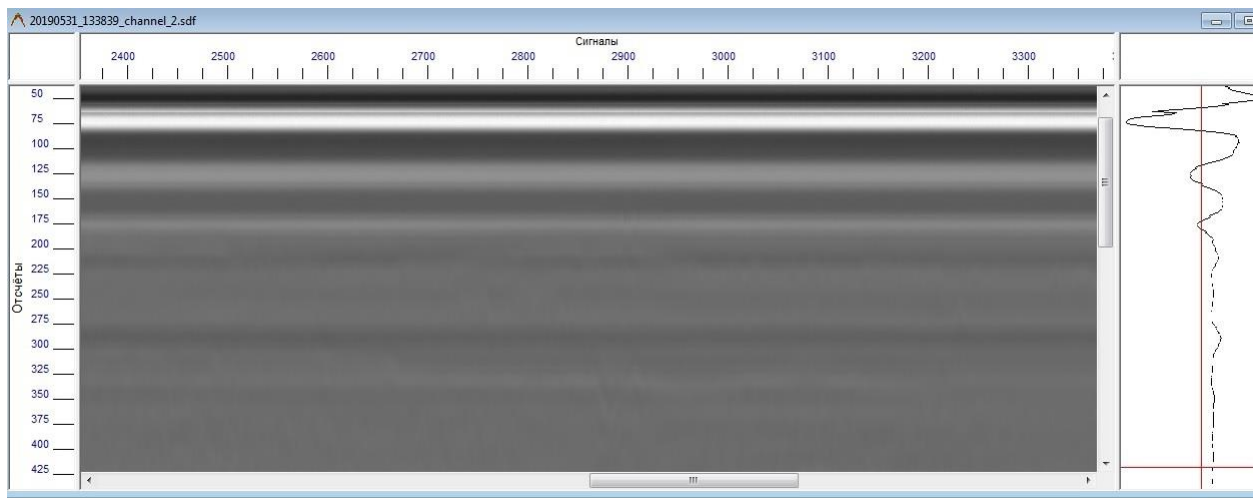


Рис. 1.4. Вид радарограми після першого етапу обробки

Як слідує з візуальної оцінки отриманого зображення, його інформативність на цьому етапі практично не змінилася. Тому на наступному етапі виконується подальша обробка з урахуванням характеристик парціальних сигналів, які відповідають даній реалізації та отримуємо наступний результат - рис. 1.5.

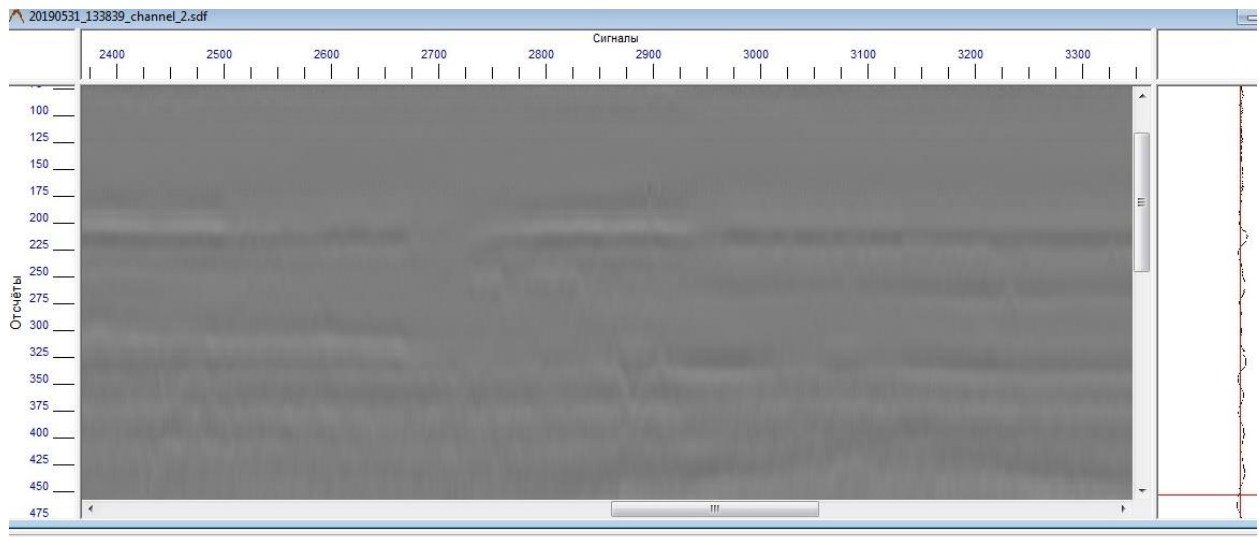


Рис. 1.5 - Вид радарограми після другого етапу обробки

В результаті з'явилися видимі відмінності між окремими ділянками зображення і оператор вже може надати правильну якісну оцінку такої радарограми. Однак, для підвищення надійності обробки і достовірності наступних кількісних оцінок, в ході обробки був застосований ще один етап. Результати цього етапу (комплексна корекція яркісних та інших оптичних параметрів) наведені на рис. 1.6.

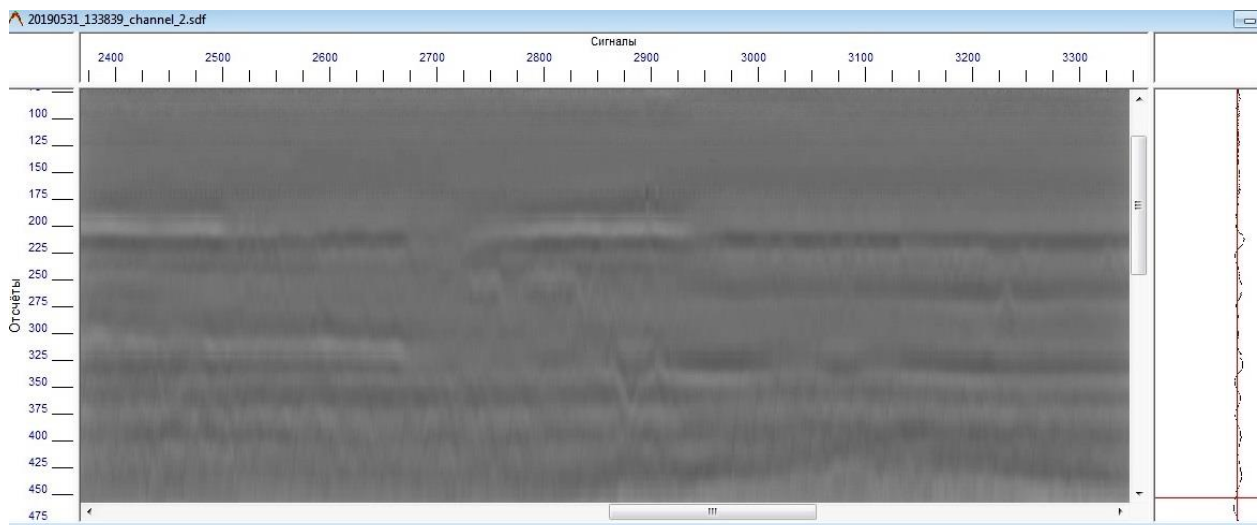


Рис. 1.6 - Вид радарограми після третього етапу обробки

Тепер можливо спостерігати наскрізну тріщину, яка виходить на поверхню на відмітці приблизно 2890. Вона спостерігається у вигляді характерної перевернутої гіперболи і для наочності обведена і відмічена цифрою 1 на рис. 1.7.

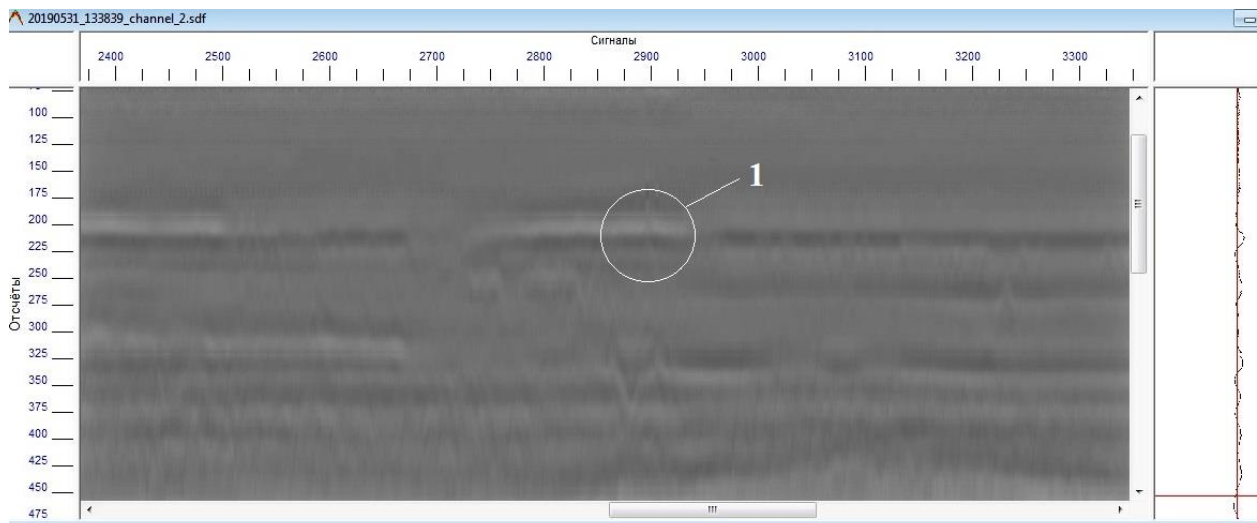


Рис. 1.7 - Вид радарограми після третього етапу обробки

Однак, головні переваги використання сучасних георадарних технологій заключаються у можливості виявлення скритих (підповерхневих) тріщин та інших неоднорідностей. Так, детальний розгляд даної радарограми після обробки свідчить про наявність в нижніх шарах інших дефектів. Вони відмічені на рис. 1.8.

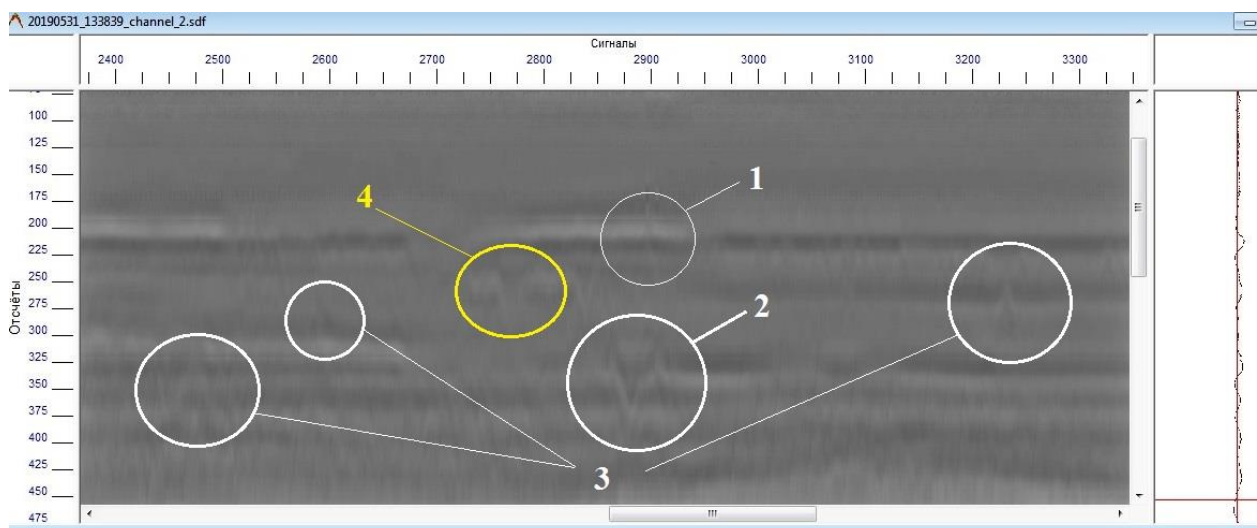


Рис. 1.8 - Вид радарограми з відміченими артефактами

Цифрами 2 і 3 позначені підповерхневі дефекти (на даному етапі обробки це тріщини). Крім того, існує ще один артефакт, відмічений цифрою 4. Він не є тріщиною чи іншою циліндричною неоднорідністю, оскільки, гіперболи, які відповідають таким неоднорідностям, обов'язково направлені до низу, в той час, як гілки даного артефакту направлені до верху. Для зручності сприйняття

даного візуального матеріала на рис. 1.9 всі гіперболи обведені відповідними лініями.

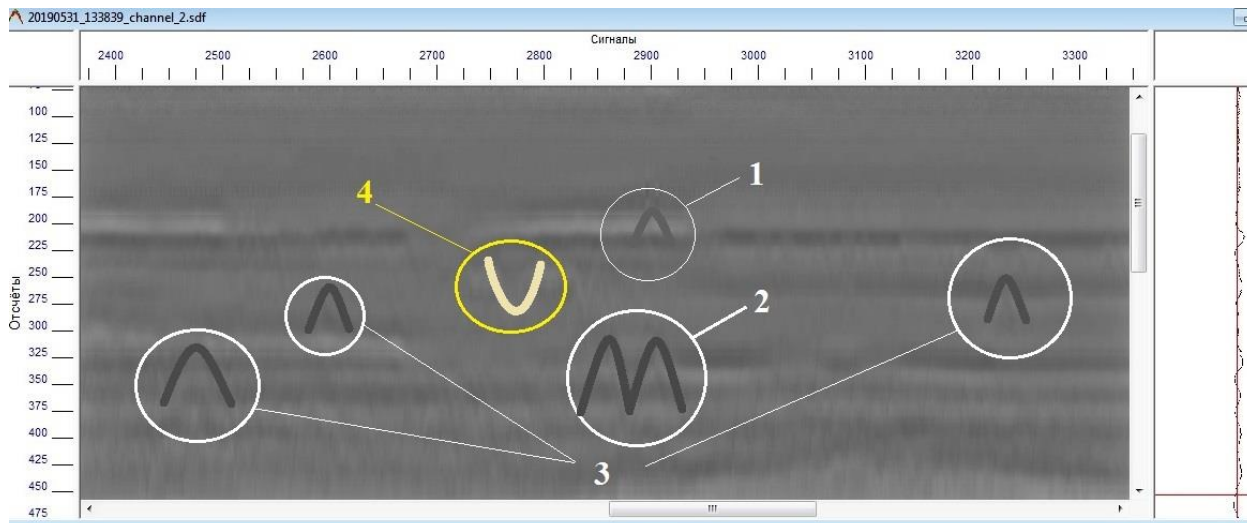


Рис. 1.9 - Вид радарограми з відміченими артефактами

Особливий інтерес з точки зору неруйнівного контролю і оцінки технічного стану конструкції, являє підповерхнева неоднорідність з номером 2, яка має на рис. 1.9 вигляд букви М. Такі неоднорідності з електродинамічної точки зору можуть відповідати як подвоєним (близько розташованим) тріщинам, так і одній тріщині, але з великим електричним контрастом (наприклад, заповненою водою чи з великим вмістом вологи).

Для отримання кількісних оцінок фізико-геометричних параметрів конструкції дорожнього одягу необхідно виконати додаткову обробку, яка спирається на спеціальні алгоритми і враховує особливості зверхширокосмугових імпульсних сигналів георадарів. Тому для подальшого просування наведений огляд наявних підходів до інтерпретації зареєстрованих на радарограмах артефактів у вигляді гіперболи.



## 1.3 Отримання та інтерпретації експериментальних георадарних даних про підповерхневі дефекти

### 1.3.1 Постановка задачі, використана модель і метод рішення

Для розробки алгоритма інтерпретації даних підповерхневого зондування необхідно вибрати адекватну модель і метод рішення задачі. В якості моделі використовується пласкошарувате середовище з дефектом (тріщиною) в нижньому шарі. Припустимо, що тріщина знаходиться в нижньому шарі покриття і має малу ширину, а глибину - на всю товщину шара (рис. 1.10).

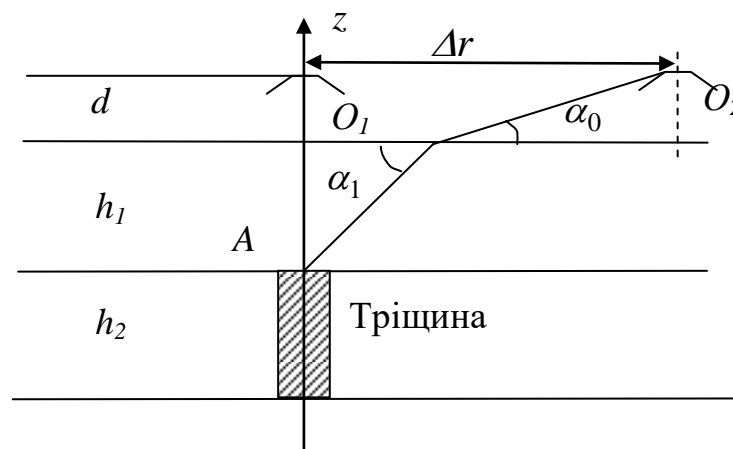


Рис. 1.10 – Геометрія задачі виявлення підповерхневих тріщин

Товщину верхнього шару покриття позначають  $h_1$ , а його діелектричну проникність –  $\varepsilon_1$ . Для другого шару покриття відповідно –  $h_2$ ,  $\varepsilon_2$ . Висоту розташування антени георадара над поверхнею покриття позначаємо  $d$ . Припустимо, що проведені два вимірювання – одне, коли антена розташована чітко над тріщиною, а друге – коли антена суміщена на відстань  $\Delta r$  (по горизонталі) від першого положення.

Вважаємо, що нам відомий час проходження сигналу від антени до верхньої межі тріщини в цих двох випадках –  $t_1$  і  $t_2$  відповідно, за допомогою закону Снеліуса:

$$\begin{aligned} \sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha_0\right) \times n_0 &= \sin\left(\frac{\pi}{2}-\alpha_1\right) \times n_1, \\ n_0 &= \sqrt{\varepsilon_0} = 1, \\ n_1 &= \sqrt{\varepsilon_1} \end{aligned} \quad (1.1)$$

Далі наводимо основні рівняння, які пов'язують відомі параметри задачі з

невідомими (в наближенні геометричної оптики):

$$\begin{cases} \frac{d}{c} + \frac{h_1 \times \sqrt{\varepsilon_1}}{c} = \frac{t_1}{2} \\ \frac{d}{\sin \alpha_0 \times c} + \frac{h_1 \times \sqrt{\varepsilon_1}}{\sin \alpha_1 \times c} = \frac{t_2}{2} \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_0\right) = \sqrt{\varepsilon_1} \times \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right), (\varepsilon_0 = 1). \end{cases}, \quad (1.2)$$

де  $c$  – швидкість світла в вакуумі, см/нс.

