

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І ГОСПОДАРСТВА
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему «Конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1929-мбг-з

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код і назва спеціальності)

освітньої програми «Міське будівництво та господарство»

(код і назва освітньої програми)

Гергец В.М.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Фостащенко О.М.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н. Савін В.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

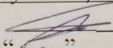
Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра _____ Міського будівництва та господарства
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність _____ 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва)
Освітня програма _____ «Міське будівництво та господарство»
(шифр і назва)
Спеціалізація _____ -
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

завідувач кафедри міського будівництва та господарства
доцент А.В. Банах

« 28 » 03 20 20 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Гергец Вадим Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України

керівник роботи Фостащенко Олена Миколаївна,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «25» 05 2020 року № 599-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи грудень 2020 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Сучасний стан заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів. Дослідження довговічності асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу. Конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів. Охорона праці та техногенна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

АНОТАЦІЯ

Гергец В.М. Конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник О.М. Фостащенко. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра міського будівництва та господарства, 2020.

Дослідженні та узагальнені методичні підходи, що спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг, розроблені практичні заходи щодо підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу в умовах України.

Розроблені рекомендації щодо розрахунку основних показників, які визначають надійність конструкцій автомобільних доріг.

Ключові слова: ВІДНОВЛЕННЯ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ, ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ, ГЕОСИНТЕТИЧНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ, ТЕХНОЛОГІЯ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛІНГУ

Список публікацій магістранта:

1. Гергец В.М. Відновлення конструкцій нежорстких дорожніх одягів - тези доповіді на XIII університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2020» – Запоріжжя: ЗНУ, 2020. – Т.5. – 280 с. с. 174.

ABSTRACT

Gergets V.N. Constructive measures for the restoration of non-rigid road pavements in the conditions of Ukraine.

Qualifying final work for obtaining a master's degree in higher education in specialty 192 - Construction and civil engineering, scientific supervisor A.N.

Від 32 листів слайдів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методів, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Фостащенко О.М., доц. каф.МБГ		
Розділ 2	Фостащенко О.М., доц. каф.МБГ		
Розділ 3	Фостащенко О.М., доц. каф.МБГ		
Розділ 4	Фостащенко О.М., доц. каф.МБГ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Сучасний стан заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів	1 жовтня	
2	Розділ 2. Дослідження довговічності асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу	1 листопада	
3	Розділ 3. Конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів	1 грудня	
4	Розділ 4. Охорона праці та техногенна безпека	1 грудня	

Студент Гергец В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) Фостащенко О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Фостащенко О.М.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Fostaschenko. Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Urban Construction and Economy, 2020.

Research and generalized methodological approaches aimed at improving the reliability of highways, developed practical measures to increase the durability of non-rigid road pavement in Ukraine.

Recommendations have been developed for the calculation of the main indicators that determine the reliability of road structures.

Key words: RESTORATION OF LONG ROAD CLOTHING, INCREASING THE RELIABILITY OF ROAD STRUCTURES, GEOSYNTHETIC MATERIALS, DESIGN MEASURES, COLD RECYCLING TECHNOLOGY

List of publications of the master student:

1. Gertsets V.M. Renovation of the design of non-corrosive road clothes - theses of additional information at the XII University of Science and Practice Conference of students, graduate students and young students "Young Science-2020" - Zaporizhzhia: ZNU, 2020. - Vol.5. - 280 p. from. 174.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ЗАХОДІВ З ВІДНОВЛЕННЯ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ	10
1.1 Сучасний стан і проблеми конструювання нежорстких дорожніх одягів.	10
1.2 Аналіз сучасних технологій для відновлення нежорстких дорожніх одягів	14
1.3 Дослідження колійності на покритті нежорсткого дорожнього одягу	16
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ	29
2.1 Обґрунтування вибору раціональної конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг	29
2.2 Вимоги щодо застосування геосинтетичних матеріалів в дорожніх конструкціях	43
2.3 Армування земляного полотна	46
2.4 Вимоги до вкладання геосинтетичних матеріалів	52
2.5 Розділяння зернистих шарів геосинтетичними матеріалами	57
РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ З ВІДНОВЛЕННЯ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ	58
3.1 Конструктивні заходи з підвищення довговічності дорожнього одягу з поперечними тріщинами в асфальтобетонному покритті	58
3.2 Конструктивні заходи з технології армування асфальтобетонного покриття з відновлення нежорстких дорожніх одягів з поперечними температурними тріщинами	63
3.3 Конструктивні заходи з відновлення асфальтобетонних покриттів в зоні каналізаційних люків	67
3.4 Армування і стабілізація укосів	71
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	92
ВИСНОВКИ	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	99

ВСТУП

Актуальність проблеми. Для України найбільш поширеними є конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу. Серед сучасних технологій відновлення нежорстких дорожніх одягів найбільш передовою є технологія холодного ресайклінгу.

Автомобільні дороги України, які запроєктовані на навантаження 60 кН/вісь, швидко руйнуються, оскільки більшість сучасних автотранспортних засобів мають дещо інші розрахункові параметри (100 – 130 кН/вісь). Тому проблема сьогодення – це підвищити вимоги до транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг. У зв'язку з цим виникає потреба розробки оптимальної конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу.

Наявність в Україні потенційно великого обсягу робіт з ремонтів та реконструкції автомобільних доріг з асфальтобетонним покриттям дозволяє прогнозувати масштабне впровадження різних технологій ресайклінгу дорожнього асфальтобетону.

Згідно зі світовою практикою дорожнього будівництва, технології ресайклінгу дорожнього асфальтобетону класифікують у залежності від виду і призначення робіт та діапазону технологічних температур процесів виготовлення і застосування регенованих сумішей наступним чином [3]:

- гарячий ресайклінг – промисловий ресайклінг з виготовленням регенованих гарячих асфальтобетонних сумішей (РГС) у змішувальних установках (Hot Recycling; HR);

- гарячий ресайклінг методом «на дорозі» – ресайклінг з виготовленням регенованих гарячих асфальтобетонних сумішей змішуванням на дорозі (Hot-in-place recycling; HIR);

- холодний ресайклінг – промисловий ресайклінг з виготовленням регенованих холодних сумішей у змішувальних установках (Cold Recycling; CR);

- холодний ресайклінг методом «на дорозі» – ресайклінг з виготовленням регенованих холодних сумішей змішуванням на дорозі з обробкою матеріалу на неповну товщину асфальтобетонного шару (Cold-in-place-recycling; CIPR);

- глибока регенерація [дорожнього одягу] – холодний ресайклінг матеріалу на повну товщину асфальтобетонного шару з використанням дисперсних матеріалів розташованого нижче шару (Full-depth-reclamation; FDR). Методи гарячого ресайклінгу призначають при влаштуванні (ремонті) шарів асфальтобетонного покриття, методи холодного ресайклінгу – переважно для влаштування укріплених або стабілізованих шарів основ дорожнього одягу.

У даній роботі наведені конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України.

Виходячи з вищевикладеного, розробка конструктивних заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України є однією з головних складових підвищення надійності функціонування доріг.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Випускна робота виконана відповідно з планами науково-дослідних робіт кафедри міського будівництва та господарства Запорізького національного університету. В основу роботи покладено теоретичні дослідження та практичні розробки конструктивних заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України.

Метою роботи є дослідження та розробка конструктивних заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачене рішення наступних задач:

- проаналізувати та узагальнити методичні підходи спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг;

- проаналізувати нормативну базу та результати досліджень щодо сучасних конструктивних заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів;
- проаналізувати стан питання забезпечення довговічності дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям;
- навести конструктивних заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів;
- розробити практичні заходи щодо підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу.

Об'єкт дослідження – конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів.

Предмет дослідження є впровадження сучасних конструктивних заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України.

Методи дослідження. В процесі опрацювання роботи застосовано метод аналізу та узагальнення; теоретичних досліджень, заснованими на сучасних досягненнях в області теорії та практики підвищення надійності конструкцій автомобільних доріг згідно сучасних нормативних документів.