Якщо діелектрична проникність верхнього шару невідома, то три рівняння системи (1.2) містять чотири невідомі величини:  $\varepsilon_1, h_1, \alpha_0, \alpha_1$ . Така система не має єдиного рішення. Якщо  $d \ll h_1$ , то для її наближеного рішення можливо використовувати параметри асимптотичної поведінки гіперболи, яка з'являється на екрані радара при русі над об'єктом. В такому випадку друге рівняння системи (1.2) замінюється наближенням:

$$\frac{h_1 \times \sqrt{\varepsilon_1}}{\sin \alpha_1 \times c} = \frac{t_2}{2}. \quad (1.3)$$

Тобто, не враховується час проходження сигналу у вільному просторі. Можливий й інший наближений підхід, заснований на нехтуванні напрямком хвилі при малих кутах падіння (більших суміщеннях радара). Іншими словами, вважається, що хвиля розповсюджується прямолінійно, але з різною швидкістю в різних середовищах.

В такому випадку друге рівняння записується наступним чином:

$$\frac{\sqrt{(d+h_1)^2 + (\Delta r)^2} \times \frac{d}{\Delta r} + \sqrt{(d+h_1)^2 + (\Delta r)^2} \times \frac{h_1 \times \sqrt{\varepsilon_1}}{\Delta r}}{c} \approx \frac{t_2}{2}. \quad (1.4)$$

В цьому співвідношенні величина суміщення  $\Delta r$  вважається відомою. В такому випадку маємо систему двох рівнянь з двома невідомими ( $h_1$  і  $\varepsilon_1$ ):

$$\begin{cases} \frac{d}{c} + \frac{h_1 \times \sqrt{\varepsilon_1}}{c} = \frac{t_1}{2} \\ \sqrt{(d+h_1)^2 + (\Delta r)^2} \times \frac{d}{\Delta r} + \sqrt{(d+h_1)^2 + (\Delta r)^2} \times \frac{h_1 \times \sqrt{\varepsilon_1}}{\Delta r} \approx c \times \frac{t_2}{2} \end{cases}. \quad (1.5)$$

Така система є не тільки наближеною, але й нелінійною та її рішення досить складний процес. До того ж при реалізації такої схеми виникає ряд додаткових похибок (визначення  $\Delta r$ ). Тому оцінити отриману похибку достатньо складно.

Існують інші підходи до рішення даної задачі. Однак ці методи базуються на обробці великої кількості інформації і досить складні. Тому на цій основі необхідно розробити більш досконалі алгоритми обробки сигналів, які дозволять не тільки виявляти, але й ідентифікувати підповерхневі дефекти.

Як показав аналіз, ефективним інструментом рішення даних задач може бути використання поляризаційного стану відображених сигналів. Пропонується для рішення задач виявлення, позиціонування та ідентифікації підповерхневих дефектів сумісно використовувати як стандартний антенний блок (АБ), так і блок КП, який дозволяє здійснювати випромінювання і реєстрацію крос-поляризаційних компонент сигналів. Для інтерпретації даних в такому випадку необхідно використовувати спеціальні алгоритми.

### **1.3.2 Первинна обробки даних для виявлення і оцінки параметрів підповерхневих тріщин**

В той же час в сучасних пересувних дорожніх лабораторіях існує можливість встановлення і одночасного використання декількох антенних блоків, що дозволяє співставити дані, отримані на одній ділянці дороги різними антенами. Тому пропонується використати таку систему для початкового визначення діелектричної проникності верхнього шару покриття з наступним використанням отриманих значень в алгоритмі визначення глибини залягання дефекта (тріщини). Основу такого підходу складає методика визначення діелектричної проникності верхнього шару дорожнього одягу по зміненому значенню коефіцієнта відбитку  $R_0$ .

Вихідний вираз для визначення діелектричної проникності  $\epsilon_1$  по вимірному коефіцієнту відбитку  $R_0$  може бути отримано з формули (1.3) і

наведено у вигляді:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_0 \frac{(1 - R_0)^2}{(1 + R_0)^2}, \quad (1.6)$$

$$\text{де } R_0 = \frac{A_0}{B_0}.$$

Знаючи  $\varepsilon_1$  можливо визначити товщину верхнього шару з першого рівняння системи (1.5), яке запишемо у вигляді:

$$h_1 = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_1}} \left( \frac{t_1}{2} - \frac{d}{c} \right). \quad (1.7)$$

Відповідно, запропонований алгоритм рішення задачі визначення глибини залягання тріщини нижнього шару асфальтобетонного покриття зводиться до наступних дій:

- а) визначення діелектричної проникності ( $\varepsilon_1$ ) верхнього шару над дефектом;
- б) вимірювання затримки першого сигналу, тобто часу проходження сигналу від антени до нижньої границі верхнього шару (початка тріщини) ( $t_1$ );
- в) розрахунок глибини залягання дефекта (тріщини) по формулі (1.7).

Наступним кроком є визначення параметрів тріщини. Ця задача вирішується за допомогою модифікації компараційного алгоритму. Суть даного підходу у порівнянні даних, отриманих спостереженням з набором еталонних. Потім виконується вибір найбільш близької кривої з наявного набору і вважається, що об'єкт має характеристики, близькі до тих характеристик, які мав еталонний об'єкт, на якому була отримана відповідна радарограма. В даному випадку пропонується виконати порівняльний аналіз отриманого сигналу з набором еталонних сигналів від різних тріщин. Наприклад, для функції часового розподілення сигналу від конструкції, яка обстежується  $f(t)$  маємо:

$$\bar{f}(t) = |f(t)|. \quad (1.8)$$

Аналогічна операція застосовується і до еталонних радарограм. Після цього розраховуються:

$$N_i = \int_0^T (\bar{f}(t) - \bar{F}_i(t))^2 dt, \quad (1.9)$$

де  $\bar{F}_i(t)$  – еталонні радарограми.

За допомогою операції вибору найменшого з функціоналів  $N_i$  робиться висновок про ширину тріщини. Відповідно, в результаті роботи алгоритма на виході отримуємо значення місцезрештування дефекта (тріщини), глибини його залягання і ширини. Таким чином, загальна схема дефектоскопії дорожніх одягів нежорсткого типу за допомогою технологій підповерхневого зондування складається з декількох етапів:

а) отримання вихідної інформації у вигляді масивів даних в спеціальному форматі, який дозволяє відображати інформацію, так і обробляти її;

б) первинна обробка отриманої вихідної інформації (за допомогою програми GPR ProView);

в) рішення задач виявлення і позиціонування підповерхневих тріщин на основі запропонованих алгоритмів.

### 1.3.3 Обробка георадарних даних. Результати обробки радарограм

Проектом передбачено посилення існуючого дорожнього одягу з різним шаром вирівнювання:

- при товщині вирівнювання до 15 см- одношарове з дрібнозернистого асфальтобетону;

- при товщині вирівнювання до 25 см- двошарове з дрібнозернистого асфальтобетону та крупнозернистого щільного асфальтобетону;

#### **Посилення ТИПА:**

- верхній шар покриття з **щебенево-мастикового асфальтобетону** (ЩМА 20), на бітумі БМПА 60/90-53 з підгрунтовкою бітумною емульсією 0,40л/м<sup>2</sup> ЕКШ-60, товщиною **6см**;

- вирівнюючий шар покриття з **дрібнозернистого гарячого щільного асфальтобетону** тип А1, марка І на бітумі БМПА 60/90-53 з ПАР та

підґрунтовкою бітумною емульсією 0,40л/м<sup>2</sup> ЕКШ-60 сер.товщиною **-8-8,5см;**  
**(ПК 1+50-ПК78+23)**

- вирівнюючий шар покриття з **крупнозернистого гарячого щільного** асфальтобетону тип А1, марка І на бітумі БМПА 60/90-53 з ПАР та підґрунтовкою бітумною емульсією 0,40л/м<sup>2</sup> ЕКШ-60 сер.товщиною **-10см;**  
**(ПК 4+00-ПК23+50; ПК 24+50-ПК57+50; ПК 64+00-ПК78+23)**

- вирівнюючий шар покриття з **крупнозернистого гарячого пористого** асфальтобетону тип А-Б марки І БНД 60/90, з ПАР та підґрунтовкою бітумною емульсією 0,83 л/м<sup>2</sup> ЕКШ-60, сер.товщиною **-12см;**  
**(ПК 13+50-ПК23+50; ПК 24+50-ПК30+07)**

### Правий проїзд

**382 МПА**

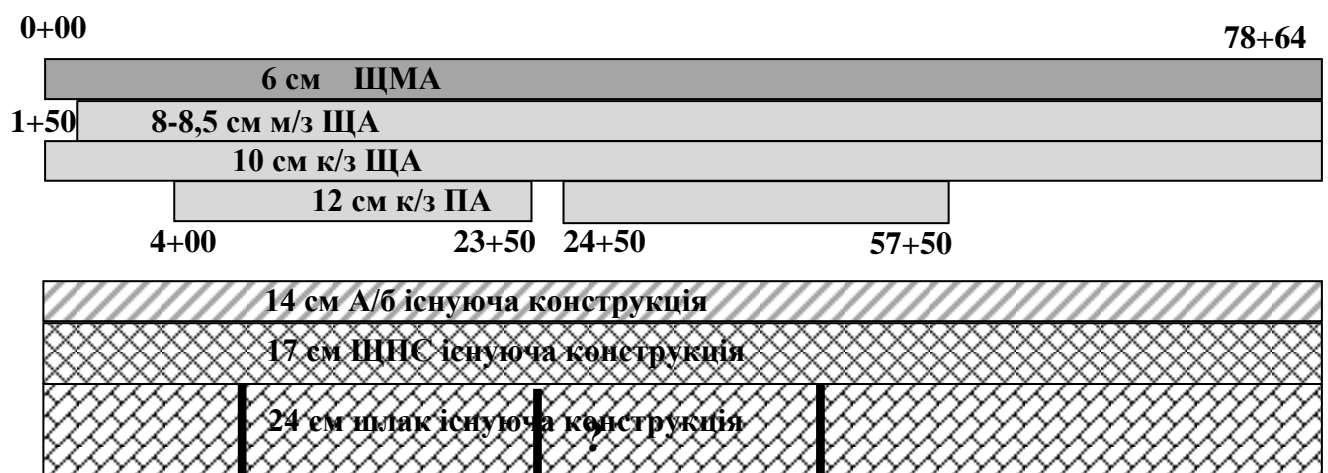


Рис. 1.11 Конструкція посилення на ділянці, що досліджується

Розрахунок часу в перший шар  $8\text{см} * 2 = 16/30 * 2.5 = 1,33 \text{нс} = 1.33/0.0195 = 68$  від  
 $20\text{нс}/1024 = 19.5 \text{пс}$  1 відлік 10 відліків = 0.2 нс 100 відліків = 2нс

Розрахунок шарів по відлікам:

#### **Конструкція зверху вниз**

8 см дрібнозернистий а/б  $(8*2)/30*2.6 = 1.38/0.0195 = 70+175 = 245$  нижня границя

10 см крупнозернистий а/б  $(10*2)/30*2.5 = 1.66/0.0195 = 85,4+245 = 330.5$  нижня  
 границя

існуюча:

14 см – а/б  $(14*2)/30*2.3 = 2.14/0.0195 = 110+330 = 440$  нижня границя

17 см – ЩПС  $(17*2)/30*2.0 = 2.26/0.0195 = 115+440 = 555$  нижня границя

24 см – шлак  $(24*2)/30*2.2 = 3,52/0.0195 = 180+555=735$  нижня границя

Прив'язка до пікетажу здійснювалась лінійною інтерполяцією з умови рівномірного руху по ділянці довжиною 200 м.

Таблиця 1.1 – Ділянка ПК 25+00 – ПК 27+00 (правий проїзд), файл 20190531\_125108\_калібровка\_BezSV5\_Bez\_Sig178.sdf

№	Пікет	Сигнал	Тріщина зовнішня	Тріщина підповерхнева Відлік початок	Глибина
1	25+13,77	325		380	В шарі старого а/б покриття
2	25+38,13	900		325	В шарі к/з асфальтобетону
3	25+50,84	1200		375	В шарі старого а/б покриття
4	25+75,21	1775		325	В шарі к/з асфальтобетону
5	26+20,76	2850		320	В шарі старого а/б покриття
6	26+36,65	3225		180	В шарі д/з асфальтобетону
7	26+83,26	4325		325	В шарі к/з асфальтобетону

Таблиця 1.2 – Ділянка ПК 27+00 – ПК 29+00 (правий проїзд), файл 20190531\_125540\_channel\_2.sdf (рис 14)

№	Пікет	Сигнал	Тріщина зовнішня	Тріщина підповерхнева Відлік початок	Глибина
1	27+08,30	175		325	В шарі к/з асфальтобетону
2	27+10,25	216		381	В шарі старого а/б покриття
3	27+12,24	258		373	В шарі старого а/б покриття
4	27+21,68	457		398	В шарі старого а/б покриття
5	27+24,29	512		302	В шарі к/з асфальтобетону
6	27+48,86	1030		401	В шарі старого а/б покриття
7	27+81,64	1721		381	В шарі старого а/б покриття
8	27+84,39	1779		404	В шарі старого а/б покриття
9	28+91,13	4029		403	В шарі старого а/б покриття
10	28+98,38	4182		279	В шарі д/з асфальтобетону

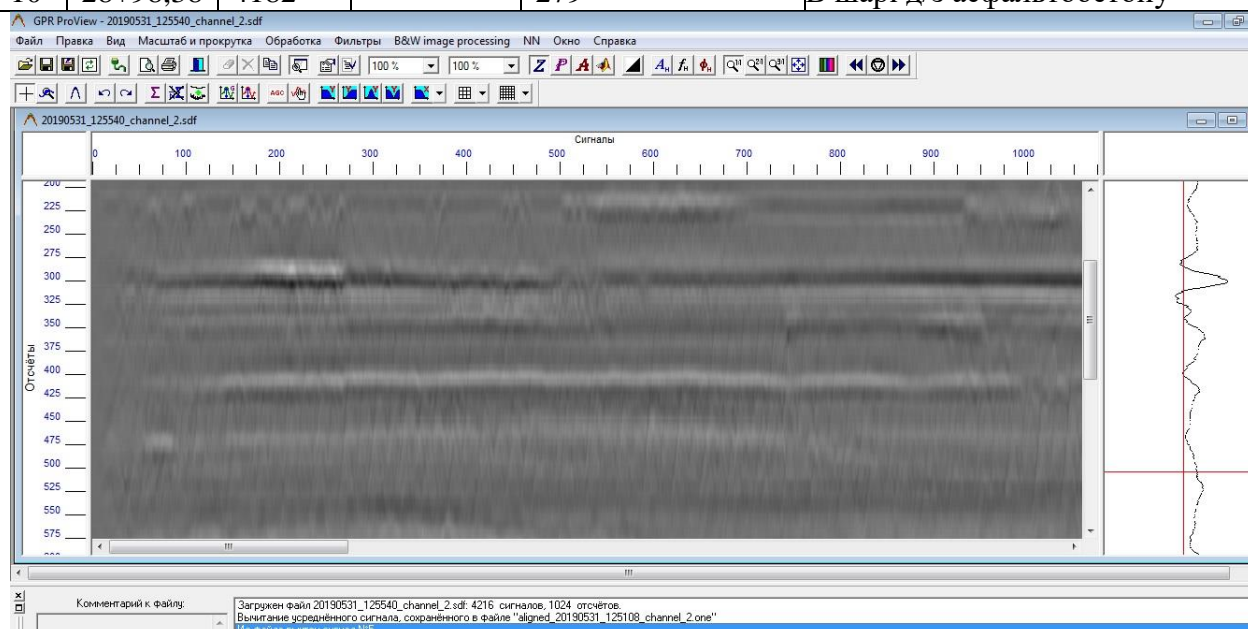


Рис. 1.12 – Знімок радарограми

Таблиця 1.3 – Ділянка ПК 29+00 – ПК 31+00 (правий проїзд), файл 20190531\_125925\_channel\_2.sdf (рис 15)

№	Пякет	Сигнал	Трящина зовнішня	Тріщина підповерхнева Відлік початок	Глибина початок, нс
1	29+29,02	624		290	В шарі к/з асфальтобетону
2	29+38,23	822		281	В шарі к/з асфальтобетону
3	29+41,44	891		377	В шарі старого а/б покриття
4	29+49,50	1069		371	В шарі старого а/б покриття
5	29+70,33	1512		339	В шарі старого а/б покриття
6	30+39,07	2990		340	В шарі старого а/б покриття
7	30+86,05	4000		338	В шарі старого а/б покриття

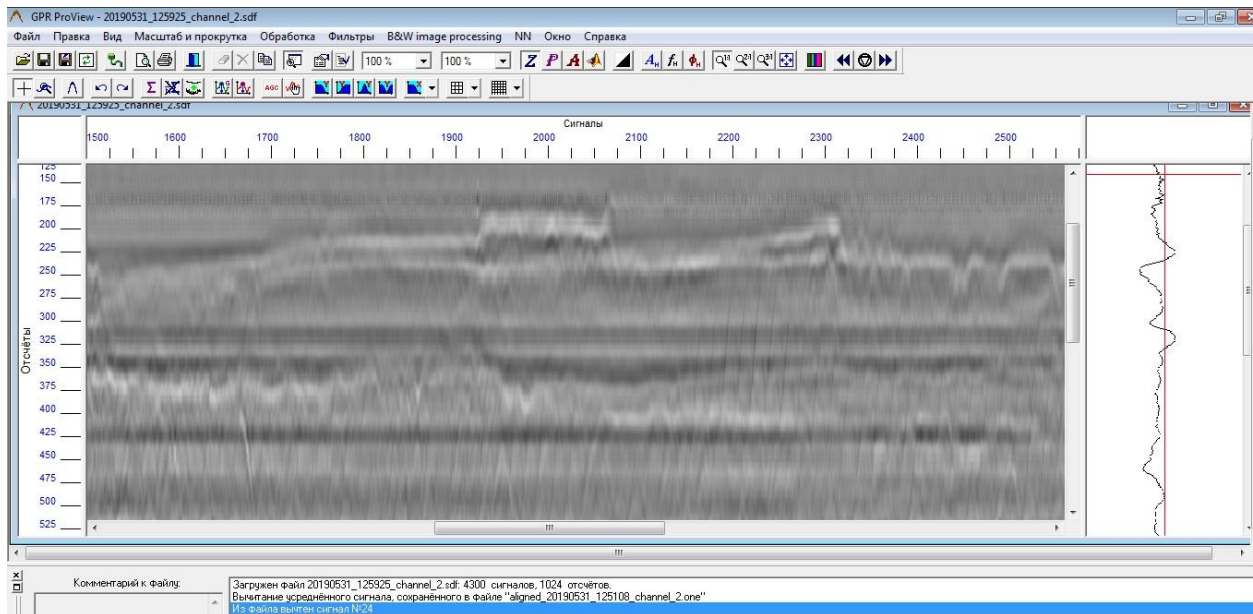


Рис. 1.13 – Знімок радарограми

Таблиця 1.4 – Ділянка ПК 31+00 – ПК 33+00 (правий проїзд), файл 20190531\_130330\_channel\_2\_BezSV5\_BezSig4.sdf

№	пікет	Сигнал	Тріщина зовнішня	Тріщина підповерхнева Відлік початок	Глибина
1	31+06,55	150		320	В шарі к/з асфальтобетону
2	31+08,74	200			
3	31+37,14	850		225	В шарі д/з асфальтобетону
4	31+44,79 31+49,16	1025 - 1125		225 декілька	В шарі д/з асфальтобетону
5	31+63,36 31+72,09	1450- 1650		220	В шарі д/з асфальтобетону
6	31+89,58	2050		250	В шарі к/з асфальтобетону
7	31+93,95	2150		200	В шарі к/з асфальтобетону
8	32+11,43	2550		200	В шарі к/з асфальтобетону
9	32+15,79	2650		200	В шарі к/з асфальтобетону
10	32+25,63 32+28,90	2875- 2950	175		В шарі старого а/б покриття
11	32+31,09	3000		200	В шарі д/з асфальтобетону



12	32+55,12	3550		275	В шарі к/з асфальтобетону
13	32+62,77 32+66,05	3725- 3800	200 (4?)		В шарі д/з асфальтобетону
14	32+79,15	4100	175		В шарі старого а/б покриття
15	32+94,45	4450	200		В шарі старого а/б покриття

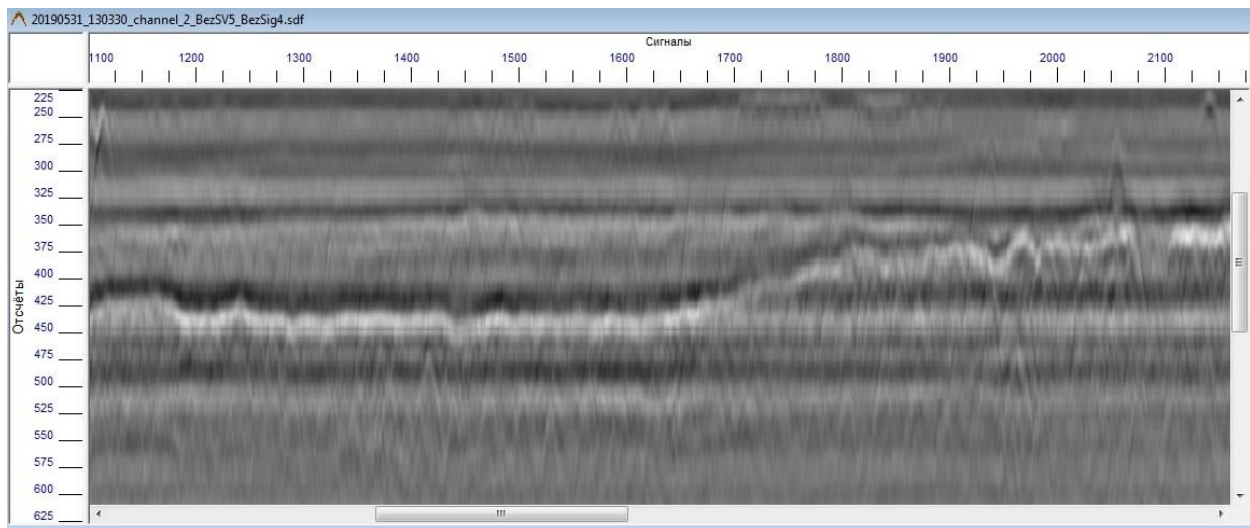


Рис. 1.14 - Світла лінія, яка починається з відліку 425 зліва відповідає внутрішній границі розділу (границі старого покриття)

Таблиця 1.15 – Ділянка ПК 33+00 – ПК 35+00 (правий проїзд), файл 20190531\_132750\_channel\_2BezSv5 BezSig35.sdf

№	пікет	Сигнал	Тріщина зовнішня	Тріщина підповерхнева Відлік початок	Глибина
1	33+04,15 33+08,29	100- 200		225	В шарі д/з асфальтобетону (декілька тріщин)
2	33+33,16	800		225	В шарі д/з асфальтобетону
3	33+49,74 33+58,03	1200- 1400		225	В шарі д/з асфальтобетону (декілька тріщин)
4	33+66,32	1600		450	В шарі старого а/б покриття (2 тріщини)
5	33+70,47	1700		450	В шарі старого а/б покриття (2 тріщини)
6	33+92,43	2230	+		В шарі старого а/б покриття
7	34+13,57	2740	+		В шарі старого а/б покриття
8	34+41,76	3420	+		В шарі старого а/б покриття

Таблиця 1.16 – Ділянка ПК 35+00 – ПК 37+00 (правий проїзд), файл 20190531\_133129\_channel\_2-BezSV5 Bez Sig4.sdf

№	пікет	Сигнал	Тріщина зовнішня	Тріщина підповерхнева Відлік початок	Глибина
1	35+30,14	700		275	В шарі к/з асфальтобетону
2	36+27,45	2960	+		В шарі старого а/б покриття
3	36+42,09 36+55,00	3300 - 3600		200	В шарі д/з асфальтобетона
4	36+49,41	3470	+		В шарі старого а/б покриття

Загальна проблема ділянки - наявність неоднорідностей у верхньому шарі основи - Рис. 17.

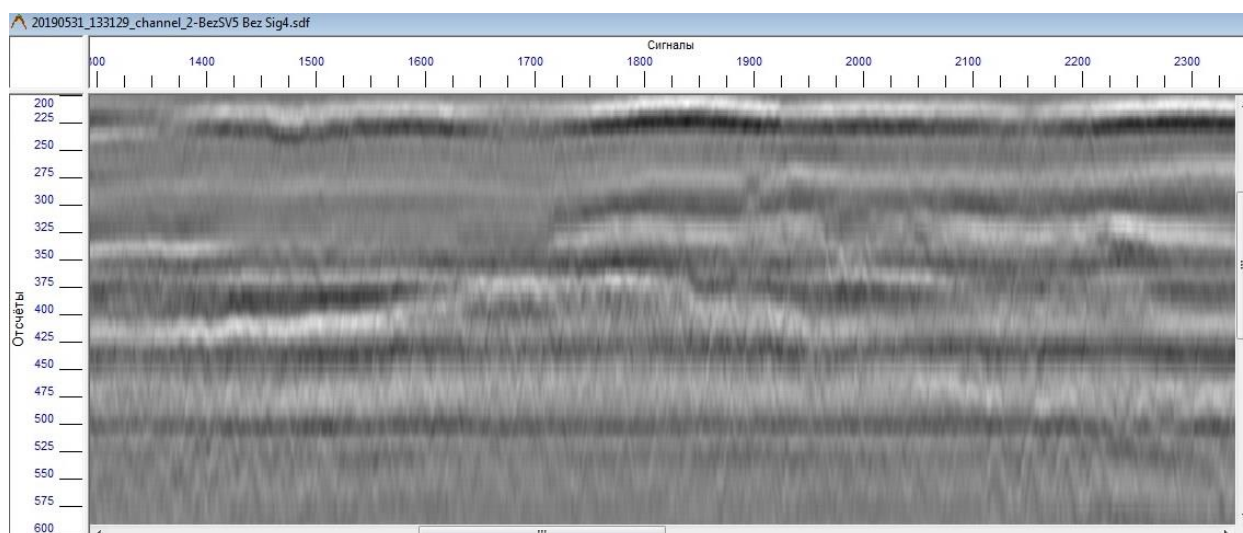


Рис. 1.15 – Знімок радарограми

Таблиця 7 – Ділянка ПК 37+00 – ПК 39+00 (правий проїзд), файл 20190531\_133839\_channel\_2 Вех SV5 Bez Sig2722.sdf

№	Пікет	Сигнал	Тріщина зовнішня	Тріщина підповерхнева Відлік початок	Глибина
1	37+44,55	1050	180		В шарі старого а/б покриття
2	37+48,79	1150		375	В шарі старого а/б покриття
3	37+52,61	1240	+		В шарі старого а/б покриття
4	37+64,49	1520	+		В шарі старого а/б покриття
5	38+20,92	2850	+		В шарі старого а/б покриття
6	38+21,98	2875		325	В шарі к/з асфальтобетону
7	38+23,04	2900	+		В шарі старого а/б покриття

## 1.4 Результати інтерпретації радарограм

Визначення типу неоднорідності проводилося шляхом детального аналізу радарограм без додаткової обробки імпульсних сигналів георадару.

У таблицях використано такі умовні позначення:

- напівжирним шрифтом позначено неоднорідності, які утворюють на радарограмах множинні (за глибиною) контрастні гіперболічні відбиття, тому з певною імовірністю можуть вважатися лінійними неоднорідностями – тріщинами;

- звичайним шрифтом позначено підповерхневі неоднорідності, які утворюють одиночні неконтрастні гіперболічні відбиття на радарограмах або незадовільно ідентифікуються через зміну умов зондування (наприклад, зміна вологості шарів; додаткові апаратні завади від технологічного транспорту, тощо).

Застосування результатів георадарного зондування у даної роботі дозволяє отримати інформацію про підповерхневу структуру конструкції для:

- визначення найбільш небезпечних ділянок, які характеризуються значною підповерхневою неоднорідністю;

- проведення додаткового обстеження небезпечних ділянок (аналіз проектних рішень, визначення вологості ґрунту, оцінювання несучої здатності конструкції, розрахунок напружено-деформованого стану);

- розроблення заходів щодо забезпечення техніко-експлуатаційного стану конструкції дорожнього одягу.

## РОЗДІЛ 2

### ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

Автомобільна дорога державного значення Н-31 Дніпро-Решетилівка, Полтавська область, яка підлягає капітальному ремонту має наступні техніко-економічні показники:

- класифікація автомобільної дороги загального користування – державна;
- категорія дороги – 1-б.
- перспективна інтенсивність руху – 25930 приведених од/добу;
- кількість смуг руху – 4 шт.;
- розрахункова швидкість – 110 км/год;
- довжина ділянки – 5,1 км;
- ширина проїзної частини проїздів – 2 x 7,5 м;
- ширина узбіччя – 3,75 м;

Автомобільна дорога державного значення Дніпро – Решетилівка (Н-31) пролягає по території Полтавської та Дніпровської областей через ряд населених пунктів: Дніпро, Петриківка, Царичанка, Кобеляки, Решетилівка.

Автомобільна дорога пов'язує між собою промислові та адміністративні центри України, перетинає дороги державного та місцевого значення. Важливе значення дорога має для забезпечення транспортних зв'язків західних, східних та центральних областей України. При цьому використовується найкоротша відстань перевезень.

Незважаючи на поганий технічний стан існуючої дороги у межах Полтавської області, необхідно відмітити високу інтенсивність руху автотранспорту.

Ділянка реконструкції автомобільної дороги проходить по території Решетилівського району Полтавської області. На ділянці ПК 1465+00 – ПК 1487+00 дорога проходить в межах с. Шамраївка Решетилівського району, на ділянках ПК 1460+81 – ПК 1465+00; ПК 1487+00 – ПК 1500+00 дорога проходить поза межами населених пунктів.

Існуючі параметри дороги:

- категорія дороги – II;
- ширина земляного полотна – 12 – 20 м;
- ширина проїзної частини – 7,5 – 11,0 м;
- дорожній одяг з капітальним типом покриття (асфальтобетонне покриття).

В межах проектної ділянки розташовано 4 примикань та з'їздів:

- км 146+810 (праворуч) – в поле;
- км 146+815 (ліворуч) – у вулицю (с. Шамраївка);
- км 147+410 (ліворуч) – у вулицю Гагаріна (с. Шамраївка);
- км 147+710 (ліворуч) – у вулицю Шевченка (с. Шамраївка);
- км 147+730 (праворуч) – в поле;
- км 147+840 (праворуч) – заїзд до АЗС;
- км 147+920 (праворуч) – виїзд із АЗС;
- км 148+360 (праворуч) – в поле;
- км 148+400 (ліворуч) – у вулицю Діброва (с. Шамраївка);
- км 148+620 (ліворуч) – у вулицю 1-го Травня (с. Шамраївка);
- км 148+680 (ліворуч) – в поле. - км 149+635 (праворуч) – в поле;
- км 149+685 (ліворуч) – в поле.

Також в межах с. Шамраївка знаходиться 13 в'їздів у двори із автомобільної дороги. В межах проектної ділянки на км 148+400 праворуч, км 148+640 ліворуч та км 148+780 праворуч знаходяться існуючі автобусні зупинки.

Покриття зупинкових та посадкових майданчиків перебувають в незадовільному стані зі значною кількістю руйнувань та дефектів. Існуючі автопавільйон на зупинках, що знаходиться на км 148+400 праворуч та 148+640 ліворуч, знаходяться в незадовільному стані та потребують заміни. На зупинці на км 148+780 праворуч існуючий автопавільйон відсутній. Наявність великих транспортних потоків з низькою швидкістю призводить до інтенсивного забруднення навколишнього середовища створює несприятливі умови для роботи водіїв та мешканців селищ, що розташовані поблизу.

Відповідно до інтенсивності руху та транспортного потоку згідно ДБН В.2.3- 4:2015, передбачається реконструкція дороги з приведенням її параметрів до І-б категорії. Загальна довжина ділянки реконструкції складає 3919 м.

Початок проектної ділянки знаходиться на ПК 1460+81,0, кінець проектної ділянки знаходиться на ПК 1500+00,0. Автомобільна дорога проходить по існуючому напрямку дороги Н-31 з поширенням земляного полотна праворуч по відношенню до існуючого насипу. Інтенсивність руху транспортних засобів на ділянці проведення реконструкції складає 4500 авт./добу; перспективна інтенсивність на 2039 рік складе 11950 авт./добу. Інтенсивність руху, приведена до легкового автомобіля, в межах даної ділянки складає 9100 авт./добу, перспективна інтенсивність руху на 2039 рік складе 19940 авт./добу.

Склад транспортного потоку:

- легкові автомобілі – 66%;
- вантажні автомобілі – 33%;
- автобуси – 1%.

Після реконструкції ділянка автомобільної дороги матиме такі характеристики:

- технічна категорія – І-б;
- довжина ділянки дороги – 3919 м;
- розрахункова швидкість – 110 км/год.;
- розрахункове навантаження – 115 кН;
- ширина проїзної частини – 2x7,50 м;
- ширина розділювальної смуги – 3,0 м, в тому числі ширина укріпленої смуги (з дорожнім одягом по типу основного проїзду) – 2x0,50 м;
- ширина узбіччя – 2x3,75 м, в тому числі ширина зупиночної смуги разом з укріпленою смугою узбіччя (з дорожнім одягом по типу основного проїзду) – 2,50 м;
- ширина земляного полотна – 25,50 м.

Основні технічні показники поздовжнього профілю:

- найбільший поздовжній похил – 46 %;

- найменший радіус горизонтальної кривої – 751 м;
- опуклої вертикальної кривої – 11000 м;
- увігнутої вертикальної кривої – 15500 м.

Оскільки при проходженні дороги в межах населеного пункту проектними рішеннями забезпечено безпеку руху з мінімізацією несанкціонованого доступу людей та тварин на дорогу, згідно вимог ДБН В.2.3-4:2015, розрахункова швидкість прийнята 110 км/год.

Геометричні параметри дороги відповідають прийнятій розрахунковій швидкості.

### **Штучні споруди Водопропускні труби**

В межах проектної ділянки реконструкції знаходяться 3 існуючих залізобетонних водопропускних труби під основною дорогою:

- ПК 1465+70 (двохочкова 2хØ1,00 м),
- ПК 1475+55 (двохочкова 2хØ1,20 м),
- ПК 1486+25 (Ø1,0 м).

В результаті обстеження існуючих штучних споруд було визначено, що в межах проектної ділянки реконструкції всі залізобетонні труби під основною дорогою перебувають в задовільному стані.

В результаті цього, труби, що знаходяться на ПК 1475+55 (двохочкова 2хØ1,20 м), та ПК 1486+25 (Ø1,0 м), передбачено відремонтувати з метою пропуску води під місцевим проїздом.

В зв'язку із доведенням дороги до параметрів I-б категорії з відповідним поширенням земляного полотна, передбачається розбирання існуючої труби на ПК 1465+70 (двохочкова 2хØ1,00 м).

В межах проектної ділянки передбачено влаштування нових труб із металогофроконструкцій на ПК 1465+63 (двохочкова 2хØ1,20 м) та на ПК 1475+56 (двохочкова 2хØ1,20 м).

Довжини нових металевих гофрованих труб під основною дорогою складають:

- ПК 1465+63 (двохочкова 2хØ1,20 м) – 48,80 м;
- ПК 1475+56 (двохочкова 2хØ1,20 м) – 47,40 м.

Також проектом передбачається влаштування залізобетонних водопропускних труб отвором 0,8 м під примиканнями та з'їздами в кількості 11 шт., загальною довжиною 170 м.

### **Водоскиди.**

Для запобігання розмивів узбіч та укосів земляного полотна поза межами населених пунктів на ділянках дороги, де висота насипу перевищує 2,5 м, та в місцях односхилих поперечних похилів дороги з боку внутрішньої частини заокруглення проектом передбачено влаштування скидів води відкритими лотками для відведення води за межі земляного полотна (серія 503-09-7.84).

Скиди води влаштовуються із бетонних блоків Б-5, лоток скиду являє собою укріплену монолітним бетоном майданчик. На укосах влаштовують телескопічні лотки зі збірних залізобетонних блоків Б-6 на щебеневій основі, після чого поверхнева вода потрапляє до гасника в підшві насипу. Збирання поверхневих вод здійснюється бортовим каменем з блоків БР 100.30.18 на основі із монолітного бетону.

Дощоприймальні колодязі зі скидом води на укос земляного полотна Для відведення води з проїзної частини на віражах із зовнішньої частини заокруглення, передбачається влаштування скидів води дощоприймальними колодязями. З колодязя вода по трубі направляється до укосу насипу. На укосах влаштовують телескопічні лотки зі збірних залізобетонних блоків Б-6 на щебеневій основі, після чого поверхнева вода потрапляє до гасника в підшві насипу.

Збирання поверхневих вод здійснюється бортовим каменем з блоків БР 300.45.18, на основі із монолітного бетону.



### РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Капітальний ремонт – один з найпоширеніших матеріало- і капіталомістких видів ремонтно-відновлювальних робіт. Причому, із формуванням мережі автомобільних доріг, цей вид робіт стає домінуючим. Із позицій механіки дорожнього одягу до капітального ремонту дорожніх одягів відносять комплекс заходів і робіт, направлених на відновлення міцності, жорсткості і розподільної здатності кожного елемента дорожнього одягу або всієї конструкції в цілому. Тобто, усунення причин несправного стану дорожнього одягу або на зменшення їх впливу.