Джерела дослідження. Під час дослідження теми були використані наукові статті в періодичних виданнях, монографії, дисертаційні рукописи, збірки тез доповідей науково-практичних конференцій, інтернет-ресурси наукових електронних бібліотек.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- досліджені та узагальнені методичні підходи спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг;
- проаналізована нормативна базу та результати досліджень щодо сучасних конструктивних заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів;
- проаналізован стан питання забезпечення довговічності дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям;

- наведені конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів;
- розроблені практичні заходи щодо підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу.

Практичне значення одержаних результатів полягає у дослідженні та узагальненні методичних підходів, що спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг; наведені результати досліджень щодо сучасних методів підвищення надійності автомобільних доріг, наведені конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів; розроблені практичні заходи щодо підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу умовах України.

Результати запропонованої роботи можуть бути використані всіма учасниками будівельного проекту на стадії його реалізації.

Особистий внесок автора. Наведені конструктивні заходи спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг в умовах України. Розроблені рекомендації з комплексного підвищення конструктивних заходів з відновлення міцності нежорстких дорожніх одягів в умовах України.

Відомості про апробацію результатів роботи. Апробація роботи – за результатами досліджень опубліковано тези доповіді на XIII університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2020».

Відомості про публікації здобувача. Відновлення конструкцій нежорстких дорожніх одягів - тези доповіді на XIII університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2020» – Запоріжжя : ЗНУ, 2020. – Т.5. – 280 с. с. 174.

Структура та обсяг магістерської роботи. Робота складається з вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 104 сторінках, 9 таблиць, 20 рисунків. Для написання даної роботи використано 53 літературних джерела.

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ЗАХОДІВ З ВІДНОВЛЕННЯ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

1.1 Сучасний стан і проблеми конструювання нежорстких дорожніх одягів

На сучасному етапі розрахунок та конструювання дорожніх одягів нежорсткого типу в Україні регламентується нормативним документом ГБН В.2.3-37641918-559 «Дорожній одяг не жорсткий. Проектування». Згідно із цими нормами розрахунок та конструювання дорожніх одягів нежорсткого типу здійснюється за трьома критеріями:

- допустимим пружним прогином;
- опором зсуву у ґрунтах і шарах із малозв'язних матеріалів;
- опором розтягу при згині.

Відомі вчені-дорожники В.О. Богомолів, С.В. Богомолів, В.К. Жданюк вказують на певні недоліки існуючої методики розрахунку і конструювання дорожніх одягів нежорсткого типу [108]:

- не має можливості отримати повні тензори напружень і деформацій в кожній точці півпростору;
- має місце проблема оцінки точності отриманих рішень;
- неможливо врахувати взаємний вплив колісної формули автомобіля та одночасний рух декількох автомобілів на НДС конструкцій дорожніх одягів;
- важко оцінити вплив міжшарового зчеплення на значення напружень,

переміщень і деформацій в елементах конструкцій дорожнього одягу.

Встановлено, що для значної кількості транспортних засобів з відстанню між осями більше ніж 1,3 м, нормативне за ГБН В.2.3-37641918-559 навантаження перевищує розрахункове. Це означає, що для доріг III категорії і нижче, дозволений пропуск транспортних засобів з навантаженням

на вісь, яке перевищує допустиме. За останні роки на автомобільних дорогах України суттєво зросла частка важких багатовісних багатоколісних автотранспортних засобів. Тому як для нових, так і для експлуатованих доріг додається проблема міжнародного транзиту, яка допускає навантаження до 130 кН/вісь.

Розрахунок дорожніх одягів нежорсткого типу згідно з сучасними нормами спирається на те, що конструкція працює чисто в пружній стадії.

Однак в даному випадку мають місце й мікропластичні деформації, які неодмінно призведуть до виникнення залишкових.

Розвиток досліджень в сфері розрахунку і конструювання нежорстких дорожніх одягів пройшов декілька етапів.

В кінці 30-х років XX ст. В.Ф. Бабков, А.К. Біруля, А.А. Іноземцев, М.Б. Корсунський досліджували розподіл напружень в ґрунті земляного полотна [35, 36]. Вчені знайшли напівемпіричні залежності, які дали можливість обчислювати вертикальні нормальні напруження і вертикальні переміщення по осі навантаження, що рівномірно розподілене по площі круга.

Результатом цих досліджень є створений в 1943 р. метод розрахунку дорожніх одягів нежорсткого типу («Метод СоюздорНДІ»), який мав величезні переваги перед існуючими на той час закордонними методами, оскільки був чітко сформульований критерій граничного стану – максимальне вертикальне переміщення поверхні покриття.

Було досліджено, що в деяких випадках дорожні конструкції, які розраховані за методом СоюздорНДІ, володіють зайвим запасом міцності [35, 36].

В 1942 – 1953 рр. Г.С. Шапіро, Б.І. Коган, Р.М. Раппопорт та Д. Бурмістр отримали точне рішення першої граничної вісесиметричної задачі теорії пружності для багатшарового півпростору при дії нерухомого навантаження [35–38].

При проектуванні дорожніх одягів за розрахункові приймають нормовані навантаження згідно ДБН В.2.3-4, що відповідають граничним навантаженням на вісь автомобілів (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 - Нормовані навантаження, що відповідають граничним навантаженням на вісь автомобілів

Група розрахункового навантаження	Нормативне статичне навантаження на вісь, кН	Нормативне статичне навантаження на поверхню покриття від колеса розрахункового автомобіля, Qрозр, кН	Розрахункові параметри навантаження		
			p, МПа	Dн, см	Dд, см
A1	115	57,5	0,80	30,0	34,5
A2	100	50	0,60	33,0	37,0
Б	60	30	0,50	28,0	32,0

Значення сумарного коефіцієнта приведення визначають за формулою:

$$S_{i\text{сум}} = \sum_1^m S_n, \quad (1.1)$$

де n – число осей у даного транспортного засобу для приведення якого до розрахункового навантаження визначають коефіцієнт $S_{i\text{сум}}$,

S_n – коефіцієнт приведення номінального динамічного навантаження від колеса з кожної із n осей транспортного засобу до розрахункового динамічного навантаження.

Дослідженням НДС дорожнього одягу нежорсткого типу з використанням співвідношень МСЕ в Україні займались: Н.О.Арсеньєва [65], Н.В. Довгополова, Н.В. Сметанкіна, С.В. Угрімов, С.В. Довгополов [118, 119, 120]. Вчені розглянули питання математичного моделювання НДС багатоплощинних пластин на пружній основі при статичному навантаженні.

В Україні використання МСЕ при розрахунку дорожніх одягів ще не

набуло такого розвитку, як за кордоном. Розрахунку асфальтобетонних покриттів на основі МСЕ з урахуванням термопластичних властивостей присвячені роботи Н.О. Арсенєвої та Є.В. Дорожко [65, 121]. Науковці виконали розрахунок конструкцій дорожніх одягів у програмному комплексі ANSYS. За результатами чисельного моделювання НДС конструкцій нежорстких дорожніх одягів Н.О. Арсенєва розробила розрахункові таблиці для визначення напружень в асфальтобетонних шарах покриття з урахуванням їх термопластичних властивостей [65]. Дорожко Є.В. виконав розрахунок НДС тонкого асфальтобетонного шару на цементобетонній плиті. При цьому вчений врахував час дії транспортного навантаження та температурного деформування [121].

В.П. Матуа [55, 56, 57] здійснив свого роду революцію в сфері розрахунку і конструювання нежорстких дорожніх одягів. Вчений розробив чисельний метод рішення динамічних задач в просторовій постановці.

Використовуючи МСЕ, В.П. Матуа отримав рішення задач про напруження і переміщення, які виникають в анізотропній і багатоплощинній дорожній конструкції при рухомому навантаженні. Науковець виконав порівняльний аналіз НДС дорожніх конструкцій при використанні таких розрахункових моделей: плоска деформація, вісесиметрична і просторова постановки задачі [55].