У більшості країн на автомобільних дорогах, де необхідно проводити капітальний ремонт дорожнього одягу, за міжремонтний строк зростає не тільки інтенсивність руху, але і збільшуються транспортні навантаження. Це відбувається, як правило, за рахунок збільшення частки важких транспортних засобів, збільшення їх вантажопідйомності, навантажень на осі, тиску на контактні колеса з дорогою тощо. Все це призводить до підвищення вимог до міцності дорожнього одягу автомобільних доріг на стадії виконання чергового капітального ремонту.

Характерною особливістю для країн колишнього Радянського Союзу є та обставина, що більшість доріг, яким потрібен капітальний ремонт, розраховані на навантаження групи Б (60 кН на вісь) або групи А (100 кН на вісь). Проте, у багатьох із цих країн, щоб сприяти зменшенню собівартості автомобільних перевезень, нормативними документами вже дозволені збільшені навантаження розрахункових автомобілів з параметрами 115 кН на вісь і навіть 130 кН на вісь.

Як показують розрахунки, таке збільшення автомобільних навантажень на дорожній одяг викликає скорочення їх строку служби у 2–4 рази і більше. Отже, виникла серйозна загроза повного руйнування автомобільних доріг, якщо не будуть терміново вжиті заходи з виконання капітального ремонту на дорогах, де конструкції дорожнього одягу не розраховані на збільшені існуючі навантаження.

Конструкції дорожнього одягу на момент виконання капітального ремонту в більшості випадків мають низку різних видів руйнувань і деформацій, що порушують їх суцільність, розподільну здатність та утруднюють нормальну і безпечну експлуатацію автомобільних доріг. До найпоширеніших видів руйнувань і деформацій, які вже не можна виправити методами поточного ремонту відносять: часті поперечні і поздовжні тріщини, сітку тріщин, просідання, уступи, зсуви, хвилі, напливи тощо.

Руйнування і деформації є наслідком основних причин – недотримання критеріїв граничного стану конструкції дорожнього одягу. Як й інші будівельні конструкції, дорожній одяг потрібно розраховувати за двома групами граничних станів: за несучою здатністю і за деформаціями, що утруднюють експлуатацію.

При розрахунках за несучою здатністю потрібно забезпечити збереження міцності конструкції (здатності протистояти руйнуванню). Як критерій граничного стану слід приймати той, що є самим небезпечним для даного елемента конструкції. Наприклад, для зернистих матеріалів, що мають між собою зв'язки, і, які працюють на розтягування, руйнуванням є розділення їх на частини. Тому шари з асфальтобетону, цементобетону, цементогрунту тощо розраховують на розтяг при згині. Критерієм граничного стану приймають горизонтальне нормальне розтягуюче напруження  $\sigma_r$  або горизонтальну відносну деформацію подовження  $\varepsilon_r$  поблизу підшви шару при його згині:

$$\sigma_r < \overline{\sigma_r} \text{ або } \varepsilon_r < \overline{\varepsilon_r} \quad (3.1)$$

де  $\overline{\sigma_r}$ ;  $\overline{\varepsilon_r}$  - допустимі значення відповідно напруження і деформації.

При невиконанні цих умов виникне тріщина, що буде розвиватися вгору.

Для елемента дорожнього одягу із незв'язного матеріалу, а також для ґрунту земляного полотна руйнуванням вважають необоротний зсув. Тому їх у багатьох країнах розраховують на стійкість проти зсуву.

Критерієм граничного стану є напруження зсуву по найнебезпечнішій площині:

$$\tau_a < \overline{\tau_a} \quad (3.2)$$

де  $\tau_a$  - активне напруження зсуву;

$\overline{\tau_a}$  - допустиме значення активного напруження зсуву.

При невиконанні цієї умови після кожного проїзду відбувається необоротний зсув і на рівні поверхні слабозв'язного шару або земляного полотна утворюються залишкові деформації (колії, просідання).

У деяких країнах віддають перевагу більш простим критеріям:

$$\sigma_z < \overline{\sigma_z} \quad (3.3)$$

де  $\sigma_z$  - вертикальне нормальне напруження на поверхні шару із незв'язного матеріалу або ґрунту земляного полотна;

$\overline{\sigma_z}$  - допустиме вертикальне нормальне напруження.

Аналогічно за відносною вертикальною деформацією стиснення:

$$\varepsilon_z < \overline{\varepsilon_z} \quad (3.4)$$

де  $\varepsilon_z; \overline{\varepsilon_z}$  - відповідно відносна і допустима відносна вертикальні деформації стиснення.

При розрахунку за деформаціями, що ускладнюють експлуатацію конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу (глибина колії, висота і глибина поздовжніх нерівностей), накопичення залишкового переміщення поверхні покриття достовірно прогнозувати складно, тому доцільно нормувати його оборотне переміщення – пружній прогин  $w$ :

Цей підхід ґрунтується на таких міркуваннях:

- чим менший пружній прогин, тим для даного ґрунту і дорожньо-будівельного матеріалу менше залишковий прогин;
- пружній прогин поверхні дорожнього покриття під коесом автомобіля легко виміряти, а залишковий прогин від одного проїзду виміряти практично неможливо.

У цьому випадку при проектуванні дорожнього одягу нежорсткого типу обмежують пружній прогин покриття в момент введення дороги в експлуатацію:

$$\omega < \bar{\omega}(N) \quad (3.5)$$

где  $\omega$  - пружній прогин поверхні покриття під дією нормативного навантаження в період перезволоження ґрунту земляного полотна (весна, осінь);

$\bar{\omega}(N)$  - допустиме значення, яке залежить від перспективної інтенсивності руху (останній рік служби перед ремонтом).

Значення  $\bar{\omega}(N)$  встановлені на основі масового обстеження дорожнього одягу, що знаходився у задовільному стані тривалий час при різній добовій інтенсивності руху. Цей розрахунок називають розрахунком за критерієм пружнього прогину. Оскільки пружній прогин  $\omega$  і загальний модуль пружності дорожнього одягу  $E_{\text{заг}}$  взаємопов'язані, відповідно, взаємопов'язані і допустимий пружній прогин  $\bar{\omega}(N)$  з потрібним модулем пружності  $E_{\text{потр}}(N)$ , то критерій за допустимими деформаціями набуде вигляду умови забезпечення необхідної жорсткості конструкції дорожнього одягу:

$$E_{\text{заг}} \geq E_{\text{потр}}(N) \quad (3.6)$$

Для жорсткого дорожнього одягу при розрахунку за деформаціями, що ускладнюють деформацію конструкції, за основу приймають величину уступу між суміжними цементобетонними плитами.

Таким чином, обґрунтування призначення капітального ремонту є оцінка дотримання всіх умов граничного стану конструкції дорожнього одягу.

У разі недотримання цих умов, потрібно приймати рішення про виконання капітального ремонту. Після прийняття такого рішення, здійснюють проектування дорожнього одягу, що складається з наступних основних етапів:

- конструювання варіантів дорожнього одягу;
- виконання розрахунків для визначення товщин шарів, виходячи з умов

Згідно вищенаведених умов та з урахуванням вимог ДСТУ В.2.3-4 була розрахована конструкція дорожнього одягу.

### 3.1 Розрахунок конструкцій нежорсткого дорожнього одягу згідно з ГБН В.2.3-37641918-544

Кліматичні характеристики пролягання траси, дані про дорогу, інтенсивність руху та склад транспортного потоку, розрахункове навантаження наведені в таблиці 3.1-3.4.

**Таблиця 3.1 – Вихідні дані**

<b>Кліматичні характеристики</b>	
Дорожньо-кліматична зона	3
Підзона	У III P.14
Кліматичний район	A-1
Схема зволоження робочого шару	1
Кількість днів у році з позитивною температурою повітря	250
Глибина промерзання ґрунту, см	80
Середня багаторічна глибина промерзання за даними вимірювання, см	60
Середня багаторічна тривалість промерзання ґрунту земляного полотна, днів	125
Кліматичний коефіцієнт $a_0$ , $\text{см}^2/\text{добу}$	3,84
<b>Дані про дорогу</b>	
Категорія дороги	IIб
Кількість смуг руху	4
Номер розрахункової смуги	1
Строк служби дорожнього одягу, років	18
Коефіцієнт надійності	0,95
Необхідні коефіцієнти міцності за критерієм:	
- пружного прогину	1,43
- зсуву	1,42
- розтягу при згині	1,39
Ґрунт робочого шару	Суглинок важкий пілуватий
Розрахункова вологість ґрунту, частки од.	Обчислюється за методикою: 0,68
Комплексна характеристика В	4,50

Коефіцієнт Пуассона основи	0,27
Джерело зволоження	Відсутнє
Армування покриття	Немає
Коефіцієнт місця розташування навантаження	Обчислюється за методикою: 1,50
Штирі в поперечних швах	Присутні
Конструктивні заходи, що знижують вологість або впливають на розрахунок дренажного шару	Не передбачені

**Таблиця 3.2** – Характеристика автомобільного потоку

Склад руху	Відомий
Коефіцієнт зростання інтенсивності, частки од.	1,040
Склад потоку заданий	В автомобілях
Зростання інтенсивності	Загальний для потоку
Інтенсивність руху на початковий рік служби, авт./добу	15483
Інтенсивність руху на кінець перспективного проектного терміну служби, авт./добу	31366
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на початковий рік служби, авт./добу	2010,42
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на кінець останнього року служби, авт./добу	4072,79
Сумарне розрахункове число прикладень на смугу за весь термін служби, авт.	12889536

**Таблиця 3.3** – Склад і характеристики автомобілів в транспортному потоці

Марка автомобіля	Вантаж., т	Кількість, авт.	Коеф. вантаж.	Коеф. пробігу	Зростання інт.
Легковий автомобіль	-	10345	1.0	1.0	1.040
Мікроавтобус	-	524	1.0	1.0	1.040
ЛАЗ 699	13.0	95	1.0	1.0	1.040
ICARUS 256	14.9	146	1.0	1.0	1.040
NEOPLAN N 117 Spaceliner	18.5	12	1.0	1.0	1.040
NEOPLAN N 123 Skyliner	26.0	22	1.0	1.0	1.040
MERCEDES-BENZ Sprinter 200-300	3.5	440	1.0	1.0	1.040
MERCEDES-BENZ Sprinter 400	4.6	621	1.0	1.0	1.040
IVECO EuroCargo ML 80E18	8.6	112	1.0	1.0	1.040
КАМАЗ 4326	12.6	233	1.0	1.0	1.040
MAN M2000 18.224	18.0	184	1.0	1.0	1.040
VOLVO FL 7	26.0	354	1.0	1.0	1.040
SCANIA 113HA +Kogel SVKT 24 P 10	37.4	470	1.0	1.0	1.040
RENAULT Premium HR 385.18 + Kassbohrer SB 12-20	38.0	810	1.0	1.0	1.040
DAF XF FT 95.530 + Sommer SW 240	44.9	878	1.0	1.0	1.040
MAN F2000 23/314 +KOGEL AN18P	41.0	104	1.0	1.0	1.040

Обчислюємо загальну інтенсивність на початковий рік служби:

$$N_0 = \sum N_{0T} = 10345 + 524 + 95 + 146 + 12 + 22 + 440 + 621 + 112 + 233 + 184 + 354 + 470 + 810 + 878 + 104 + 133 = 15483 \text{ авт./добу}$$

Обчислюємо розрахункову інтенсивність на кінець перспективного проектного терміну служби:

$$N = N_0 \cdot q^t = 15483 \cdot 1,040^{18} = 31366 \text{ авт./добу}$$

Обчислюємо інтенсивність, приведену до розрахункового навантаження на початковий рік служби:

$$N_{1p} = f_1 \cdot f_2 \cdot N_0 \cdot \sum (d_n \cdot S_n) = 0,35 \cdot 1,0 \cdot 15483 \cdot (0,668 \cdot 0,000 + 0,034 \cdot 0,000 + 0,006 \cdot 0,275 + 0,009 \cdot 0,434 + 0,001 \cdot 0,911 + 0,001 \cdot 1,147 + 0,028 \cdot 0,001 + 0,040 \cdot 0,004 + 0,007 \cdot 0,065 + 0,015 \cdot 0,164 + 0,012 \cdot 1,282 + 0,023 \cdot 2,465 + 0,030 \cdot 1,617 + 0,052 \cdot 2,288 + 0,057 \cdot 1,540 + 0,007 \cdot 2,220 + 0,009 \cdot 1,995) = 2010,42 \text{ авт./добу}$$

Обчислюємо інтенсивність, наведену до розрахункового навантаження на кінець перспективного проектного терміну служби:

$$N_p = f_1 \cdot f_2 \cdot N \cdot \sum (d_n \cdot S_n) = 0,35 \cdot 1,0 \cdot 31366 \cdot (0,668 \cdot 0,000 + 0,034 \cdot 0,000 + 0,006 \cdot 0,275 + 0,009 \cdot 0,434 + 0,001 \cdot 0,911 + 0,001 \cdot 1,147 + 0,028 \cdot 0,001 + 0,040 \cdot 0,004 + 0,007 \cdot 0,065 + 0,015 \cdot 0,164 + 0,012 \cdot 1,282 + 0,023 \cdot 2,465 + 0,030 \cdot 1,617 + 0,052 \cdot 2,288 + 0,057 \cdot 1,540 + 0,007 \cdot 2,220 + 0,009 \cdot 1,995) = 4072,79 \text{ авт./добу}$$

Обчислюємо сумарну розрахункове число прикладень розрахункового навантаження при добовій інтенсивності  $N_{1p}$ :

$$N_{pt} = N_{1p} \cdot n_c \cdot \frac{(q^t - 1)}{(q - 1)} = 2010,42 \cdot 250 \cdot \frac{(1,040^{18} - 1)}{(1,040 - 1)} = 12889536 \text{ авт.}$$

**Таблиця 3.4** – Розрахункове навантаження

Навантаження визначається	за ДБН В.2.3-4
Розрахункове навантаження	Стандартне
Вид розрахункового навантаження	Динамічний
Тип колеса	Двобалонний
Нормативне статичне навантаження на вісь, $Q_{розр.}/\text{вісь}$ кН	115,00
Тиск в шинах $p$ , МПа	0,80
Діаметр штампа $D$ , м	0,3450

**Визначення параметрів розрахункового навантаження:**

Розрахунок динамічного навантаження:

$$Q_{розр} = Q_i \cdot K_{дин} = 57,50 \cdot 1,3 = 74,75 \text{ кН}$$

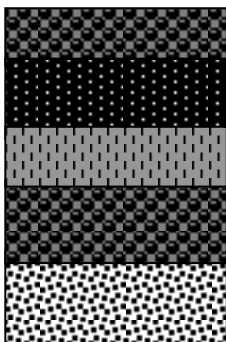
Розрахунок діаметра штампу:

$$D = 0,01 \cdot \sqrt{\frac{40 \cdot Q_{розр}}{p \cdot p}} = 0,01 \cdot \sqrt{\frac{40 \cdot 74,75}{p \cdot 0,80}} = 0,3450 \text{ м}$$



## Варіант 1

### Підсилення



1. ЩМА-20 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 на бітумі марки БМКП 60/90-65 згідно з ДСТУ Б В.2.7-313:2016 – 5 см;

2. Асфальтобетон. АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 70/100 згідно з

ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – 10 см;

3. Органо-мінеральна суміш марки М 20, виготовлена методом холодного ресайклінгу з додаванням щебенево-піщаної суміші С7, щебенево-піщаної суміші із шлаків металургійних і комплексного в'язучого в установці згідно з СОУ 45.2-00018112-061:2011 – 16 см;

Склад суміші за методом холодного ресайклінгу для органо-мінерального матеріалу марки М20:

1. Фрезерований матеріал – 50 % за масою;

2. Щебенево-піщана суміш С 7(із природних кам'яних матеріалів) згідно з ДСТУ Б В.2.7-30:2013 – 25 %;

3. Щебенево-піщана суміш із шлаків металургійних згідно з ДСТУ Б В.2.7-149:2008 – 25 %;

3. Цемент марки ПЦ І-400 (або ПЦ ІІ/А-Ш-400, ПЦ ІІ/Б-Ш-400) згідно з ДСТУ Б В.2.7-46 – 2,0 %;

4. Бітумна емульсія згідно з ДСТУ Б В.2.7-129 – 2,0 %;

Оптимальна кількість води повинна становити від 2,0 % до 3,0 % за масою в залежності від умов роботи (вологості суміші, температури, кількості відсіву, що додається у суміш тощо) та місцевих умов.

Розрахункові показники наведені у таблиці 3.1.