В.П. Матуа дійшов до висновку, що для достовірного відображення роботи дорожньої конструкції в реальних умовах її експлуатації повинна бути використана просторова задача. Вчений дослідив динаміку накопичення залишкових деформацій в поздовжньому і поперечному напрямках автомобільної дороги.

Таким чином, на сучасному етапі розрахунок та конструювання дорожніх одягів нежорсткого типу в Україні регламентується нормативним документом ГБН В.2.3-37641918-559 «Дорожній одяг не жорсткий. Проектування».

1.2 Аналіз сучасних технологій для відновлення нежорстких дорожніх одягів

Серед сучасних технологій відновлення нежорстких дорожніх одягів найбільш передовою є технологія холодного ресайклінгу.

Розвиток сучасних технологій холодного ресайклінгу як в Україні, так і за кордоном, йде шляхом пошуку нових в'язучих речовин і добавок [4, 5, 6]. В 1986 році французька фірма Colas запропонувала комбіновану в'язучу речовину, яка мала назву «Стабіколь». Вона являє собою суміш гідравлічного в'язучого з бітумною емульсією [5, 6].

В деяких країнах світу були розроблені рекомендації по розрахунку товщини відновлених шарів із застосуванням цементу [4, 5, 6]. Відновлення конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу здійснювалося ресайклером WR2500 та суспензатором WM400 фірми Wirtgen. Ресайклінг здійснювався із використанням комбінованого в'язучого (бітум БНД 90/130 – 2,2-3 %; цемент М500 – 3,5-4 %; вода – 2%).

В 1996-1997 роках технологія холодного ресайклінгу була реалізована при реконструкції головної ділянки автомагістралі М1 «Беларусь» [5, 6].

Значний внесок в розвиток технології холодного ресайклінгу зробив російський вчений Бахрах Г.С [11–14], який досліджував властивості асфальтогранулобетону (АГБ), починаючи з 1985 року. Дослідженнями було показано, що найбільш високу відновлюваність мав АГБ на комплексному в'язучому. Були досліджені цементно-асфальтобетонні суміші, в яких змінювався склад бітуму і емульсії. Мінеральна частина складалася із піску та мінерального порошку. Підбір суміші проводили за методикою, яка була прийнята для асфальтобетону. Результати досліджень зразків з деяких сумішей показали, що цементно-асфальтовий бетон має значно більші показники міцності, модуля пружності, водо- і морозостійкості порівняно з матеріалом на основі бітумної емульсії. Матеріал, який містив у своєму складі бітумну емульсію і цемент в якості в'язучих, в період свого

формування менш чутливий до впливу погодно-кліматичних факторів [12].

Дослідженням властивостей АГБ із застосуванням асфальтового грануляту без додавання заповнювача займався німецький вчений Glet W. [20].

На основі результатів експериментальних досліджень науковець зробив висновок, що найбільш оптимальними є склади сумішей, які мають відношення цементу до бітуму (Ц/Б) від 40/60 до 50/50.

Процес формування структури АГБ на комплексному в'язучому досліджували такі вчені: Ребіндер П.А. [21], Риб'єв І.А. [22], Сьоньї Г.К., Усманов К.Х., Файнберг Е.С. [23]. Цими дослідженнями було показано, що міцність коагуляційних зв'язків залежить від властивостей та товщини шару бітуму, а також від особливостей взаємодії мінеральних матеріалів із органічним в'язучим.

Сучасна технологія холодного ресайклінгу України є менш розвиненою, ніж за кордоном. Аналіз останніх досліджень і публікацій в сфері холодної регенерації нежорстких дорожніх одягів показав, що в Україні та світі протягом останніх тридцяти років значна увага приділялася таким напрямкам:

- удосконалення технології;
- удосконалення машин і механізмів для здійснення холодного ресайклінгу;
- удосконалення підходів до призначення складу ресайклірованої органо-мінеральної суміші;
- розширення видів в'язучих речовин;
- удосконалення видів добавок.

Вибрати оптимальну конструкцію дорожнього одягу практично неможливо без оцінки її міцності та деформативності. На основі оцінки напружено-деформованого стану дорожньої конструкції приймаються рішення про: необхідність виконання ремонтно-відновлювальних робіт за тією чи іншою технологією та призначення товщини конструктивних елементів дорожнього одягу.

1.3 Дослідження колійності на покритті нежорсткого дорожнього одягу

При експлуатації дорожнього покриття на його поверхні з'являються й накопичуються різні пластичні деформації у вигляді колії, що пов'язане з недостатньою деформаційною стійкістю асфальтобетонних шарів, незв'язних шарів та основи конструкції дорожнього одягу.

Колія є результатом деформування поперечного профілю проїзної частини у вигляді поглиблень по смугах накату із гребенями або без гребенів випору.

Конструкція нежорсткого дорожнього одягу сприймає різні види статичного й динамічного впливу від навантаження коліс автомобільного транспорту, що призводить до зворотних та незворотних деформацій, від характеру й величини яких залежить термін служби автомобільної дороги.

Також під час експлуатації автомобільної дороги в результаті впливу природно-кліматичних факторів, характеристики будівельних матеріалів та постійного зростання інтенсивності руху зі швидкістю і вантажопід'ємністю автотранспортних засобів конструкція дорожнього одягу, навіть при дотриманні норм проектування та будівництва, втрачає поздовжню та поперечну рівність. В ній відбувається інтенсивне накопичення пластичних деформацій, в наслідок чого різко підвищується динамічний вплив від руху автомобілів на конструкцію дорожнього одягу та знижується безпека руху.

Процес утворення колії супроводжується накопиченням залишкових деформацій і структурних руйнувань і може відбуватися як в одному, так й у декількох шарах дорожньої конструкції.

Зміна транспортних навантажень вимагає постійного вдосконалювання конструкцій дорожніх одягів і методів їх розрахунку.

В дослідженнях деяких авторів було детально розглянуто питання виникнення прогинів дорожньої конструкції під автомобільним транспортом. Вертикальні деформації приводять до виникнення напружень, які проникають на значну глибину дорожньої конструкції.

Результати дослідження свідчать, що напруження, які виникли на поверхні покриття, визначаються за інших рівних умов сумою нормальних сил, переданих на горизонтальну поверхню покриття пневматичними колесами нерухомого автотранспортного засобу. Було виявлено, що величина прогину конструкції збільшується зі збільшенням питомого тиску від колеса автомобіля на автомобільну дорогу та зменшенням його площі відбитку.

Внаслідок багаторазового навантаження, від руху транспортних засобів, відбувається накопичення незворотних деформацій, що проявляють в утворенні поздовжньої деформації – колії асфальтобетонного покриття. Колія асфальтобетонного покриття являє собою поглиблення поздовжнього напрямку на проїзній частині, що утворилися по смузі накату під дією транспортних засобів.

Також горизонтальні напруження у верхньому шарі дорожнього покриття виникають при гальмуванні й прискоренні автомобільного транспорту і призводять до появи хвиль, що беруть участь у процесі утворення незворотних деформацій, які в свою чергу залежать від транспортного потоку.

Відмінність динамічного від статичного навантаження полягає в наступному:

- при динамічному навантаженні виникають менші вертикальні деформації, що зумовлено часом дії навантаження;
- хвильові процеси на поверхні покриття збільшуються зі збільшенням швидкості руху транспортних засобів;
- при динамічному навантаженні напруження по глибині конструкції дорожнього одягу й у ґрунті земляного полотна загасає швидше;
- релаксація дорожнього одягу проходить за час, еквівалентний періоду пружної хвилі, що поширюється від транспортного засобу.

Циклічне повторення навантаження з послідовним збільшенням кількості циклів навантаження веде до росту дефектів. Однак вплив ненормативних

навантажень на покриття при циклічному впливі інтерпретується як лінійна інтегральна величина, що не дає реальної картини фізичних процесів при утворенні залишкової деформації в асфальтобетонному покритті.

Тенденція навантаження на конструкцію дорожнього одягу свідчить про вплив великовантажних транспортних засобів з осьовими навантаженнями, що перевищують розрахункове, установлене чинними нормативними документами на проектування нежорстких дорожніх одягів [1]. Для приведення розрахункових навантажень до реальних дорожніх умов у нормативній документації прийнято навантаження 115 кН, але й воно вже не відповідає тенденціям розвитку автомобільного транспорту.

Недооцінка впливу величини транспортного потоку приводить до зниження міцності дорожньої конструкції, що проявляється в передчасній деформації дорожнього покриття.

Також під впливом колісного навантаження на покритті утворюється чаша прогину, величина якої залежить від часу й величини прикладеного навантаження. Чаша прогину характеризується радіусом кривизни поверхні покриття під колесом автомобіля й діаметром, завдяки даним параметрам враховується спільна робота покриття й основи, яка в свою чергу передає навантаження на ґрунт земляного полотна, фізико-механічні характеристики якого враховуються при розрахунку дорожніх одягів. При проектуванні й оцінці міцності нежорстких дорожніх одягів пружний прогин є головним показником міцності.

Вплив повторного навантаження на асфальтобетонне покриття походить від всіх видів транспортних засобів у транспортному потоці з характерним часом дії: від вантажного транспорту, що рухається з невеликою швидкістю, і від легкового, що має менший час впливу на конструкцію нежорсткого дорожнього одягу.

Під час експлуатації автомобільної дороги відбувається руйнування покриття, що в свою чергу прискорюється зі збільшенням транспортного потоку. Кількість і час дії прикладеного навантаження впливає на втомне

руйнування шарів нежорсткого дорожнього одягу, що проявляється в утворенні незворотної деформації верхнього шару покриття у вигляді колії асфальтобетонного покриття та виникнення тріщин на покритті.

Результати досліджень свідчать, що вплив транспорту на появу деформацій і руйнувань проявляються при збільшенні інтенсивності руху й скороченні часу між проїздами автомобілів. Зі збільшенням інтенсивності потоку руху, коли час між проїздами автомобілів стає мінімальним, конструкція нежорсткого дорожнього одягу не в повній мірі релаксується від впливу колісного навантаження попереднього автомобіля й на нього накладається вплив наступного. Це спричиняє збільшення прогину, що приводить до накопичення внутрішніх напружень у матеріалі, що містить органічні в'язучі речовини.

Особливий вплив на міцність конструкції нежорсткого дорожнього одягу мають і природно-кліматичні фактори.

Температура покриття впливає на властивості матеріалів, що містять органічні в'язучі речовини. Збільшення температури сприяє зміні фізико-механічних властивостей асфальтобетону, при підвищених температурах знижується модуль пружності і зсувостійкість та підвищується пластичність.

Зволоження ґрунту земляного полотна й ряду матеріалів, використовуваних в нежорсткому дорожньому одязі, спричиняє зниження їх міцнісних і деформаційних показників.

Крім того, зменшення розміру зерен мінеральної частини носить лінійний характер зниження величини опору зсуву, як наслідок на процес колієутворення впливає певний підбір матеріалів, вибір складу суміші, ступінь ущільнення, що дозволяє створити твердий структурний каркас.

З огляду на зовнішні фактори впливу у вигляді температури й транспортного навантаження, взаємозалежні із внутрішніми процесами зміни структури й складу асфальтобетону, а також з технологією

будівництва й конструкцією нежорсткого дорожнього одягу, можна прогнозувати утворення колії.

Причину утворення залишкових деформацій конструкції дорожнього одягу, можна розділити на види:

- стирання верхнього шару асфальтобетонного покриття внаслідок впливу коліс автомобілів без руйнування нижчерозташованих асфальтобетонних шарів;

- доуцілення верхнього шару асфальтобетонного покриття, викликане впливом коліс автомобілів, без ознак руйнування нижчерозташованих асфальтобетонних шарів;

- виникнення пластичних деформацій всіх асфальтобетонних шарів покриття й основи. Це відбувається внаслідок осідання і додаткового ущільнення нижчерозташованих шарів дорожньої конструкції під дією важкого транспорту й інтенсивного транспортного потоку та високій температурі повітря і покриття влітку, низькі фізико-механічні властивості асфальтобетону;

- накопичення залишкових деформацій у нестабільних шарах дорожнього одягу, розташованих нижче шарів покриття, або в земляному полотні;

- незадовільні властивості асфальтобетону конструктивних шарів до існуючих вимог експлуатації асфальтобетонного покриття. Внаслідок чого виникають напливи, зсуви, хвилі;

- виникнення пластичних деформацій внаслідок впливу природно-кліматичних факторів.

Недостатня зсувостійкість шарів асфальтобетонного покриття або асфальтобетонної основи приводить до перерозподілу матеріалу покриття, сприяючи більш інтенсивному колієутворенню. При цьому відбуваються стирання верхнього шару покриття в смугі накату, доуцілення шарів дорожнього одягу, відшаровування верхнього шару, пластичне деформування шарів дорожнього покриття.

процесів накопичення незворотних пластичних деформацій у вигляді колії в асфальтобетонних шарах дорожніх одягів

Робоча гіпотеза в узагальненому вигляді полягає у тому, що підвищеної колієстійкості асфальтобетонних шарів дорожніх одягів можливо досягти шляхом збільшення внутрішнього тертя, теплостійкості і еластичності бітуму, та мікроармуванням мікроструктурної складової асфальтобетону.

Дослідженнями встановлено, що під впливом транспортних засобів при високих літніх температурах в асфальтобетонних покриттях дорожніх одягів колієутворення розвивається поступово зі збільшенням кількості прикладених навантажень.

Чим більша величина навантаження та менша постійна часу релаксації напружень, тим більша величина залишкових деформацій, що накопичуються у матеріалі. В результаті багаторазових навантажень у верхньому шарі асфальтобетонного покриття з'являється сумарна залишкова деформація, яка за своєю величиною може виявитись критичною та привести до руйнування покриття.

Рухомий склад сучасних транспортних засобів поділяється на три групи розрахункового навантаження А1, А2 та Б з тиском на покриття, відповідно, 0,8 МПа, 0,6 МПа та 0,5 МПа. Очевидно, що чим більший тиск, тим більший вплив транспортного засобу на асфальтобетонне покриття і конструкцію дорожнього одягу в цілому. Це, за недостатньої зсувостійкості асфальтобетону у шарі дорожнього одягу, може призвести до інтенсивного накопичення пластичних деформацій у вигляді колії, особливо за підвищених температур.

Процес колієутворення можливо розділити на дві стадії – стадію доуцілення асфальтобетону у шарі дорожнього одягу та стадію безпосереднього накопичення залишкових деформацій під впливом транспортних засобів.

На першій стадії, яка починається відразу після введення автомобільної дороги в експлуатацію, відбувається доуцілення асфальтобетонних шарів

дорожнього одягу під дією транспортного потоку, при умові, що шари основи є достатньо жорсткими та стійкими. При цьому інтенсивність доущільнення залежатиме від температури асфальтобетонного покриття та величини навантаження на вісь транспортних засобів, що рухаються по ньому. Висока температура та великовагові транспортні засоби сприятимуть швидкому доущільненню асфальтобетонів в шарах дорожнього одягу. Процес доущільнення можливо виразити як відносну зміну об'єму тіла $\frac{\Delta V}{V}$. Зміну об'єму асфальтобетонного шару ΔV при збільшенні тиску на ΔP можливо визначити як:

$$\Delta V = -V \cdot \alpha \cdot \Delta P \quad (1.2)$$

При вирішенні плоскої задачі:

$$\Delta h = -H \cdot \alpha \cdot \Delta P \quad (1.3)$$

де Δh – зміна товщини асфальтобетонного шару;
 H – початкова товщина асфальтобетонного шару;
 α – коефіцієнт зміни товщини асфальтобетонного шару.