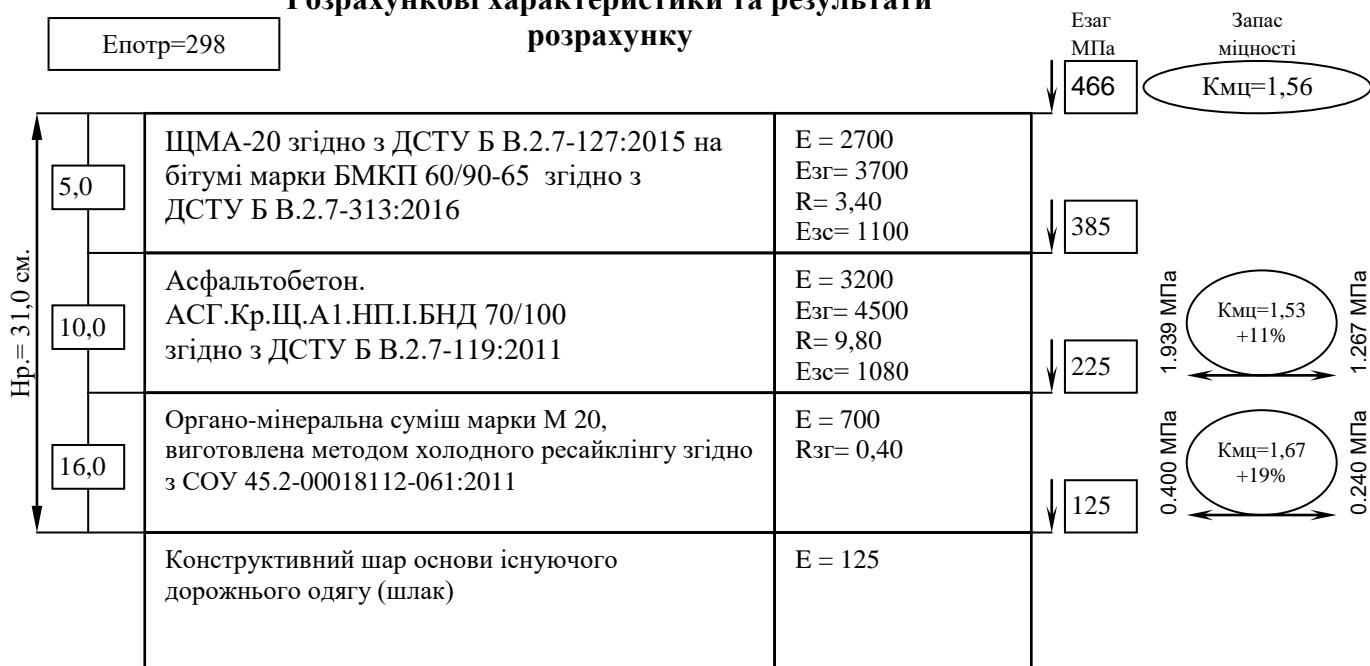
**Таблиця 3.1 – Розрахункові показники (варіант підсилення)**

№ шару	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см		Модуль, МПа			Середнє значення межі міцності на розтяг при згині R, МПа	Коефіцієнт m	Коефіцієнт K <sub>пр</sub>	Вологість, W <sub>p</sub> , частки од.	Коефіцієнт K <sub>з</sub>	Зчеплення, С, МПа		Кут внутрішнього тертя, F, град		Щільність, ρ, кг/куб.м.
		Мінімальна, h <sub>min</sub>	Максимальна, h <sub>max</sub>	пружності, E	зсуву, E <sub>зс</sub>	згину, E <sub>зг</sub>						динаміка	статика	динаміка	статика	
1	ЩМА-20 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 на бітумі марки БМКП 60/90-65 згідно з ДСТУ Б В.2.7-313:2016	5,0	5,0	2700	1100	3700	3,40	6,50	2,90	-	-	-	-	-	-	2400
2	Асфальтобетон. АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011	10,0	10,0	3200	1080	4500	9,80	5,50	4,00	-	-	-	-	-	-	2400
3	Органо-мінеральна суміш марки М 20, виготовлена методом холодного ресайклінгу з додаванням щебенево-піщаної суміші С7, щебенево-піщаної суміші із шлаків металургійних і комплексного в'язучого в установці згідно з СОУ 45.2-00018112-061:2011	16,0	16,0	700	-	700	0,400	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
4	Конструктивний шар основи існуючого дорожнього одягу (шлак)	-	-	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Таблиця 3.2** – Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу (варіант підсилення)

№ шару	Найменування матеріалу шару	Розрахункова товщина шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езаг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Rзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gг, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.	Вартість, гривні/кв.м
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %						
1	ЩМА-20 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 на бітумі марки БМКП 60/90-65 згідно з ДСТУ Б В.2.7-313:2016	5,0	466	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Асфальтобетон. АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011	10,0	385	Розтяг	1,53	+11%	-	-	1,939	1,267	-	-
3	Органо-мінеральна суміш марки М 20, виготовлена методом холодного ресайклінгу з додаванням щебенево-піщаної суміші С7, щебенево-піщаної суміш із шлаків металургійних і комплексного в'язучого в установці згідно з СОУ 45.2-00018112-061:2011	16,0	225	Розтяг	1,67	+19%	-	-	0,400	0,240	-	-
4	Конструктивний шар основи існуючого дорожнього одягу (шлак)	-	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумарна товщина конструкції:		31,0					-					-

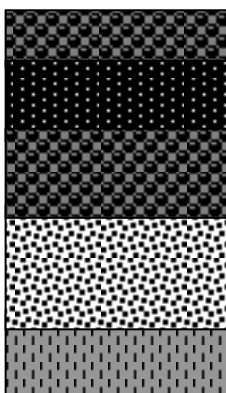
## Розрахункові характеристики та результати розрахунку



Е, С, R - МПа; F - град.

**Рисунок 3.1** – Результати розрахунку конструкції дорожнього одягу за варіантом 1, підсилення

### Розширення



1. ЩМА-20 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 на бітумі марки БМКП 60/90-65 згідно з ДСТУ Б В.2.7-313:2016 – 5 см;
2. Асфальтобетон.АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І. БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011 – 10 см;
3. Органо-мінеральна суміш марки М 20, виготовлена методом холодного ресайклінгу з додаванням щебенево-піщаної суміші С7, щебенево-піщаної суміш із шлаків металургійних і комплексного в'язучого в установці згідно з СОУ 45.2-00018112-061:2011 – 16 см;

Склад суміші за методом холодного ресайклінгу для органо-мінерального матеріалу марки М 20:

1. Фрезерований матеріал – 50 % за масою;
2. Щебенево-піщана суміш С 7 згідно з ДСТУ Б В.2.7-30:2013 – 25 %;
3. Щебенево-піщана суміш із шлаків металургійних згідно з ДСТУ Б В.2.7-149:2008 – 25 %;
3. Цемент марки ПЦ І-400 (або ПЦ ІІ/А-Ш-400, ПЦ ІІ/Б-Ш-400) згідно з ДСТУ Б В.2.7-46 – 2,0 %;
4. Бітумна емульсія згідно з ДСТУ Б В.2.7-129 – 2,0 %;

Оптимальна кількість води повинна становити від 2,0 % до 3,0 % за масою в залежності від умов роботи (вологості суміші, температури, кількості відсіву, що додається у суміш тощо) та місцевих умов.

4. Щебенево-піщана суміш С5 згідно з ДСТУ Б В.2.7-30-2013 – 35 см;
5. Шар земляного полотна (суглинок).

Розрахункові показники наведені у таблиці 3.3.

**Таблиця 3.3 – Розрахункові показники (варіант розширення)**

№ шару	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см		Модуль, МПа			Середнє значення межі міцності на розтяг при згині R, МПа	Коефіцієнт m	Коефіцієнт K <sub>пр</sub>	Вологість, W <sub>p</sub> , частки од.	Коефіцієнт K <sub>з</sub>	Зчеплення, С, МПа		Кут внутрішнього тертя, F, град		Щільність, ρ, кг/куб.м.
		Мінімальна, h <sub>мін</sub>	Максимальна, h <sub>мах</sub>	пружності, E	зсуву, E <sub>зс</sub>	згину, E <sub>зг</sub>						динаміка	статика	динаміка	статика	
1	ЩМА-20 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 на бітумі марки БМКП 60/90-65 згідно з ДСТУ Б В.2.7-313:2016	5,0	5,0	2700	1100	3700	3,40	6,50	2,90	-	-	-	-	-	-	2400
2	Асфальтобетон. АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І. БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011	10,0	10,0	3200	1080	4500	9,80	5,50	4,00	-	-	-	-	-	-	2400
3	Органо-мінеральна суміш марки М 20, виготовлена методом холодного ресайклінгу з додаванням щебенево-піщаної суміші С7, щебенево-піщаної суміші із шлаків металургійних і комплексного в'язучого в установці згідно з СОУ 45.2-00018112-061:2011	16,0	16,0	700	-	700	0,400	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
4	Щебенево-піщана суміш С5 згідно з ДСТУ Б В.2.7-30-2013	35,0	35,0	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
5	Шар земляного полотна (суглинок)	-	-	43	-	-	-	-	-	0,679	1,50	0,018	0,018	16,2	16,2	2000

### Вихідні дані і результати перевірки розрахунку на морозостійкість

Ґрунт робочого шару	Суглинок важкий пілуватий
Еквівалентна (по відношенню до щебеню з гранітних порід) товщина дорожнього одягу, см	65,58
Необхідна товщина дорожнього одягу, см	43,81

#### **Попередня перевірка конструкції на морозостійкість.**

Глибину промерзання дорожньої конструкції  $Z_p$  визначають:

$$z_p = z_{\max}^H + D = 80 + 15 = 95 \text{ см}$$

Визначаємо розрахункову глибину залягання рівня ґрунтових вод  $H$ :

$$H = H_{\text{угв}} + H_{\text{нас}} = 60 + 150 = 210 \text{ см}$$

Визначаємо відношення розрахункової глибини промерзання  $Z_p$  до розрахункової глибини залягання рівня ґрунтових вод  $H$ :

$$\frac{z_p}{H} = \frac{95}{210} = 0,45 \Rightarrow \frac{z_p}{H} < 1$$

Визначаємо еквівалентну (по відношенню до щебеню з гранітних порід) товщину дорожнього одягу  $h_{\text{заг}}$ :

$$h_{\text{заг}} = h_1 \cdot \sqrt{\frac{l_{\text{ш}}}{l_1}} + h_2 \cdot \sqrt{\frac{l_{\text{ш}}}{l_2}} + h_3 \cdot \sqrt{\frac{l_{\text{ш}}}{l_3}} + h_4 \cdot \sqrt{\frac{l_{\text{ш}}}{l_4}} = 5,0 \cdot \sqrt{\frac{1,86}{1,40}} + 10,0 \cdot \sqrt{\frac{1,86}{1,40}} + 16,0 \cdot \sqrt{\frac{1,86}{2,02}} + 35,0 \cdot \sqrt{\frac{1,86}{2,10}} = 65,58 \text{ см}$$

Визначаємо значення по осі  $Y$ :

$$Y = \frac{l_{\text{здим}} \cdot a_0}{B \cdot z_p} = \frac{4 \cdot 0,14}{4,50 \cdot 95} = 0,00$$

За номограмою визначаємо середню величину дорожнього одягу  $z_1$ :

$$X = 0,461$$

$$X = \frac{z_1}{z_p} \Rightarrow z_1 = X \cdot z_p = 0,461 \cdot 95 = 43,81 \text{ см}$$

$$\frac{h_{\text{заг}}}{z_1} \square 1$$

**Морозостійкість дорожнього одягу забезпечена.**

**Таблиця 3.4 – Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу (варіант 1, розширення)**

№ шару	Найменування матеріалу шару	Розрахункова товщина шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езаг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Rзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gг, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.	Вартість, гривні/кв.м
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %						
1	ЩМА-20 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127:2015 на бітумі марки БМКП 60/90-65 згідно з ДСТУ Б В.2.7-313:2016	5,0	464	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Асфальтобетон. АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І. БНД 70/100 згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011	10,0	383	Розтяг	1,53	+11%	-	-	1,939	1,271	-	-
3	Органо-мінеральна суміш марки М 20, виготовлена методом холодного ресайклінгу з додаванням щебенево-піщаної суміші С7, щебенево-піщаної суміші із шлаків металургійних і комплексного в'язучого в установці згідно з СОУ 45.2-00018112-061:2011	16,0	223	Розтяг	1,66	+18%	-	-	0,400	0,241	-	-
4	Щебенево-піщана суміш С5 згідно з ДСТУ Б В.2.7-30-2013	35,0	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шар земляного полотна (суглинок)	-	43	Зсув	2,04	+27%	0,02169	0,01061	-	-	0,679	-
Сумарна товщина конструкції:		66,0					-					-



**Рисунок 3.2** – Результати розрахунку конструкції дорожнього одягу за варіантом 1, підсилення

Результати розрахунків жорсткого дорожнього одягу згідно з ГБН В.2.3-37641918-557 засвідчили, що розроблені варіанти конструкції дорожнього одягу задовольняють умовам:

- міцності верхніх шарів дорожнього одягу;
- стійкості незв'язних матеріалів в шарах основи і ґрунту земляного полотна на зсув;
- стійкості дорожнього одягу до впливу морозного здимання.



## РОЗДІЛ 4 ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Проектування заходів з дренування дорожнього одягу здійснюють в наступній послідовності:

- дорогу розділюють на типові ділянки по поздовжньому профілю і природним умовам з урахуванням особливостей конструкції земляного полотна і дорожнього одягу, забезпеченості матеріалами для дренуючого шару, дренажними трубами і геотекстильними матеріалами, можливість здійснення заходів з обмеження притоку води в дорожню конструкцію;

- для типових ділянок визначають кількість води, яка поступає в основу за добу и розрахунковий період;

- намічають варіанти дренажних конструкцій;

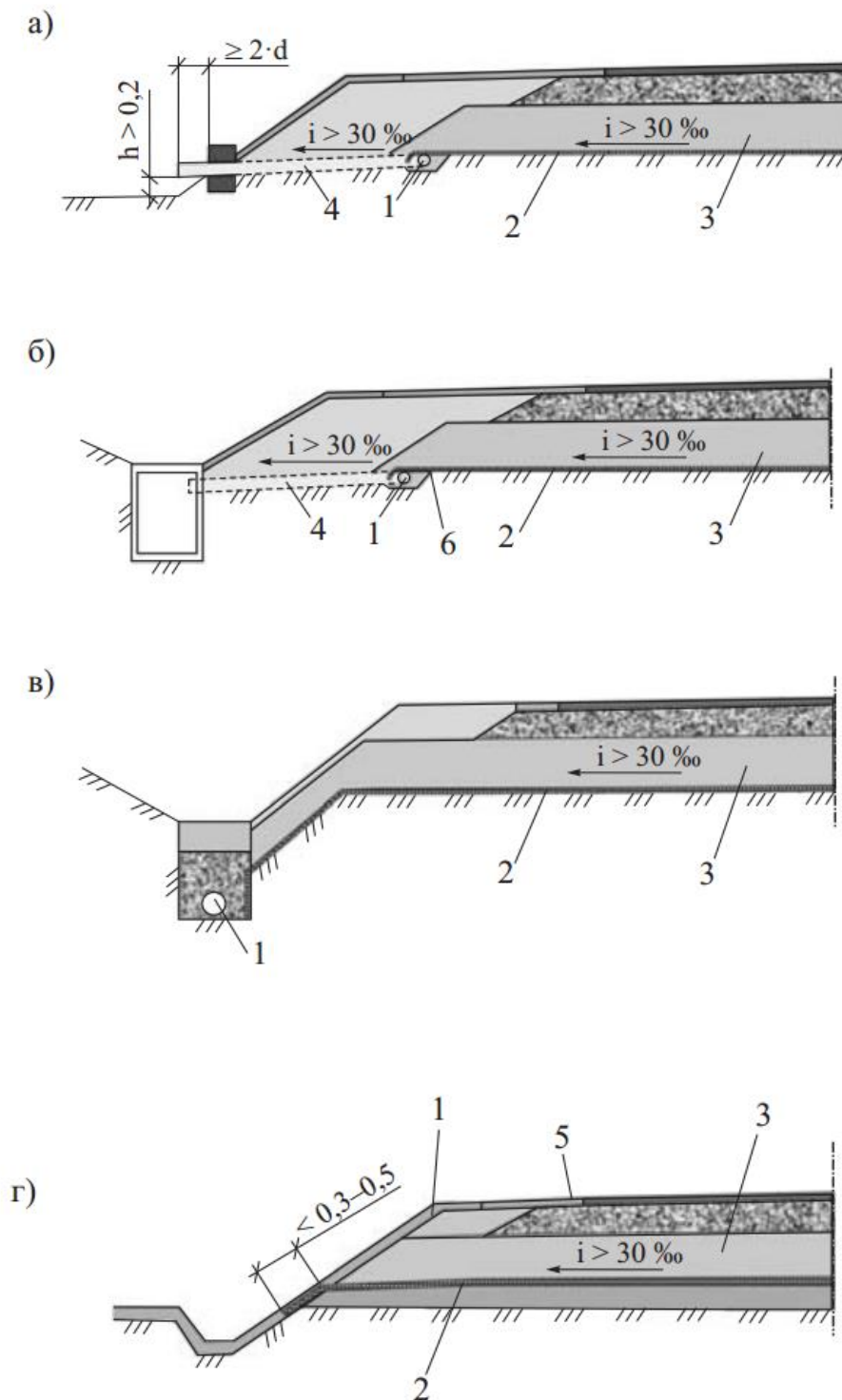
- обґрунтовують розрахунком товщину дренуючого шару для даних умов чи визначають коефіцієнт фільтрації для дренуючого матеріалу в завданій дренажній конструкції.

При проектуванні дренуючого шару слід враховувати необхідність забезпечення зсувостійкості зернистого матеріалу і міцності всієї дорожньої конструкції.

Існують декілька видів дренажних конструкцій.

1. Комбінований горизонтальний дренаж – це основна конструкція для більшості ділянок доріг (рис. 4.1).

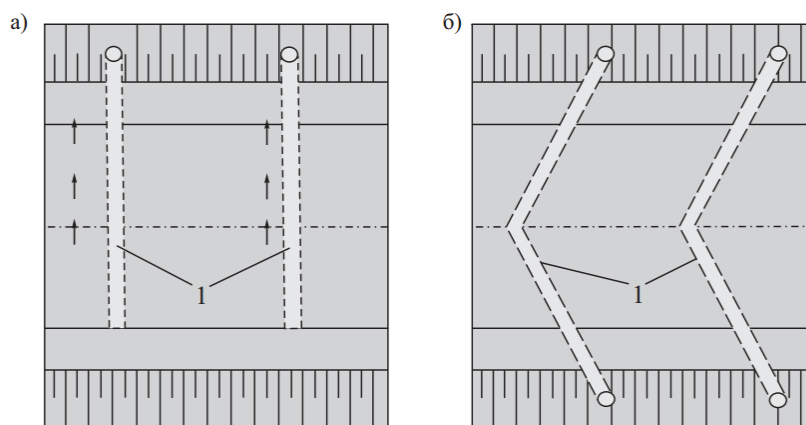
Основні варіанти конструктивних рішень пласкостних дренажів дорожнього одягу комбінованої системи (з використанням сучасних геосинтетичних матеріалів в поєднанні з трубчатими дренами) наведені на рисунку 5а, б, в дренажа з виводом на укос – на рисунку 5 г.



1 – трубчатий дренаж; 2 – геосинтетик; 3 – піщаний дренаж і технологічний шар; 4 – дренажні труби; 5 – рослинний шар на укосі насипу; 6 – геокompозитний дренаж; h- відстань від низа труби

4.1 – Основні варіанти конструктивних рішень плоскостних дренажів

2. Поперечний дренаж мілкого закладання улаштовують для поперечного перехоплення води, яка рухається в дренажному шарі вздовж дороги, на ділянках з поздовжнім похилом вище 20 промілей, а також із затяжними поздовжніми похилами, що перевищують поперечні, в місцях угнутих вертикальних кривих і на ділянках зменшення поздовжніх похилів (рис. 5.2).



а – скидання води в одну сторону при односкатному поперечному профілі на віражах; б – те ж в обидві сторони при двоскатному профілі проїзної частини; 1 – поперечна дренажна прорізь (стрілками вказаний похил поверхні)

Рис. 4.2 – схема розташування поперечних дренажних прорізів в плані

Дренуючий шар, який працює за принципом осушення необхідно улаштовувати з пісчаних ґрунтів чи високо проникної скелетної суміші крупнозернистих матеріалів, які мають вузький діапазон розмірів часток  $D_{85} < 4D_{15}$  за відсутності дуже дрібних часток розміром 0,63 мм відкритого типу.

Дренуючий шар улаштовують також з дренажними трубами для збору і швидкого відведення води за межі земляного полотна. Рекомендується передбачати протизамулюючий захист дрен і дренуючих шарів.

Дренажні труби і дренуючі геокомпозити необхідно розміщувати на глибині нижче 0,2 м від глибини промерзання в даному регіоні будівництва по карті ізоліній глибини промерзання  $Z_{пр(ср)}$  ґрунтів.

При улаштуванні дренуючих шарів, які працюють за принципом поглинання, необхідно улаштовувати шари з піщаного ґрунту товщиною 0,3-0,5 м і приймати в розрахунок міцності дорожнього одягу значення міцнітних характеристик піщаного ґрунту з урахуванням більш тривалого періоду його знаходження в несприятливому розрахунковому стані.