В залежності від ступеня початкового ущільнення асфальтобетонних шарів, а також від величини навантаження на вісь транспортних засобів та інших факторів, глибина колії за рахунок доущільнення зростатиме до n_1 кількості проходів колеса з поступовим переходом на другу стадію.

Зазвичай вважається, що глибина колії 3 мм є очікуваною при доущільненні асфальтобетонних шарів дорожнього одягу і прийнятною.

Перехід на другу стадію характеризується рівновагою об'єму зони заглиблення у асфальтобетонному шарі покриття по смузі накату та об'єму бокових випорів в прилягаючих зонах до заглиблення (рис. 1.1; 1.2). Це свідчить про те, що стадія доущільнення рухомими транспортними

засобами після n_1 проходів завершена, а подальша стадія утворення колії обумовлена переміщенням матеріалу зі сталістю об'ємів. На цій стадії відбувається процес накопичення незворотних пластичних деформацій повзучості.

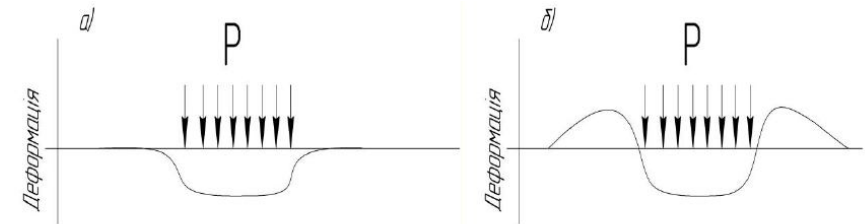


Рисунок 1.1 – Форма колії на першій (а) та другій (б) стадії колієутворення

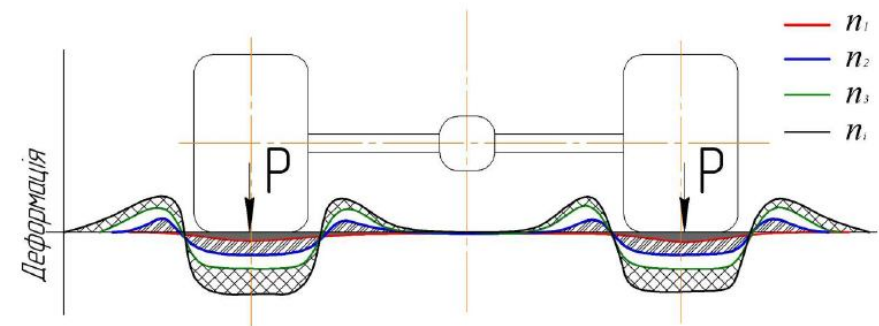


Рисунок 1.2 – Зміна профілю поверхні покриття дорожнього одягу при збільшенні кількості проїздів транспортних засобів

Інтенсивність накопичення незворотних пластичних деформацій (рис. 1.1) описується лінійною функціональною залежністю 1.4 у логарифмічній системі координат (рис. 1.2):

$$y = a + b \cdot (x_2 - x_1) \quad (1.4)$$

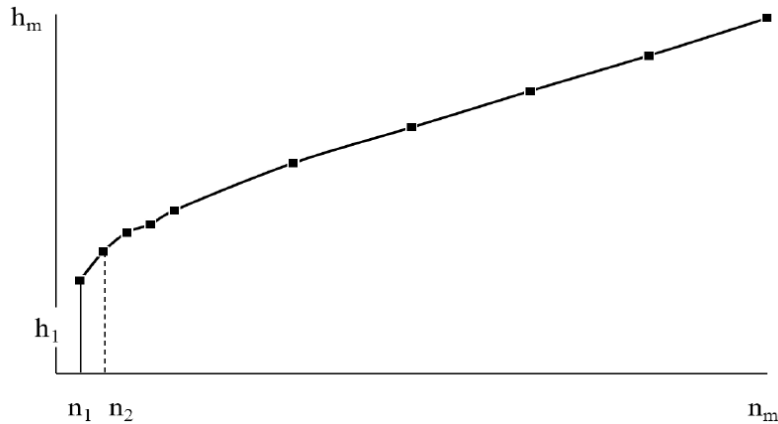


Рисунок 1.3 – Інтенсивність накопичення пластичних деформацій у натуральних координатах

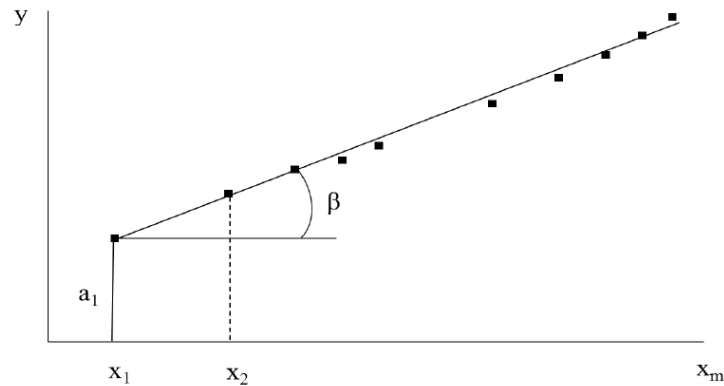


Рисунок 1.4 – Інтенсивність накопичення пластичних деформацій у логарифмічних координатах

Залежність 1.4 можливо записати:

$$\ln h = \ln h_1 + b \cdot (\ln n_2 - \ln n_1) \quad (1.5)$$

де h – глибина колії у натуральних координатах, мм;

$\ln h = y$ – глибина колії у логарифмічних координатах;

n – кількість проходів колеса у натуральних координатах;

$\ln n = x$ – кількість проходів колеса у логарифмічних координатах;

h_1 – глибина колії у натуральних координатах при n_1 проходах колеса, мм;

$\ln h_1 = a_1$ – глибина колії у логарифмічних координатах при $x_1 = \ln n_1$;

b – кутовий коефіцієнт прямої.

Маємо:

$$h_m = h_1 \cdot e^{b(\ln n_2 - \ln n_1)}$$

$$h_m = h_1 \cdot e^{b \cdot \ln \frac{n_2}{n_1}}$$

$$h_m = h_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^b \quad (1.6)$$

Таким чином, накопичення незворотних пластичних деформацій у виді колії h_1, h_2, \dots, h_m при n_1, n_2, \dots, n_m можливо описати рівнянням 1.6.

Інтенсивність накопичення пластичних деформацій характеризується відношенням послідуєючої кількості проходів колеса n_2 до попередньої кількості проходів n_1 у ступені b та помноженого на значення глибини колії, яка утворилася після завершення етапу доущільнення асфальтобетонних шарів дорожнього одягу. При цьому кутовий коефіцієнт прямої визначається як тангенс кута β між прямою та віссю x .

Можливо припустити, що кутовий коефіцієнт b буде змінним в залежності від структури та властивостей асфальтобетонів в шарах дорожнього одягу, величини навантаження на вісь транспортних засобів та температурних режимів роботи асфальтобетонних шарів.

Загально визнано, що довговічність асфальтобетонів у покритті залежить від їх структурних особливостей. Очевидно, що колієстійкість, як один із критеріїв довговічності асфальтобетонних шарів дорожніх одягів, теж

залежатиме від структури асфальтобетону. Характер процесу колієутворення може бути пояснений на підставі уявлень про наявність в асфальтобетонах мікроструктури, мезоструктури та макроструктури. Слід очікувати, що тому чи іншому типу макроструктури асфальтобетону (базальна, порова та контактна) буде властива різна стійкість до накопичення залишкових пластичних деформацій, тобто різна колієстійкість.

Базальній макроструктурі асфальтобетону властиве розташування окремих зерен щебеню в асфальтовому розчині. Порова макроструктура характеризується компактним розташуванням зерен щебеню, що контактують через відносно тонкі прошарки асфальтового розчину.

Контактній макроструктурі притаманний безпосередній контакт зерен щебеню через тонкі прошарки асфальтового в'язучого.