Для улаштування дренуючого шару, який працює по принципу осушення, слід застосовувати матеріали з коефіцієнтом фільтрації не менше 1 м/діб. При одночасному виконанні шаром дренуючих і морозозахисних функцій доцільно використовувати матеріали з коефіцієнтом фільтрації 1-2 м/добу.

#### **4.1 Розрахунок дренажної конструкції на автомобільній дорозі Дніпро-Решетилівка**

При розрахунку дренажної системи визначається необхідна товщина дренуючого шару з дискретних матеріалів. В районах сезонного промерзання ґрунтів враховуються два розрахункові етапи роботи дренажних конструкцій:

- Перший – для періода, коли основа дорожнього одягу під серединою проїзної частини вже відтануло, дренуючий шар у її країв знаходиться в мерзломому стані, а водовідвідні прилади не працюють;
- Другий – для часу, коли дренуючий шар повністю відтанув і водовідвідні споруди почали нормально функціонувати.

В залежності від конкретних умов дренажна конструкція може бути розрахована на один з трьох варіантів роботи:

- осушення;
- осушення з відведенням води;
- поглинання.

Повну товщину дренуючого шару  $h_{п}$  визначають за формулою:

$$h_{\Pi} = h_{нас} + h_{зан} \quad (4.1)$$

де  $h_{нас}$  - товщина шару, повністю насиченого водою, м;

$h_{зан}$  - додаткова товщина шару, яка залежить від капілярних властивостей матеріала

Для дренажного шару, який працює за принципом осушення  $h_{нас}$  встановлюють за номограмою в залежності від довжини шляху фільтрації і розрахункової величини притоку води в дренажний шар за добу на  $1 \text{ м}^2$ , що визначається за формулою:

$$q_p = q \cdot K_{нк} \cdot K_r \cdot K_p \cdot K_{вог} / 1000 \quad (4.2)$$

де  $q$  - осереднене значення притоку води в дренажний шар при традиційній конструкції дорожнього одягу, віднесений до  $1 \text{ м}^2$  проїзної частини,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{доб})$ ;

$K_{нк}$  - коефіцієнт «пік», який враховує режим надходження води внаслідок нерівномірного відтанення і випадання атмосферних опадів;

$K_r$  - коефіцієнт гідрологічного запасу, який враховує зниження водонепроникності дренажного шару в процесі експлуатації дороги;

$K_p$  - коефіцієнт, який враховує зниження притоку води при прийнятті спеціальних заходів з регулювання ВТР;

$K_{вог}$  - коефіцієнт, який враховує накопичення води в місцях зміни поздовжнього похилу, який визначається при однаковому напрямку ділянок профіля у перелома.

$$K_{вог} = 1 + \frac{K_{\phi} \cdot (T_{зан} + 1)}{2 \cdot n} \cdot (i_1 + i_2) \quad (4.3)$$

де  $T_{зан}$  – час запізнення, год.

Таблиця 4.1

Дорожньо-кліматична зона	Схема зволоження робочого шару	Кількість води, яка поступає в основу дорожнього одягу і ґрунт			
		Супіску легкого і піску пілуватого	Суглинку і глини	Суглинка пілуватого	Супіску пілуватого
II	1	15/2,5	20/2,0	35/3,0	80/3,5
	2	25/3,0	50/3,0	80/4,0	130/4,5
	3	60/3,5	90/4,0	130/4,5	180/5,0
III	1	10/1,5	10/1,5	15/2,0	30/3,0
	2	15/2,0	25/2,0	30/2,5	40/3,0
	3	25/2,5	40/2,5	50/3,5	60/4,0
IV і V	3	20/2,0	20/2,0	30/2,5	40/3,0

Таблиця 4.2

Дорожньо-кліматична зона	Схема зволоження робочого шару	Значення КПК для ґрунтів		Значення $K_r$ для пілуватих ґрунтів
		непілуваті	пілуваті	
II	1	1,5	1,5	1,0/1,0
	2	1,5	1,6	1,2/1,2
	3	1,6	1,7	1,3/1,2
III	1	1,4	1,5	1,0/1,0
	2	1,4	1,5	1,1/1,0
	3	1,5	1,6	1,2/1,1
IV і V	3	1,5	1,3	1,1/1,0

Таблиця 4.3

Найменування заходу	Схема зволоження робочого шару	Коефіцієнт зменшення притоку води в дреноуючий шар $K_p$ для		
		супіску	Легкого суглинку	Важкого суглинку, глини
Укріплення узбіч (по відношенню до неукріплених узбіч)	1	0,80	0,85	0,88
	2,3	0,85	0,95	0,95
Спорудження тротуарів	1	0,70	0,75	0,80
	2,3	0,90	0,90	0,95
Улаштування	1	0,80/0,90	0,80/0,90	0,80/0,90

монолітних шарів основи	2,3	0,90/0,95	0,90/0,95	0,90/0,95
----------------------------	-----	-----------	-----------	-----------

В основу дорожнього одягу поступає вода, яка звільняється від танення перезволоженого ґрунту земляного полотна під проїзною частиною і узбіччям, і вода від атмосферних опадів, що проникає через поверхню дороги з придорожньої смуги.

Приток води в основу традиційної конструкції, яка приходить на  $1 \text{ м}^3$  проїзної частини через добу і за весь розрахунковий період восени, визначають за таблицею 3.

Для зменшення притоку поверхневої води в основу проїзної частини і ґрунт земляного полотна необхідно передбачати одно чи декілька заходів:

- улаштування тротуарів чи укріплення узбіч з наданням їм необхідного поперечного похилу;
- укладання бордюрів біля краю проїзної частини;
- забезпечення правильних розмірів берм і крутизни укосів на ділянках, де відсутні близько розташовані будівлі;
- забезпечення правильного розміщення бокових канав;
- укладання монолітних шарів основи проїзної частини;
- улаштування дренажних прошарків з геосинтетичних матеріалів і геокомпозитів.

Товща товщина дренажного шару, який працює за принципом поглинання, визначається за формулою:

$$h_{\text{П}} = (Q/1000 \cdot n) + 0,3 \cdot h_{\text{зан}} / (1 - \varphi_{\text{зим}}) \quad (4.4)$$

де  $\varphi_{\text{зим}}$  - коефіцієнт заповнення пор водою в матеріалі дренажного шару до початку від танення (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4

Товщина дренуючого шару, м	Значення коефіцієнта $\varphi_{зим}$ для II дорожньо-кліматичної зони при пористості n			
	0,40	0,36	0,32	0,28
До 0,1	0,49	0,59	0,68	0,78
0,2	0,43	0,52	0,62	0,71
0,3	0,37	0,46	0,55	0,65
0,4	0,30	0,40	0,49	0,58
0,5 і більше	0,24	0,33	0,42	0,51

Повну товщину дренуючого шару, який працює по принципу осушення з періодом запізнення відведення води, визначають за формулою:

$$h_{II} = (q_p \cdot T_{зан} / n + 0,3 \cdot h_{зан}) / (1 - \varphi_{зим}) \quad (4.5)$$

де  $T_{зан}$  - середня тривалість запізнення початку роботи відповідних пристроїв, діб, для II дорожньо-кліматичної зони 4-6 діб, для III дорожньо-кліматичної зони 3-4 діб.

Розрахунок  $\varphi_{зим}$  в залежності від пористості n і товщини шару  $h_{нас}$  можна виконувати по апроксимованій формулі:

$$\varphi_{зим} = (1,55 - 0,816h_{нас}) - (2,5 - 0,501 \cdot h_{нас}) \cdot n \quad (4.6)$$

Розрахунок виконується методом послідовного наближення.

$$h_{II} - (Q/1000 \cdot n) + 0,3 \cdot h_{зан}) / (1 - (1,55 - 0,816 \cdot h_{нас}) - (2,5 - 0,501 \cdot h_{нас}) \cdot n) = 0$$

На ділянках, які мають довжину шляху фільтрації більше 10 м, дренуючий шар повинен бути розрахований на поглинання кількості води, яка поступає за розрахунковий період.



За довжину шляху фільтрації приймається половина ширини дренуючого шару при двоскатному поперечному профілі і повна ширина – при односкатному.

Якщо загальна товщина дренуючого шару більше 0,5 м, її можна зменшити наступним чином:

- збільшити поперечний похил низа дренуючого шару;
- замінити матеріал дренуючого шару на пісок з більшим коефіцієнтом фільтрації;
- замінити ґрунт в верхній частини земляного полотна на інший, з меншим притоком води в розрахунковий період;
- знизити ступінь зволоження місцевості шляхом зниження рівня ґрунтової води;
- Виконати поперечні перерізи мілкового закладання при великих поздовжніх похилах.

## РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Технічне завдання на виконання робіт з георадарного обстеження повинно визначати обсяг (протяжність ділянки обстеження, загальну протяжність профілів), строки виконання робіт, основні вимоги до результатів робіт, точності і глибинності побудованого розрізу, повинні бути сформульовані основні очікувані результати, від яких залежить обсяг робіт по інтерпретації результатів георадарного обстеження.

На етапі інженерно-геологічної рекогносцировки георадарне обстеження призначається для визначення границь розповсюдження зон неоднорідності (слабких, просадочних, обводнених ґрунтів, ділянок деградації ґрунтів в основу). Шаг обстеження 1 – 2 м і застосування низькочастотних антен (з центральною частотою від 25 до 250 МГц) забезпечує необхідну глибину (30 – 5 м) і достатню розподільчу здатність. Результатом обстеження є пікетна прив'язка границь виявлених неоднорідностей на протяжності автодороги і георадарні поздовжні профілі, представлені в часовій формі, як правило, без глибинної прив'язки.

Детальне георадарне обстеження з кроком 0,2 – 1,0 м, виконується на поперечних профілях земляного полотна автомобільних доріг, на ділянках поздовжніх профілів (за необхідності, призначаються 2 чи більше паралельних профіля в різних перерізах). Необхідна глибина і роздільча здатність розрізу визначають центральну частоту антен георадара, яка може складати від 1 – 2 ГГц до 100 – 1000 МГц. Роботи виконуються з прив'язкою до елементів поперечного чи поздовжнього профіля неметалевою рулеткою чи координатним пристроєм георадара.

При комплексуванні різних методів інженерно-геологічного обстеження на конкретному об'єкті може виконуватися необхідна кількість поздовжніх і поперечних профілів з геодезичною прив'язкою, що дає можливість побудови трьохмірного образу основи в межах об'єкта чи серії високоточних профілів з

висотною і лінійною прив'язкою. В обов'язковому порядку призначаються перерізи, в яких виконується побудова годографів, чи прив'язка георадарного розрізу до результатів, отриманих іншими методами.

При обстеженні автомобільних доріг (особливо, при побудові поздовжніх профілів) рекомендується в якості основного георадара використовувати георадари серії «Око» в комплекті з антенами, які мають різну несну частоту, в залежності від вказаної в техзавданії глибини розрізу, чи, декілька різних антен одночасно. Цей висновок підтверджується порівнянням радарограм, отриманих «Око» з радарограмами серії «Лоза». Слід особливо відмітити, що рівна поверхня автодороги (асфальтове чи гравійне покриття) дає можливість застосування георадара серії «Око» в режимі профілювання з використанням автомобіля, із збереженням необхідного крока обстеження в поєднанні з високою швидкістю обстеження. Ця можливість забезпечується конструкцією антен радарів серії «Око» (екрановані антени дозволяють отримати розріз з мінімальною кількістю пошкоджень). Негативною особливістю застосування екранованих антен є низька потужність сигналу, і, як наслідок, невелика інформативна глибина георадарного розрізу.

Для визначення товщини шарів дорожнього одягу, особливо при визначенні товщини шарів різного асфальту кількісні результати досягаються при використанні георадара типу «MALA GeoScience CX-11» і подібних йому, з центральною частотою антени 1,5 ГГц і більше. В цьому випадку досягається детальність вертикального розрізу 1 см і менше. Інформативна глибина такого розрізу рідко перевищує 0,8 – 1,0 м. Георадари, які забезпечують міцний зондуючий сигнал не дозволяють досліджувати під поверхневі шари, оскільки верхня частина розрізу внаслідок високої енергії сигналу стає неінформативною. Практика застосування радара «MALA GeoScience CX-11» на автомобільних дорогах при контролі вимірювань георадара у фіксованих перерізах вирізкою зразків і натурним вимірюванням товщин асфальта довела можливість використання цього радара для визначення товщини шарів

асфальту і підстиляючих шарів дорожнього одягу. До того ж це є неруйнівним методом контролю дорожнього одягу. Продуктивність обстеження дорожнього одягу георадаром «MALA GeoScience CX-11» достатньо висока, і досягає на автодорогах без обмеження руху існуючого потоку автомобілів 3 км/день (при зупинці руху тільки в момент виконання робіт на поперечному профілі, що складає 1-2 хв на поперечник). Продуктивність по обстеженню поздовжніх профілів обмежується тільки фізичною доступністю смуги автодороги.

Для обстеження автомобільного земляного полотна, особливо представленого насипами висотою 3 м і більше, обстеження основи і виявлення шарів ґрунтів в основі, визначенні прихованих неоднорідностей в основі, рекомендується застосовувати георадар серії «Лоза». При використанні цього георадара досягається найбільша інформативна глибина розрізу, виявляються неоднорідності і зони локального зволоження ґрунтів на значних (від 3 – 5 м до 15 – 20 м), а з використанням низькочастотних антен і на великих глибинах. Обмеження сфери застосування георадарів з неекранованими антенами високої потужності також відомі – складність розшифровки радарограм при наявності перевідображень (в умовах щільної міської забудови, поблизу металевих конструкцій, ЛЕП).

Для обстеження георадаром серії «Лоза» слід призначати ділянки високих насипів, підхідні насипи до мостів, земляное полотно на слабких основах, в складних геологічних умовах. Рекомендується використовувати георадар «Лоза» в смузі відведення, а також для виконання поперечних профілів при наявності рослинності на укосах, на профілях намічених на пересіченій місцевості, які без робіт з розчистки і вирубування для обстеження іншими типами георадара виконувати дуже складно.

Можливість визначення тріщин в матеріалі дорожнього покриття доведена експериментально на об'єкті Н-31 при обстеженні її перед здачею в постійну експлуатацію. Ця можливість досягається насамперед всього фізичною сутністю самої тріщини в асфальтовому покритті. Навіть якщо

тріщина візуально не видна (вона реалізувалася в шарі пористого асфальтобетону і закрита зверху шаром міцного асфальтобетону), на радарограмі її можливо виділити по характерному відображенню, у вигляді нахиленої, сильно затухаючої лінії. Теоретична основа виникнення таких відображень пов'язана з тим, що при наближенні антен георадара до вертикальної чи субвертикальної границі розділа середовищ на радарограмі формується нахилена пряма лінія, яка (особливо при використанні екранованих антен і достатньо малого кроку обстеження) стає помітною. При видаленні від вісі тріщини на радарограмі формується така ж лінія, але із зворотнім нахилом. Виявити вертикальні тріщини в асфальтобетоні дорожнього покриття можливо практично будь-яким типом георадара, з використанням височастотних антен.

Для застосування результатів георадіолокаційного обстеження в якості матеріалів інженерно-геологічного обстеження земляного полотна і основи необхідний перехід від часової форми георадарного розрізу до глибинної. Щоб зробити таку обробку георадарного профіля необхідно чи виконати в деяких точках розрізу годографи, чи мати матеріали буріння (шурфування) чи інших видів геофізичного обстеження, архівні матеріали. Для виконання георадарного зондування і побудови годографа підходять георадари, в конструкції яких передбачена можливість розділення приймальної і передаючої антени з необхідним кроком на відстань 5 – 10 м. Для цієї мети придатні георадари серії «Лоза» з синхронізацією антен за інфрачервоним портом.

Для радарів з синхронізацією антенн по короткому оптоволоконному кабелю такі роботи виконати складно. Існує можливість отримання інформації про швидкісні характеристики ґрунтів на основі виконання профілів по поверхні земляного полотна над водоперепускними трубами. Побудова поздовжніх профілів над трубами перпендикулярних вісі труби необхідно обов'язково включати в техзавдання на обстеження (якщо водоперепускні труби є на даній ділянці автомобільної дороги).

## РОЗДІЛ 6 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Перед початком виконання польових робіт слід визначитися з кількістю і місцезрештуванням георадарних профілів, а також такими параметрами обстеження, як вид георадара, вид антен, тимчасова розгортка, крок обстеження. Параметри георадарного обстеження визначаються в залежності від необхідної глибини обстеження і розподільчої здатності по горизонталі і по глибині (рис.3.1 і рис.3.2). Зменшення центральної частоти призводить до збільшення глибини зондування і, одночасно, до зменшення розподілення по глибині. Слід звернути увагу на величину розгортки сигналу, тобто на час, протягом якого записується імпульс передаючої антени в пам'ять георадара. Немає ніякої необхідності примусово збільшувати тривалість розгортки.

Інформативність розрізу, тобто глибина, на якій ще можливо на фоні перевідображень і шумів виділити корисний сигнал, повинна відповідати тривалості розгортки. Профіль, який пройшов антенами з більш низькою частотою більш інформативний (сигнал, який прийшов до приймача в момент 100 нс вже може представляти будь-яку цінність при розшифруванні). При використанні високочастотних антен слід обмежити значення тимчасової розгортки значенням 50 – 100 нс чи меншим. При виконанні конкретного обстеження перед початком основних робіт необхідно провести декілька дослідних випробувань з різними видами георадарів, антенами різної частоти, різними значеннями тимчасової розгортки і вибрати найбільш придатну конфігурацію.

В особливих випадках обстеження допускається виконувати в два етапи. На етапі попереднього обстеження досліджується весь об'єкт з невисокою детальністю з метою пошука зон, які потребують подальшого ретельного обстеження. На етапі детального обстеження у вибраних зонах виконується обстеження з максимально можливою розподільчою здатністю. Підвищується

кількість поздовжніх і поперечних профілів на одиницю довжини ділянки, зменшується крок зондування до 10-20 см, при необхідності використовуються антени більшої частоти. Джерело пошкоджень, які виникають в процесі роботи георадара, повинні бути задокументовані, під час проходження профіля обов'язково періодичне фотографування профіля в одному і тому ж порядку, для використання цих матеріалів в процесі обробки радарограм. Фотографії місцевості повинні бути прив'язані до точок зйомки на плані. Бажано, щоб на фотографіях була видна розтягнута по напрямку профіля рулетка чи сам георадар, а сам факт фотографування був відмічений в журналі виконання робіт з обстеження.

Побудова профіля. Розташування і кількість георадарних профілів залежит від необхідної детальності обстеження. При обстеженні автомобільних доріг доцільно виконати обстеження по одному чи декільком поздовжнім профілям вздовж вісі дороги, а також виконати при необхідності серію обстежень по поперечним профілям на завданій відстані один від одного. Поздовжні профілі можуть намічатися по вісі земляного полотна, по одній з смуг руху на завданій відстані від вісі, вздовж брівок укосів насипу, по бермам, канавам, вздовж підосви насипу.