При малому вмісті щебеню в асфальтобетоні його міцність забезпечується переважно силами зчеплення, які залежать від міцності зв'язків в мікроструктурній частині. При цьому, окремо розташовані в асфальтовому розчині зерна щебеню мало впливають на внутрішнє тертя і тому слід очікувати найменшої колієстійкості асфальтобетонів з базальною макроструктурою.

При збільшенні вмісту щебеню у складі асфальтобетону спостерігається збільшення шорсткості площин ковзання, що сприяє зростанню внутрішнього тертя і утворенню контактів між окремими групами зерен щебеню. Таким асфальтобетонам характерна порова макроструктура, яка забезпечуватиме більшу колієстійкість матеріалу у шарі дорожнього одягу, порівняно з базальною макроструктурою.

При подальшому насиченні асфальтобетону щебенем у ньому створюється жорсткий каркас, завдяки контакту зерен через тонкі плівки асфальтов'язучої речовини, що забезпечує асфальтобетону з контактною макроструктурою найбільшу колієстійкість, порівняно з базальною та поровою макроструктурами.

Відомо, що збільшення середньої крупності зерен мінеральної частини асфальтобетонів супроводжується зменшенням величини питомої поверхні та збільшенням товщини плівок в'язучого, необхідного для укривання зерен.

Тому для встановлення найбільш колієстійкої макроструктури необхідно враховувати не тільки позитивну роль просторового каркасу із зерен щебеню, що забезпечує внутрішнє тертя асфальтобетону, але і вплив вмісту та властивостей бітумного в'язучого, яке, виконуючи роль «мастила», може значно знизити внутрішнє тертя. При цьому дослідженнями встановлено [13], що внутрішнє тертя не залежить від температури, швидкості деформування і знижується зі збільшенням вмісту бітуму, а внутрішнє зчеплення зменшується з підвищенням температури, зниженням швидкості деформування і збільшенням вмісту бітуму.

З урахуванням викладеного можливо спрогнозувати існування кореляційного зв'язку між коефіцієнтом внутрішнього тертя, зчепленням при зсуві та колієстійкістю асфальтобетонів.

Зважаючи на визначальний вплив бітумного в'язучого на фізико-механічні властивості та довговічність асфальтобетонів в шарах дорожнього одягу широкого практичного застосування набула технологія модифікації бітумів різними полімерними добавками. Відомо, що бітумам, модифікованим полімерами типу термоеластоластів, властиве пружне відновлення після зняття навантаження. Досягається це завдяки тому, що розчинений в бітумі термоеластоласт зміцнює структуру в'язучого за рахунок утворення просторової сітки із макромолекул. При цьому частина дисперсійного середовища бітуму переходить в адсорбційно-сольватний стан, що викликає збільшення в'язкості в'язучого, яка пов'язана з концентрацією введеного термоеластоласту. Завдяки наявності в об'ємі в'язучого просторової сітки із макромолекул полімеру бітум набуває еластичності та меншої термочутливості.

До найпоширеніших термоеластопластів відносяться полімери типу SBS (стирол-бутадієн-стирол), використання яких для модифікації бітуму надасть в'язучому еластичність та підвищену теплостійкість. Найбільш типовими представниками полімерів вказаного типу є «Kraton D1101 CM» лінійної структури. Для досягнення аналогічного ефекту при модифікації бітумів можливо також застосувати катіонний водний латекс «Butonal NS 198». Вказаний латекс по аналогії з полімером «Kraton D1101 CM» забезпечить бітуму еластичність, підвищену теплостійкість та, завдяки наявності катіонного емульгатора, покращить зчеплення бітуму з негативно зарядженою поверхнею мінеральних матеріалів.

Виходячи з викладеного можливо стверджувати, що відзначені властивості бітумополімерів у складі асфальтобетону дозволять матеріалу у покритті дорожнього одягу працювати в пружній стадії з мінімальною залишковою деформацією і, відповідно, сприятимуть підвищенню їх колієстійкості, порівняно з асфальтобетонами на основі традиційних бітумів.

Мінімізувати залишкові пластичні деформації в асфальтобетонних шарах дорожнього одягу можливо також шляхом введенням фіброволокон до складу асфальтобетонних сумішей на етапі їх приготування. Ефект зміцнення асфальтобетонів фіброволокнами ґрунтується на припущенні, що асфальтов'язуча речовина, як мікроструктурна складова асфальтобетонів, передає на армуючі волокна частину розтягуючих напружень, які виникають у матеріалі при прикладанні зовнішніх навантажень.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

2.1 Обґрунтування вибору раціональної конструкції дорожнього одягу автомобільних доріг

В даний час найбільш поширеним матеріалом для улаштування удосконалених покриттів доріг вищих категорій є асфальтовий бетон [48-66].

В США та країнах Європи вони складають більше 90 % від загальної протяжності доріг, по яких перевозиться більше 40 % вантажів.

В Україні теж дороги I-II технічної категорії влаштовані на 97 % з асфальтобетонним покриттям, завдяки цілому ряду переваг присутніх цьому матеріалу. Це висока ремонтоздатність, безшумність, безпильність, технологічність.

Зазвичай, у верхніх шарах дорожньої конструкції використовується гарячий щільний дрібнозернистий асфальтобетон типів «А» та «Б», властивості якого відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-119-2011 [55].

Гарячий асфальтобетон (асфальтобетона суміш) містить в'язуче – бітум марок БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60 та укладається за температури 140 - 160 °С. Формування структури закінчується після ущільнення котками.

За крупністю скелетних фракцій асфальтобетони поділяються на крупнозернисті, що містять фракції щебеню від 20 до 40 мм, дрібнозернисті 10 - 20 мм і піщані 0-5 мм.

За пористістю (щільністю) – залишковою пористістю асфальтобетони поділяють на щільні (об'єм пор – 3-5 %), пористі (об'єм пор – 5-10 %) і високопористі (об'єм пор – 3-5 %).

Асфальтобетон характеризується значною міцністю, водонепроникністю, водостійкістю, здатністю до пружних і пластичних деформацій, що

забезпечує дорожньому покриттю еластичність, шорсткість і високе зчеплення з автомобільними шинами.

Дослідженнями Г.К.Сюньї, Л.Б. Гезенцвея, М.В. Горелишева, І.В. Корольова, В.О. Золотарьова, А.О. Белятинського, К.В. Краюшкіної та інших [54, 56-59] доведено, що при об'єднанні бітуму з мінеральними складовими щебенем і піском відбувається взаємодія між цими компонентами з протіканням складних фізико-хімічних міжмолекулярних явищ, які виявляються не тільки при приготуванні суміші, а й при експлуатації покриття.

Ці явища дозволяють щільному асфальтобетону протистояти дії атмосферних опадів, дощу, снігу при таненні, випаровуванню, зберігати шар води на покритті, не дозволяючи йому просочитись у нижчерозташовані шари дорожнього одягу.

В результаті водостійкості щільного асфальтобетону, на ділянках доріг з невідповідними геометричними параметрами, складними умовами рельєфу місцевості і значною кількістю опадів, автомобільний транспорт піддається акваплануванню. Це призводить до незабезпечення безпеки і комфортності дорожнього руху, появи ДТП зі складними наслідками і взагалі переривання руху.

Пористий (дренуючий) асфальтобетон (залишкова пористість >10 %) – це штучний будівельний конгломерат, який являє собою суміш мінеральних матеріалів (щебеню, піску і мінерального порошку) з бітумом у зменшеній кількості і виготовлений у визначених технологічних режимах, може бути укладений і ущільнений у верхніх шарах дорожнього одягу, на ділянках автомобільних доріг з підвищеним рівнем небезпеки аквапланування. Пористий асфальтобетон призначений для швидкого відведення води з поверхні дороги.

В США пористий (дренуючий) асфальтобетон отримав назву «Open graded friction course (OGFC)» і використовується вже більше 60 років. Ці суміші були розроблені для підвищення рівня безпеки на дорогах в

районах з підвищеною кількістю атмосферних опадів. Підбір суміші використовувався таким чином, щоб в ущільненому матеріалі була система сполучених пор, по яких вода з поверхні дороги видаляється значно швидше ніж з покриття із щільних сумішей. Це досягається за рахунок особливостей гранулометричного складу суміші, значну долю в якій складає одномірний щебінь.

Значно ширше пористий (дренуючий) асфальтобетон почав використовуватись в США з 1980 років, коли почала діяти програма федерального дорожнього агентства (FHWA) по боротьбі із заносами на дорогах. FHWA разом з Національним центром досліджень асфальту (NCAT) розробили гранулометричні склади дреноуючих асфальтобетонних сумішей та визначили оптимальну кількість в'язучого.

ASTM D6932/D6932 M регламентує улаштування верхніх шарів зносу із пористих (дренуючих) асфальтобетонів для підвищення безпеки руху і попередження явища аквапланування автомобілів.

Для підвищення корозійної стійкості дреноуючого асфальтобетону рекомендується введення адгезійних добавок до бітуму. Для підвищення шорсткості поверхні покриття і ТЕП можливо додавання волоконних добавок різних видів (дисперсне армування асфальтобетонної суміші).

Крім США активне використання пористого (дренуючого) асфальтобетону проводилось в інших країнах – Японії, Великобританії, Нідерландах, Франції, Німеччині. На відміну від дреноуючих асфальтобетонів, що використовують в США, в Європі ці матеріали мають пористість 18-22 % (в США 15-16 %) і вимагають обов'язкового застосування полімерно-бітумного в'язучого.

В результаті накопиченого досвіду був розроблений нормативний документ EN 13108-7 Offenporiger Asphalt für Straßen und Verkehrsflächen, де наведені загальноєвропейські вимоги до складу і властивостей пористого (дренуючого) асфальтобетону.

Згідно цього документу, пористість визначена в межах 24-28 %, мінімальний вміст в'язучого бітуму 5,5-6,5 % в залежності від максимального розміру зерен щебеню не більше 20 мм. Рекомендується застосування модифікованого бітуму і целюлозного волокна як армуючої добавки.

В країнах ближнього зарубіжжя – Росії та Білорусі теж проводились роботи по використанню пористого (дренуючого) асфальтобетону у верхніх шарах покриття та основі дорожнього одягу [67-70].

Були розроблені вимоги до зернового складу і кількості бітуму, які наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вимоги до зернового складу і кількості в'язучого пористого асфальтобетону

Асфальто-бетонні суміші	Вміст зерен мінерального матеріалу, % дрібніше, мм												Орієнтовна витрата в'язучого (понад 100 %)
	40	25	20	15	10	5	2,5	1,25	0,68	0,31	0,14	0,07	
Крупнозернисті	95-100	76-92	68-88	58-82	47-74	30-65	24-50	17-38	12-28	7-17	4-8	2-6	2,5-3,5
Середньозернисті	-	95-100	95-100	72-90	58-60	35-65	24-50	17-38	12-28	7-17	4-8	2-6	2,5-3,5
Дрібнозернисті	-	-	-	95-100	63-85	35-65	24-50	18-38	12-36	8-22	4-15	2-8	2,5-4
Дрібнозернисті дроблені	-	-	-	-	100	83-83	68-83	45-67	28-50	18-33	10-20	4-8	3,0-4,5
Піщані з природного піску чи природні дроблені	-	-	-	-	-	95-100	74-93	53-86	37-75	22-58	12-35	4-8	3,0-4,5

Проведені дослідження свідчать, що використання пористих сумішей запропонованих зернових складів дозволяє отримати дренуючий асфальтобетон каркасної структури із властивостями, які відповідають щільному асфальтобетону.

Вимоги до фізико-механічних властивостей пористого (дренуючого) асфальтобетону наведені в таблиці 2.2.

Одним із головних показників тут є визначення коефіцієнту заповнення пор бітумом (Кзп), який є показником структури асфальтового бетону.

Таблиця 2.2 - Показники фізико-механічних властивостей пористого (дренуючого) асфальтобетону

Найменування показників	Значення показників для асфальтобетону	
	зернистого	піщаного
Пористість мінерального остова, % за об'ємом	16-22	<25
Коефіцієнт заповнення пор мінерального остову бітумом	0,35-0,37	0,30-0,35
Водонасичення, % за об'ємом	8,0-14,0	12,0-18,0
Набрякання, % за об'ємом, не більше	2,0	2,0
Границя міцності при стиску, Па (кгс/см ²)	12·10 ⁵ (12)	15·10 ⁵ (15)

При отриманні визначених значень Кзч, забезпечується постійний обсяг вільного бітуму в суміші при будь-якій щільності мінерального кістяка. Це забезпечує каркасність структури, нормативну міцність і довговічність асфальтобетону при експлуатації.

Дослідженнями С.Є. Кравченко [68] визначено, що для об'єктивної оцінки якості пористого крупнозернистого асфальтобетону необхідно розробити вимоги до показника міцності при 50 °С, який характеризує зсувостійкість покриття під дією високих літніх температур.

Білоруськими вченими [68-70] визначено, що для верхнього шару покриття краще всього використовувати пористий асфальтобетон, що вміщує:

- щебеневі матеріали фракцій: 20-40 мм – 20 % за масою; 5-20 мм – 25 % за масою;
- гранітний відсів дроблення: 0-5 мм – 35 % за масою;
- бітум БНД 70/100 4,0-4,5 % (понад 100 % суміші).

Така суміш забезпечує щільність в межах 2,49-2,51 г/см³ і водонасичення (W1) 5,0-5,8 %, тобто наближається до показника водонасичення для щільних асфальтобетонів (W) 3,0-3,5 згідно ДСТУ Б В.2.7-119. Зсувостійкість пористого асфальтобетону вищенаведеного складу визначається міцністю при стиску при 50 °С, яка знаходиться в межах 0,92-1,23 МПа, тобто коливання вмісту мінеральних складових можливе в межах 5-10 % за масою.

Улаштування асфальтобетонного покриття підбраного складу забезпечує високі транспортно-експлуатаційні показники асфальтобетонному покриттю і забезпечує відведення води в умовах підвищеного зволоження.

В Україні вчені Г.К. Сьоньї, М.І. Волков, І.М. Борщ, І.В. Корольов, В.О.Золотарьов, В.В. Мозговий [71-76] теж проводили дослідження (теоретичні і практичні) щодо визначення можливості улаштування верхнього шару покриття із пористого асфальтобетону.

Було визначено, що мінеральні зерна в асфальтобетонній суміші вкриті шаром бітуму, при ущільненні утворюють конгломератну трьохфазну систему

– мінеральний остов, бітум, повітря. Повітря знаходиться в міжзерновому просторі, не заповненому бітумом та в пустотах мінеральних зерен. Ці простори не заповнені бітумом, а заповнені повітрям і є залишковою або сумарною пористістю.

Взагалі, асфальтобетон являє собою систему структурних елементів різних величин, що обумовлює наявність пор різного розміру – диференціальна пористість [54, 77 - 80]. Умовно наявні пори в асфальтовому бетоні можна поділити на три групи в залежності від розміру:

- мікропори радіусом до 50 А;
- перехідні пори радіусом 50 А – 500 А;
- субмакропори радіусом 500 А – 3 μ;
- макропори радіусом 3 μ- 50 μ,

де А =10-8 см, а μ=10-4 см.

Але на основні характеристики асфальтобетону – міцність і водостійкість не впливає розмір пор. Їх значення залежать тільки від величини сумарної пористості.

Це пояснюється тим, що при збільшенні кількості бітуму в суміші, наприклад, від 10 до 11,5%, кількість мікропор зменшується, а вміст перехідних пор зростає. Міцність асфальтобетону теж зростає. Однак збільшення міцності ніяк не означає, що всі пустоти мінерального остова заповнені бітумом: з 28,5 % пустот мінерального остова 1/3 залишається незаповненими і складаються із перехідних пор, які вміщуються в мінеральних зернах і субмакропор, що знаходяться у між зерновому просторі.