Поперечні профілі зазвичай намічаються на відстані 50-100 м і більше один від одного в залежності від задачі обстеження. При обстеженні поздовжніх профілів крок обстеження рекомендується завдавати рівним 1-2 м, при обстеженні поперечних профілів – 0,1...0,5 м. В польовому журналі обов'язково повинні бути зафіксовані наступні дані:

1. дата виконання робіт, назва об'єкта, тип радара, тип антен;
2. схема об'єкта з позначенням всіх профілів;
3. найменування профілів (імена файлів, під якими профіль записується в пам'ять прилада чи комп'ютера), прив'язку початка чи кінця профіля до характерних точок на місцевості чи до сусідніх профілів;

4. для кожного профіля - напрямок переміщення георадара, крок обстеження, тип антен, тимчасову розгортку і основні параметри самого георадара (різні для різних георадарів; для георадарів серії «ЛЮЗА» – розгортка, величина синхронізації сигналу);

5. місця виконання фотографій, на одній з яких бажано фіксувати кілометрові стовпчики, пікетні чи інші знаки;

6. особливі точки (на поперечному профілі – вісь дороги, кромка асфальтового покриття, брівки, підшва укосів, берм, на поздовжньому профілі – місця візуально видимих деформацій дорожнього покриття, початок і кінець моста, приблизну вісь водоперепескних труб, застій води з кожного боку земляного полотна).

Обстежені профілі бажано розчистити від трави, кущів, поблизу ділянки не повинно знаходитися крупних металевих предметів. Якщо повністю розчистити профіль не вдається, на схемі обстеження необхідно вказати об'єкти, які заважають обстеженню. При обстеженні кожного профіля по його вісі необхідно прикласти рулетку для того, щоб точно витримувати крок переміщення георадара. Якщо георадар комплектується неекранованими антенами, неможна використовувати металеву рулетку: необхідно використовувати рулетки из фібергласа, будь-яких полімерів чи тканини.

На рівних поверхнях, рекомендується використання датчика переміщення, який входить в комплектацію георадара. Антени георадара повинні бути розташовані як можна більш перпендикулярно вісі профіля. У випадку реєстрації пошкоджень рекомендується повторно виконати той же профіль, але антени розташовувати паралельно профілю.

За необхідності висотної прив'язки результатів рекомендується виконати геодезичну прив'язку профіля. Для цього попередньо необхідно виконати нивелювання обстежуваної ділянки місцевості, чи використати прив'язку до супутникової системи навігації.



Побудова годографа. Побудова годографа може бути виконана по одній з двох технологій: чи при збереженні нерухомої однієї з антен з поступовим розносом другої антени, чи з одночасним розносом обох антен одна від іншої. Крок обстеження при побудові годографа не повинен перевищувати 20 см (бажано 5-10 см).

При виборі місць, в яких буде виконуватися побудова годографа, слід керуватися наступними рекомендаціями:

1. Побудову годографа слід виконувати в тих перерізах, де є апіорна інформація про ґрунтові шари (наприклад, в місцях буріння скважин).

2. У випадку, якщо границі між шарами ґрунтів в цілому мають негоризонтальну форму, слід знайти місця, де границі практично горизонтальні, і виконати побудову годографа саме в цих місцях. Довжина таких ділянок повинна складати не менше 5-7 метрів.

3. В кожній зоні з унікальними інженерно-геологічними умовами повинно бути виконано хоча би одна побудова годографа. При обстеженні автомобільних доріг при однакових інженерно-геологічних умовах на всій ділянці доцільно виконати декілька годографів на одному поперечному профілі, найбільш вільному від перешкод, в декількох перерізах: на основному майданчику, бермах, по вісі канави.

Вимоги до персоналу. Працівники, зайняті в роботах з георадарного обстеження автомобільних доріг повинні мати профільну освіту. Перед виконанням робіт вони повинні інструктаж з техніки безпеки для роботи з електровимірювальними приладами. Оператори, які обслуговують георадар і відповідають за виконання польових робіт повинні пройти курс навчання з конкретною моделлю георадара і мати відповідний документ про навчання, пройти підготовку, яка включає в себе базові знання з методу георадіолокації, методиці проведення обстеження, роботі з апаратурою і програмою запису і зчитування даних.

Співробітники, які проводили обробку результатів георадарного обстеження, повинні мати спеціальну підготовку, що включає в себе базові знання з методу георадіолокації, методиці проведення обстеження і обробці даних; володінню методами і програмами по обробці та інтерпретації даних, знати особливості налаштувань георадарів.

## РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Територіальні кошторисні нормативи для Дніпропетровської області.

1. Геофізичне обстеження існуючих автомобільних доріг і при вишукуванні під нові автомобільні дороги.

Територіальні кошторисні нормативи для Дніпропетровської області розроблені на базі аналогічних норм для Києва в рівні цін за станом на 1 січня 2020 року. До цих норм додані витрати на амортизацію обладнання (матеріальні ресурси) георадаром «Око» і «Лоза». Нормативний строк служби георадарів прийнятий 10 років.

Робочий період в теплий час року дорівнює 8 місяців. Норми враховують виконання польових робіт на існуючих автомобільних дорогах і при вишукуванні під будівництво нових автомобільних доріг.

Камеральні роботи (обробка та інтерпретація радарограм, підготовка звіту) враховуються додатково. В «Методичних рекомендаціях із застосування георадарів при обстеженні дорожніх конструкцій» приведена середня продуктивність польових робіт при вимірюваннях в поздовжньому напрямку.

При застосуванні георадарів з контактними антенами кількість кілометрів профілювання за зміну в прямому і зворотньому напрямку складає:

- на дорогах 1 категорії при паганому стані – 4...6 км, при задовільному – 6...8 км;
- на дорогах 2-4 категорії відповідно 6...8 км і 8...10 км.

Продуктивність робіт по обробці та інтерпретації радарограм в поздовжньому напрямку при наявності бурових скважин від 1 до 5 на 1 км складає:

- при однорідному середовищі – 1,2...2,0 км за зміну;
- при неоднорідному середовищі – 0,8...1,5 км за зміну.

Співставлення цих норм і накопичений власний досвід показує, що тривалість обробки в 2...8,3 рази більше при однорідних і в 2,7...12,5 рази – при неоднорідних середовищах порівняно з польовими роботами. Аналогічні показники має і обробка поперечних профілів.

Для виконання польових робіт з обстеження автомобільних доріг георадарними методами рекомендується наступний склад бригади.

При використанні георадара «Око» і «Лоза»:

- інженер-дорожник – 1 люд;
- інженер-геофізик – 1 люд;
- водій (при буксуванні георадара автомобілем чи при буксуванні георадара вручну для прикриття працюючих людей) – 1 люд;
- технік чи інженер-геолог (при переміщенні георадара без автомобіля) – 1 люд;
- робочий (при виконанні контрольного буріння чи шурфування, при застосуванні рулетки) – 1 люд;
- водій (при русі по двосмуговій дорозі і прикриття двома автомобілями) – 1 люд.

Трудомісткість виконання польових і камеральних робіт співставна. Обробку та інтерпретацію радарограм ведуть високопрофесійні (ведучі) інженери-геофізики з використанням додаткових програмних комплексів. Тому вартість при обробці повинна бути не нижче вартості польових робіт.

## 2. Загальні вказівки

Норма і розцінка на геофізичне обстеження автомобільних доріг призначена для розрахунків за виконані роботи при виконанні пошука інженерних комунікацій, стану і наявності під дорожнім одягом комунікацій (кабель, дренаж), порушень в конструкції автомобільних доріг, які виникають в процесі будівництва та експлуатації.

## 2. Виконується перевіряння:

- товщини конструктивних шарів дорожнього одягу;

- відсутність адгезії верхніх конструктивних шарів дорожнього одягу;
- ділянок разуцільнення конструктивних шарів дорожнього одягу і земляного полотна;
- ділянок обводненості конструктивних шарів дорожнього одягу і земляного полотна;
- наявності неоднорідностей в основі земляного полотна (пустот, палеорусел, логів, оврагів);
- уточнення геологічної структури.

3. Норма і розцінка передбачає поздовжнє і поперече георадарне профілювання в автоматичному режимі запису чи в ручному при перестановці антенного блока через 2 м.

3. Правила обчислення обсягів робіт. Обсяги робіт по геофізичному обстеженню автомобільних доріг приймається в кілометрах поздовжнього і поперечного профілювання

Таблиця 7.1 - Геофізичне обстеження автомобільних доріг

Склад робіт

1. Розстановка дорожніх знаків, огороження місця робіт.
2. Визначення георадарних профілів (поздовжніх і поперечних).
3. Ввод даних для обстеження, контроль поступаючої з георадара інформації.
4. Зборка-разборка антенних блоків.
5. Проходи георадаром.
6. Збереження інформації і перебазування. Вимірювач: 1 км.

Код	Найменування витрат	Од. вим.	Геофізичне обстеження автомобільних доріг георадаром	
			«Око»	«Лоза»

	Прямі витрати:	Грн.	564,31	519,01
	заробітна платня робітників	Грн.	260,86	260,86
	експлуатація машин	Грн	199,19	199,19
	в т.ч. заробітна платня	Грн.	90,17	90,17
	матеріальні ресурси (амортизація обладнання та інш.)	грн	104,26	58,96
	Витрати праці робітників	Люд-год	12,84	12,84
2.1-17-123	Георадари «Око» і «Лоза» в комплекті з ноутбуком і програмним забезпеченням	Маш-год	2,42	2,42
2.1-18-24	Автомобілі напівпасажирські типу ГАЗ, вантажністю до 2 т.	Маш-год	0,3	0,3

## РОЗДІЛ 8

### 8.1 Вимоги техніки безпеки при проведенні георадарного обстеження.

Георадар повинен мати гігієнічний сертифікат відповідності, який підтверджує його безпеку для навколишнього середовища і осіб, які виконують роботи з георадарного обстеження.

Технічний опис георадара повинен містити вимоги з техніки безпеки для обслуговуючого персоналу і навколишнього середовища. Розбирати апаратуру і виконувати самостійний ремонт, операції монтажу – демонтажу не описані в інструкції з експлуатації не дозволяється. Заборонено направляти антенні блоки георадара в бік людей під час роботи прилада. Заборонено занурювати прилад чи окремі його частини в воду та інші рідини (за виключенням антен у водонепроникних чехлах). При буксуванні георадара автомобіль повинен бути обладнаний проблесковим маячком помаранчевого кольору. Антени георадара, закріплені попереду чи позаду автомобіля повинні бути пофарбовані в помаранчевий колір з нанесеними червоно-білими смужками відповідно чинних нормативних документів.

При переміщенні георадара вручну, персонал повинен бути захищений від наїзда попутних автомобілів автомобілем, який повільно рухається на відстані 5-8 м включеним проблесковим маячком і аварійною сигналізацією. При русі по двосмуговій дорозі, персонал повинен бути захищений двома автомобілями – попереду і позаду. При цьому на автомобілях повинно бути включене ближнє світло фар. У випадку виконання робіт в умовах інтенсивного руху, на невеликій ділянці дороги (протяжністю до 50 м), місце виконання робіт слід огороджувати. При проведенні вимірювань в поперечному напрямку рух на цей час слід зупиняти (при інтенсивності руху більше 1500 авт./добу). Під час грози і сильного дощу роботи з георадарного обстеження виконувати забороняється.

## **8.2 Вимоги охорони праці при проведенні ремонтних робіт на автомобільних дорогах**

У проектній та (або) технологічній документації на реконструкцію, ремонт ділянки дороги повинно бути передбачено застосування тимчасових типових або тимчасових індивідуальних схем ОДР на період виконання робіт у межах смуги відведення дороги.

Проведення робіт на діючій ділянці дороги фізичні та юридичні особи здійснюють після огороження та облаштування технічними засобами ОДР ділянки, місця проведення робіт згідно з тимчасовою схемою ОДР, наданій у:

- проектній (технологічній) документації на реконструкцію або ремонт ділянки дороги;
- ордері, одержаному в установленому порядку від власника дороги або уповноваженого ним органу.

Ділянки дороги, на яких виконують аварійні роботи, роботи з поточного ремонту та утримання доріг, ліквідації недоліків експлуатаційного стану, визначених перевіркою згідно з ДСТУ 3587, операційний контроль якості робіт слід облаштовувати за тимчасовими типовими схемами ОДР

Якщо жодна з тимчасових типових схем не ураховує у повній мірі умови руху користувачів дороги та (або) умови виконання робіт на визначеній ділянці дороги, розробляють тимчасову індивідуальну схему ОДР.

До обладнання ділянки дороги тимчасовими технічними засобами ОДР згідно із наведеною у дозволі тимчасовою схемою та виконання належних заходів забороняється вести будь-які роботи і завозити матеріали, конструкції та дорожньо-будівельну техніку на місце проведення робіт.

Термінові обмеження або заборону руху на ділянці дороги застосовують у випадках, пов'язаних з стихійними явищами, а також у разі виконання аварійних робіт.



Прийняття в експлуатацію закінченої реконструкцією або капітальним ремонтом ділянки дороги здійснюють згідно з ПОР-218-141 та виконання заходів щодо ОДР, зазначених у ордері або дозволі.

### **8.2.1 Тимчасові технічні заходи з безпеки виконання робіт на автомобільних дорогах**

1. Пересувний знак-сигналізатор небезпеки. Для позначення місця безпосереднього виконання дорожніх або аварійних робіт на діючих дорогах і вулицях слід застосовувати пересувний знак-сигналізатор небезпеки згідно з Технічними умовами, розробленими, узгодженими та затвердженими у встановленому порядку. У разі задовільних погодних умов, у світлу пору доби, при проведенні робіт на ділянці дороги протяжністю менш ніж 100 м, знак небезпеки дозволяється не застосовувати.

Дорожні знаки для облаштування місць проведення робіт повинні відповідати Технічним умовам на їх виготовлення та вимогами ДСТУ 4100. Місця встановлення знаків зазначені на тимчасовій схемі ОДР для визначеної ділянки будівництва, реконструкції або ремонту дороги.

Знаки слід встановлювати на узбіччі і розділювальній смузі на переносних опорах на висоті 1,9 м ... 2,1 м в населеному пункті і 1,7 м ... 1,9 м – за його межами. На проїзній частині знаки встановлюють на опорах, бар'єрах згідно з ГСТУ 218-03449261-095 на висоті 0,6 м ... 1,5 м. Відстань від краю знака до краю проїзної частини або діючої смуги руху повинна бути не менша ніж 1,0 м.

Тимчасову дорожню розмітку згідно з ДСТУ 2587 із застосуванням самоклеючої пластикової стрічки, спеціальної фарби тощо на час виконання робіт передбачають у індивідуальній тимчасовій схемі ОДР.

В місцях в'їзду на односмугову ділянку дороги, де не забезпечена видимість протилежного з'їзду до неї, для почергового пропуску зустрічного транспорту слід використовувати світлофори. Режим роботи світлофора встановлюють відповідним розрахунком, який ураховує час проїзду ділянки.

Світлофори встановлюють на стояках на висоті 2,0 м ... 3,0 м 9 від поверхні проїзної частини і на відстані 1,0 м ... 2,0 м від краю проїзної частини. Місця встановлення світлофорів зазначені у тимчасовій схемі ОДР. На стояку світлофора слід передбачити встановлення дорожнього знака 2.5 або 2.6 згідно з ДСТУ 4100 залежно від інтенсивності зустрічного руху транспорту на ділянці виконання робіт.

Тимчасову стримувальну систему слід застосовувати для поздовжнього та поперечного огороження ділянки проведення робіт згідно з 9.8 ДСТУ Б В.2.3-10. Система повинна перекривати ділянку виконання робіт та підхід до неї і мати амортизаційні пристрої.

У якості тимчасових стримувальних систем застосовують огороження у вигляді металевих, поліетиленових, залізобетонних блоків ТБ згідно з ДСТУ Б В.2.3-10 або інші збірно-розбірні конструкції огорожень парапетного типу. Допускається використання збірних бетонних блоків розмірами не менше 2000 мм х 300 мм х 500 мм.

Бетонні блоки встановлюють з проміжком (відстанню між блоками) не більше ніж 1,5 м. Блоки повинні бути з'єднані між собою єдиним сталевим канатом діаметром від 10 мм згідно з ГОСТ 2688 або ГОСТ 3067 (ГОСТ 3068, ГОСТ 3070, ГОСТ 3071), пропущеним через закладні деталі блоків по всій довжині небезпечної зони.

### **8.2.2 Вимоги до об'їзду місць проведення робіт**

Об'їзд влаштовують із розрахунку забезпечення безпечного руху транспорту на весь період виконання робіт по реконструкції або ремонту ділянки дороги. Об'їзд по всій довжині повинен мати тверде покриття.

Ширина проїзної частини об'їзду не повинна бути меншою: для СОУ 45.2-00018112-006:2006 10 односмугового руху транспорту – 3,5 м, двосмугового – 6,0 м. Ширина узбіччя – 1,5 м ... 1,75 м.

Дозволяється організація двостороннього руху по односмуговому об'їзду з використанням світлофорної сигналізації згідно з 5.4 та ДСТУ 4092.

Мінімальні радіуси кривих в плані на об'їзді визначають залежно від обмеження швидкості руху транспорту згідно з таблицею 2.2 ДБН В.2.3-4, але не менше 30 м. Розширення проїзної частини – згідно з 2.7 ДБН В.2.3-4.

Поздовжні похили на ділянці об'їзду встановлюють залежно від величини дозволеної швидкості руху транспорту на об'їзді згідно з таблицею 2.2 ДБН В.2.3-4, але не більше 10 %.

Поперечний ухил проїзної частини встановлюють залежно від дорожньо-кліматичної зони згідно з таблицею 2.5 ДБН В.2.3-4. Профіль може бути двосхилим або односхилим (у бік від дороги).

При застосуванні у якості об'їзду мережі існуючих доріг, вулиць необхідно передбачити встановлення на перехрестях знаків пріоритету та знаків індивідуального проектування для позначення напрямку головної дороги.

В'їзд і виїзд на об'їзд слід розташовувати: - не ближче 20 м від місця проведення робіт; - у місцях, де забезпечена взаємна оглядовість та видимість учасників дорожнього руху згідно з ДСТУ 2935, у тому числі технологічного транспорту.

Криву у плані в'їзду та виїзду на об'їзд слід виконувати трьома спряженими радіусами  $3R-R-6R$ , де  $R$  – не менше 12 м.

Поздовжні похили на ділянках в'їзду та виїзду на об'їзд повинні бути не більше 4 %, радіуси вертикальних кривих – не менше 600 м.

Перед виконанням робіт майстер повинен визначитись щодо:

- місця виконання робіт на зміну, технологічних особливостей і терміну їх проведення, необхідності будівництва об'їзду;

- тимчасової типової схеми ОДР на ділянці проведення робіт залежно від виду робіт, технології їх виконання згідно з додатком

А цього стандарту чи розробити тимчасову індивідуальну схему і узгодити її в 11 установленому порядку;

- необхідності застосування тимчасової стримувальної системи та вибору її конструкції на ділянці виконання робіт;
- необхідної кількості тимчасових технічних засобів ОДР для облаштування ділянки виконання робіт, їх видів, типів, типорозміру, у тому числі
  - застосування пересувного знака небезпеки;
- штучного освітлення ділянки дороги при виконанні робіт у темну пору доби, освітлення у місці стоянки машин та механізмів.

До початку проведення робіт, визначену ділянку або місце виконання робіт слід облаштувати тимчасовими технічними засобами згідно з тимчасовою схемою ОДР. Постійні дорожні знаки, дія яких розповсюджується на ділянку проведення робіт і суперечить прийнятій схемі ОДР, повинні бути зняті або зачохлені на період виконання робіт. Перед ділянкою на період виконання робіт допускається встановлювати транспаранти, які інформують про місце і характер робіт.

При прибутті до місця проведення робіт транспортний засіб з технічними засобами ОДР установлюють на узбіччі або на розділювальній смузі у напрямку виконання робіт, на відстані 30 м ... 40 м від їх початку.

Розвантажувати тимчасові технічні засоби ОДР слід по мірі їх встановлення від початку визначеної ділянки дороги у напрямку виконання робіт.

На ділянці дороги в першу чергу встановлюють найбільш віддалені попередні та інформаційно-вказівні тимчасові дорожні знаки згідно з ДСТУ 4100 на узбіччі, потім – в безпосередній близькості на проїзній частині та на узбіччі, далі – облаштовують знаками об'їзди (при їх наявності), поперечними та поздовжніми тимчасовими огороженнями, пішохідними містками (при необхідності), світлофорами тощо. Останніми встановлюють дорожні знаки на узбіччі смуги руху протилежного напрямку.

При наявності знака небезпеки, його переміщення на нове місце повинно відбуватися у межах позначеної конусами або віхами смуги руху, на якій виконують роботи. Розміщення знака небезпеки від місця безпосереднього виконання робіт (підрозділу, який виконує роботи) повинно бути на відстані 30 м ... 50 м.

По закінченню робіт реконструкції або ремонту на ділянці дороги прибирають залишки будівельних матеріалів і сміття, СОУ 45.2-00018112-006:2006 12 встановлюють постійні дорожні знаки у відповідності до проекту чи схеми ОДР для існуючого стану дороги. В останню чергу ліквідують з'їзди і виїзди з дороги на об'їзд, знімають тимчасові технічні засоби ОДР у зворотній послідовності їх встановлення.

Відновлення руху транспорту після реконструкції або капітального ремонту на визначеній ділянці дороги здійснюється після передачі її по акту підприємству, яке утримує дорогу

Під час транспортування технічних засобів ОДР та їх складових частин слід дотримуватись діючих "Правил дорожнього руху України" та вимог безпеки згідно з ГОСТ 12.3.002.

Розвантаження і завантаження переносних опор, тимчасових СОУ 45.2-00018112-006:2006 14 дорожніх знаків, конусів, бар'єрів тощо слід виконувати у відповідності до вимог ГОСТ 12.3.009.

Забезпечення пожежної безпеки в місцях виконання робіт повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.1.004, охорони праці – ДНАОП5.1.14-1.1.

Робітники, що працюють на дорозі, повинні знаходитись у межах встановленого тимчасового огороження і бути одягнені у спецодяг (оранжеві жилети і такого ж кольору головний убір).

Технологічний транспорт, машини і механізми, що застосовуються для виконання робіт, повинні бути у технічно справному стані та обладнані розпізнавальними знаками, пофарбовані згідно з ДСТУ 3849.

Машини і механізми, які виконують роботу, повинні мати включені пробліскові маячки жовтого (оранжевого) кольору. В процесі роботи їх габарити не повинні виходити за межі огороженої зони проведення робіт. Проводити ремонт та технічне обслуговування дорожніх машин та механізмів у зоні проведення робіт забороняється.

При виконанні робіт у темну пору доби і при тумані поперечні бар'єри та віхи напрямні згідно з ГСТУ 218-03449261-095 повинні бути встановлені на відстані 10,0 м ... 15,0 м один від одного та обладнані ввімкненими ліхтарями червоного кольору. Прокладка електричного дроту повинна виключати наїзд та дотик транспорту, технологічних машин і механізмів, не заважати руху працюючих на дорозі та пішоходів. Місця проведення робіт у темну пору доби слід освітлювати з двох боків ліхтарями верхнього світла від 10 лк.

Після закінчення зміни, дорожні машини і обладнання повинні бути поставлені на майданчик за межами земляного полотна. Нетранспортабельні машини, механізми, що залишаються на дорозі у темну пору доби, слід розміщати за межами проїзної частини діючої дороги.

Для попередження аварійних ситуацій повинно бути передбачено не менше двох комплектів автономного живлення для сигнальних ліхтарів на випадок відключення їх від основної системи живлення.

Відходи виробництва повинні бути зібрані і вивезені до місця їх організованого складування або включені у виробничий цикл.

## **9. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **Охорона атмосферного повітря.**

Дії, спрямовані на зміну стану атмосферного повітря і атмосферних явищ, можуть здійснюватись тільки за відсутності шкідливих наслідків для життя і здоров'я людини та для навколишнього середовища на підставі дозволів, виданих екологічною інспекцією.

При розміщенні, будівництві, реконструкції та експлуатації об'єктів дорожньої інфраструктури (АБЗ, кар'єрів, інших виробничих майданчиків) не повинні перевищуватися нормативи якості атмосферного повітря у відповідності з екологічними, санітарно-гігієнічними, а також з будівельними нормами і правилами.

При розміщенні об'єктів дорожньої інфраструктури, які чинять шкідливий вплив на якість атмосферного повітря в межах населених пунктів та автомобільних доріг, враховують фоновий рівень забруднення атмосферного повітря і прогноз зміни його якості при здійсненні вказаної діяльності.

З метою охорони атмосферного повітря в місцях проживання населення встановлюються санітарно-захисні зони для підприємств, для автомобільних доріг – санітарні розриви. Розміри таких санітарно-захисних зон і санітарних розривів визначаються на основі розрахунків розсівання викидів шкідливих (забруднюючих) речовин в атмосферному повітрі у відповідності з санітарною класифікацією підприємств і вимогами чинних нормативних документів.

В проектах на будівництво ділянок автомобільних доріг, які можуть шкідливо впливати на якість атмосферного повітря, передбачаються заходи із зниження викидів шкідливих (забруднюючих) речовин в атмосферне повітря.

Розміщення об'єктів дорожньої інфраструктури, які негативно впливають на якість атмосферного повітря, узгоджується у встановленому порядку з виконавчими органами в області охорони навколишнього середовища чи з його територіальними органами.

При експлуатації об'єктів дорожньої інфраструктури у випадку перевищення встановлених нормативів, здійснюється очистка газів, які викидаються в атмосферу. Вибір газоочисного обладнання і ступінь очистки газів здійснюється у відповідності з розрахунками, виконаними з урахуванням гранично допустимих викидів.

Транспорт і будівельна техніка, які працюють в дорожній організації, підлягають перевірці на відповідність викидів забруднюючих

речовин у відпрацьованих газах встановленим нормам при щорічному проходженні технічного огляду.

Слід по можливості, для покращення екологічної обстановки на об'єктах транспортної інфраструктури переходити на використання газового палива та інших більш екологічно чистих видів енергії.

### **Охорона водних ресурсів**

Охорона водних ресурсів є найважливішою складовою частиною охорони навколишнього середовища, середовища знаходження тваринного і рослинного світу, в тому числі водних біологічних ресурсів.

Використання водних об'єктів не повинно негативно впливати на навколишнє середовище.

Не дозволяється скидання стічних вод та дренажних вод у будь-які водняні об'єкти, а також ті, які знаходяться в межі:

- зон санітарної охорони джерел питного господарчо-побутового водопостачання;
- першої, другої зон округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих місцевостей і курортів;
- рибоохоронних зон, рибогосподарських заповідних зон, ділянок масового нересту.

З метою попередження забруднення, засмічення, замулення водних об'єктів, а також для збереження середовища водних біологічних ресурсів та інших об'єктів тваринного і рослинного світу, для всіх річок і водоймищ встановлені водоохоронні зони, території, які примикають до берегової лінії морів, річок, каналів, озер и на котрих встановлений спеціальний режим здійснення господарчої або іншої діяльності.

Скидання залишків будівництва в межах природоохоронних зон дозволяється тільки після очищення забруднених стоків до встановлених нормативів, рекомендується використовувати очищені води в системах оборотного і повторного водопостачання.



Скидання стоків з концентрацією речовин нижче ГДК (гранично-допустимої концентації) чи в межах допустимого рівня здійснюється у водоймища без очистки, за виключенням вищенаведених водних об'єктів, де не дозволяється скидання стічних вод чи дренажних вод.

Для зменшення виносу забруднюючих речовин з поверхневим стоком повинні здійснюватися наступні заходи:

- які виключають скидання в дощову каналізацію відходів виробництва;
- організація регулярного прибирання територій смуги відведення;
- проведення своєчасного ремонту дорожніх покриттів;
- огороження зон озеленення бордюрами, які виключають змивання ґрунту на дорожнє покриття;
- підвищення ступеню пилу і газоочищення на очисних спорудах дорожньої інфраструктури;
- підвищення технічного рівня експлуатації автотранспорту;
- огороження будівельних майданчиків з упорядкуванням відведення поверхневого стоку по тимчасовій системі відкритих люків, освітленням його на 50-70 % у відстійниках і наступним скиданням на рельєф місцевості чи подальшим очищенням;
- локалізація ділянок, где можливі просипки чи проливи забруднюючих речовин з наступним відведенням і очисткою поверхневого стоку; упорядкування складування і транспортування сипких і рідких матеріалів;

Вибір схеми відведення і очищення поверхневого стоку визначається рівнем його забруднення і необхідним ступенем очищення.

Водоймища і водотоки (водяні об'єкти) вважаються забрудненими, якщо показники складу і властивостей води в них змінились під впливом виконання робіт чи експлуатації дороги та дорожніх споруд і стали частоко або повністю непридатними для одного з видів використання. Придатність складу і

властивостей поверхневих вод визначається їх відповідністю вимогам і нормативам, встановленим ГОСТ 2761-84 і ГОСТ 17.5.02-80.

При попаданні у водоймища нафтопродуктів в обсязі, який може призвести до перевищення гранично допустимої концентрації, приймаються міри із запобігання їх розповсюдження і наступного видалення.

При виконанні гідро механізованих робіт не допускається затоплення і підтоплення населених пунктів, промислових підприємств, доріг, а також земель сільськогосподарського чи лісогосподарського користування.

З метою попередження зміни водних екосистем, включаючи зміну біологічної активності водоростей та мікроорганізмів, зміна гідрологічного режиму водоймищ не дозволяється: улаштування плотин, отводів, підходів до мостів без перевіряння розрахунковим шляхом розмиву дна річок і берегів.

### **Охорона лісів, тварин, рослин**

При будівництві та ремонтах автомобільних доріг розробляються і виконуються заходи, які забезпечують збереження шляхів міграції об'єктів тваринного світу і місць їх постійної концентрації.

## ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження щодо використання георадрів для підповерхневого обстеження конструкції автомобільної дороги Дніпро-Решетилівка показали, що це сучасний, технологічний і високоточний метод проведення обстеження для визначення зруйнованих ділянок.

2. На основі проведеного огляду і спираючись на результати теоретичних наукових досліджень була вибрана найбільш раціональна конструкція дорожнього одягу для ліквідації виявлених деформацій і тим самим підвищення якості та довговічності виконаних робіт.

3. Для улаштування дорожнього одягу на автомобільній дорозі Дніпро-Решетилівка прийнятий один із двох варіантів, з урахуванням наявних дорожньо-будівельних матеріалів, застосування двошарового асфальтобетонного покриття, укладеного на основу органо-мінеральної суміші, улаштованої за способом холодного ресайклінгу.

4. Розрахунок економічної ефективності підтвердив актуальність використання георадарного обстеження для виявлення деформацій та руйнувань в існуючій конструкції дорожнього одягу автомобільної дороги Дніпро-Решетилівка і визначення виду ремонту, збільшення строків проведення ремонту не відбувається.

5. Розроблені заходи щодо охорони праці і захисту навколишнього середовища свідчать, що капітальний ремонт на автомобільній дорозі Дніпро-Решетилівка проводиться з дотриманням всіх необхідних обмежень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Батракова А.Г. Методология мониторинга дорожных одежд нежесткого типа с применением георадиолокационных технологий : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.11. / Харьковский нац. Автомобильно-дорожный ун-т. Харьков, 2014. 307 с.
2. Batrakova Angelika G., Batrakov Dmitry O., Antyufeyeva Mariya S. Pavement deterioration model based on GPR datasets. *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*. 2018. Vol. 17, № 1. P. 55-71.
3. Batrakov D.O. Quality and efficiency of information monitoring at radio wave testing of inhomogeneous dielectric layers by using a multifrequency method. *Defektoskopiya*. 1998. № 8. P. 68-76.
4. Пат. 118736 Україна, (51) МПК E01C 23/00, G01R 29/08 (2006.01) Спосіб підвищення надійності результатів оцінки товщини шарів дорожнього одягу за допомогою георадара / Батраков Д.О., Батракова А. Г., Білошенко К.С.; заявник та патентоутримувач Харківський національний автомобільно-дорожній університет; Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна; Батраков Д.О., Батракова А. Г., Білошенко К.С. а201801633 заявл. 19.02.2018; опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4/2019
5. Георадари, дороги-2002: Матеріали Міжнар. науч.-практ. конф. / Під ред. А.М. Кулижникова. - Дніпро: Вид-во ДГТУ, 2002. - 94 с.
6. Пат. 118408 Україна, (51) МПК E01C 23/00, G01R 29/08 (2006.01) Спосіб калібрування та видалення паразитних відбиттів при неруйнівному контролі верхнього шару асфальтобетону за допомогою георадара / Батраков Д.О., Батракова А. Г.; заявник та патентоутримувач Харківський національний автомобільно-дорожній університет; Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна; Батраков Д.О., Батракова А. Г. – а201705444; заявл. 02.06.2017; опубл. 10.01.2019, Бюл. № 1/2019 (винахід)

7. Георадары, дороги-2000: Материалы Междунар. науч.-техн. семинара / Под ред. А.М. Кулижникова. - Архангельск: Изд-во АГТУ, 2000.- 104 с.
8. Георадарні технології. Рішення Міжнародної науково-практичної конференції // Автомоб. дороги. - 2003. - № 3. С. 15.
9. Кулижников А.М., Шабашова М.А. Георадары в дорожном строительстве. - М. 2000. - 52 с. - (Автомоб. дороги: Обзорн. информ./ Информавтодор; Вып. 2).
10. Георадар-2002: Тез. докл. науч.-практ. конф. - М.: МГУ, 2002. - 50 с.
11. Lenngren C.A., Bergstrum J., Ersson B. Using Ground Penetrating Radar for Assessing Highway Pavement Thickness. - SPIE Vol. 4129: Subsurface Sensing Technologies and Applications II, Texas A&M Univ. - San Diego, 2000.
12. Charlton M. Small scale soil-moisture variability estimated using ground penetrating radar: Extended Abstract // GPR 2000. -Australia, 2000.
13. Пат. 113916 Україна, (51) МПК E01C 23/00, G01R 29/08 (2006.01) Спосіб виявлення підповерхневих тріщин у асфальтобетонному покритті дороги під час руху діагностичної лабораторії в транспортному потоці / Батраков Д.О., Урдзік С.М., Почанін Г.П., Батракова А. Г.; заявник та патентоутримувач Батраков Д.О., Урдзік С.М., Почанін Г.П., Батракова А. Г. – а201511191; заявл. 13.11.2015; опубл. 27.03.2017, Бюл. № 6/2017 (винахід)
14. Макечева І.В. Дорожній рентген. Георадиолокаційні дослідження в дорожньому будівництві і діагностиці стану доріг // Буд. техніка і технології. - 2001. - № 5. - С. 38-39.
15. Evaluation de systemes radar pour controller l'epaisseur des couches de chaussees / Simonn J.-M. // Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussees. - 2002. - № 238, mai-juin. - P. 51 -59.
16. Георадары в дорожном строительстве: Тем. подборка / Информавтодор. - М., 2003. - 72 с.
17. Пат. 118409 Україна, (51) МПК E01C 23/00, G01R 29/08 (2006.01) Спосіб виявлення та визначення напрямку у тому числі і підповерхневих

тріщин в асфальтобетонному покритті / Батраков Д.О., Батракова А. Г., Почанін Г.П., Орленко О.А.; заявник та патентоутримувач Харківський національний автомобільно-дорожній університет; Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна; Батраков Д.О., Батракова А. Г., Почанін Г.П., Орленко О.А. – а201705456; заявл. 02.06.2017; опубл. 10.01.2019, Бюл. № 1/2019

18. Кулижников О.М., Шабашова М.О. Використання георадарів в дорожній галузі (за матеріалами семінара в Рованієм) // Наука і техніка в дор. галузі. - 2000. - № 2. -С. 29-31.

19. Кулижников О.М. Георадарні технології в проектах автомобільних доріг // Автошляховик України. -2003. - № 4. -С.70-72.

20. Пат. 81296 Україна, (51) МПК E01C 23/00, G01R 29/08 (2006.01) Спосіб виявлення та визначення місць знаходження у тому числі і підповерхневих тріщин в асфальтобетонному покритті / Батракова А.Г., Батраков Д.О., Почанін Г.П.; заявник та патентоутримувач Батракова А.Г., Батраков Д.О., Почанін Г.П.. – u201300256; заявл. 08.01.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12/2013 (корисна модель)

21. «Рентген» для магістралей / В.К. Жданюк, І.В. Кияшко // Автошляховик України. - 1998. -№ 12.-С. 12-13.

22. Жданюк В.К., Глазунов В.В., Єфімова Н.П., Бутенко Г.Г. Неруйнівний контроль і проміри конструктивних шарів дорожнього одягу за даними метода георадіолокації// Георадари, дороги-2000: Матеріали Міжнар. наук.-техн. семінара. - Харків: Вид-во ХНАДУ, 2000. - С. 50-55.

23. Результаты совместного визуального и радарного наблюдения за состоянием покрытия и земляного полотна / В.Ю. Гладков, В.А. Кретов, С.В. Лаврухин, Н.А. Лушников. - М., 2000. -С. 93-96. - (Тр. / Росдорнии).

24. Лаврухин С.В., Лушников П.А., Лушников П.А. Применение геолокатора при определении состояния автомобильных дорог // Георадар-2002: Тез. докл. науч.-практ. конф. -М.: МГУ, 2002.

25. ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина  
I. Проектування. Частина II. Будівництво