Це відбувається внаслідок різниці температур приготування суміші (t=160 °С), укладання (t = 120-130 °С), при якій бітум зменшується в обсязі і відбувається втягування повітря при перемішуванні суміші.

В результаті проведених досліджень була визначена оптимальна кількість мінеральних складових і бітуму в пористому асфальтобетоні.

В Україні згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-119 дренуючий асфальтобетон поділяється на марки:

- пористий, із залишковою пористістю від 5 до 10 % (П);
- високопористий, із залишковою пористістю від 10 до 15 % (ВП).

За вмістом щебеню і піску пористий має тип А-Б від 35 до 73 % мінеральних складових, високопористий має тип А-Б, Д, від 35 до 70 % мінеральних складових.

Пориста і високопориста асфальтобетонна суміш гаряча (АСГ) має марку І і ІІ. Для приготування асфальтобетонної суміші пористої і високопористої використовується бітум в'язкий марки БНД 90/130.

Вимоги до зернового (гранулометричного) складу пористого асфальтобетону і фізико-механічних властивостей відповідно до ДСТУ Б В.2.7-119:2011 наведені в таблицях 2.3 - 2.4.

Незважаючи на проведені дослідження і розроблену нормативну

документацію, пористий (дренуючий) асфальтобетон не знайшов широкого застосування на дорогах України.

Таблиця 2.3 - Зерновий склад пористої асфальтобетонної суміші

Група а/б	Різновид гранулометрії	Тип гранулометрії	Вид	Вміст за масою, % мінеральних зерен, менших даного розміру, мм													
				40	25	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,31	0,14	0,071		
Пористий	Непереривчастий	А-Б	Кр.	100-95	99-97	97-70	94-57	76-45	65-27	50-18	38-10	28-7	22-4	15-3	8-2		
		А-Б	Др.	-	-	100-70	95-57	76-45	65-27	50-18	38-10	28-7	22-4	15-3	8-2		
	Переривчастий	А-Б	Кр.	100-95	99-96	96-65	92-54	88-42	65-30	62-25	65-18	65-12	40-8	22-5	8-2		
		А-Б	Др.	-	-	100-65	100-54	88-42	65-30	65-25	65-18	65-12	40-8	22-5	8-2		

Цей тип асфальтобетону має такі переваги: високі зчіпні характеристики за рахунок збільшеної кількості щебених фракцій, водопроникність, що зменшує кількість поверхневої води та кількість бризок води при дощовій погоді. Це призводить до зниження рівня небезпеки аквапланування та підвищення безпеки руху.

Крім цього, шорстка текстура поверхні пористого асфальтобетону дозволяє знизити рівень шуму, який виникає при взаємодії шини колеса з покриттям.

Однак, пористий асфальтобетон має ряд недоліків. Висока пористість є причиною зниженої міцності, прискореного старіння бітумного в'язучого в асфальтобетоні, оскільки кисень має доступ до більшої площі поверхні суміші, більш швидкого заморожування нижчезташованих шарів. Цей тип асфальтобетону не має тих теплоізоляційних властивостей, які має покриття із щільних сумішей. При зимовому утриманні на покриттях із пористого асфальтобетону не бажано використовувати за

піщано-соляну суміш та технічну сіль у чистому вигляді для ліквідації ожеледиці, тому що це призведе до засмічення пор і проникнення хлоридів у нижчезташовані шари дорожньої конструкції.

Таблиця 2.4 - Фізико-механічні вимоги до пористого і високопористого асфальтобетону

Назва показників	Норма для асфальтобетону марок	
	I	II
1. Пористість мінерального кістяка, % за об'ємом, для асфальтобетону: пористого щебеневого і піщаного, не більше високопористого щебеневого, не більше високопористого піщаного, не більше	23 24 -	23 24 28
2. Залишкова пористість, % за об'ємом, для асфальтобетону: пористого, не більше високопористого, не більше	10 15	10 15
3. Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 °С: пористого, не більше високопористого, не більше	1,8 1,4	1,5 1,2

Але сьогодні в Україні в достатній кількості є матеріали, які дають можливість застосувати пористий асфальтобетон підвищеної міцності. Це добавки до бітуму різних видів (адгезійні, модифікуючі, полімерні), які підвищують його довговічність. Для зимового утримання існує цілий перелік хімічних реагентів, які не допускають утворення ожеледиці і попереджають появу зимової слизькості. Але головне те, що з початку 90-х років в дорожній галузі широко використовуються геосинтетичні матеріали (ГМ) в різних шарах дорожніх конструкцій.

Геосинтетичні матеріали укладаються між шарами дорожньої конструкції як армуючі, капілярперериваючі, дренажні, розділюючі та укріплюючі прошарки.

Для відведення поверхневої води на ділянках з підвищеним рівнем небезпеки аквапланування, яка крізь пори пористого (дренуючого) асфальтобетону просочується в нижче розташований шар покриття і далі в товщу дорожнього одягу, попередження вологонакопичення в конструкції дорожнього одягу, збільшення міцності і довговічності, в роботі пропонується укладання під верхній шар покриття суцільного тканого геосинтетичного прошарку - базальтового суцільного полотна, просоченого полімерною речовиною, марки ПСБ-Д (просочене).

Така конструкція, запропонована автором, розроблена вперше, пройшла виробничу апробацію і зарекомендувала себе як ефективна для відведення поверхневої води з проїзної частини дороги, попередження появи аквапланування автомобілів.

Укладене базальтоне суцільне полотно марки ПСБ-Д (просочене) є в значному ступені додатковим конструктивним шаром, який підвищує опір навантаженням від рухомих автомобілів і сприяє рівномірному розподілу напружень, тобто покращенню напружено-деформованого стану всієї дорожньої конструкції [81-94].

Армований дорожній одяг являє собою композиційну конструкцію, в якій суміщуються характерні позитивні властивості двох різних матеріалів – асфальтобетону і геосинтетичного матеріалу.

Взагалі, ГМ – загальна класифікаційна термінологія для всіх видів матеріалів із штучної чи природної сировини, які використовуються в дорожньому будівництві та інших галузях.

Цей термін включає:

- геотекстильні матеріали: неткані водонепроникні суцільні полотна; ткані водонепроникні, не оброблені полімерним в'язучим або водонепроникні, оброблені полімерним в'язучим, суцільні полотна.

Неткані полотна отримують в результаті скріплення синтетичних волокон (путанки), укладених по площинах одна на одній елементарними нитками.

Скріплення може бути механічним – голколпробивне (проколювання чи прошивання) та термоз'єднання адгезійним чи когезійним (за допомогою клейкої речовини).

Геотекстильні полотна ткані виготовляються на ткацьких станках методом складання схрещених під прямим кутом полімерних або базальтових ниток. Вони розрізняються по вигляду ниток (кручена, вузькі смужки, зрощена нитка). За необхідності, додатково можуть скріплюватися місця поєднання ниток. Для забезпечення водонепроникності виконується просочення розчинами полімерів.

До геосинтетичних матеріалів належать: сітки просочені, плетені, в'язані, екструзійні та сітки з підкладкою – композиційні матеріали, сітчасті смуги (шириною до 1 м), стрічки, георешітки – плоскі та об'ємні (модульні, сотові);

До гідроізоляційних матеріалів належать: водонепроникні чи із незначним ступенем водонепроникності, бентонітові композити, геопластик із полімерного матеріалу.

До геосіток належать виготовлені з синтетичних волокон чи пластмас кристалеві структури з різними вузловими з'єднаннями і шириною отворів більше 10 мм для застосування з тією ж метою.

Розрізняють такі види геосіток: плетені, в'язані, укладені.

Сітка плетена – це сітка з отворами від 10 до 40 мм. Сітка в'язана виготовляється з синтетичних стрічок. В стрічках пробиваються отвори, розтягуються в одному чи обох напрямках (вздовж і впоперек). При витягуванні полімерні молекули орієнтуються в напрямку розтягування. При цьому міцність в напрямку розтягування збільшується, а подовження зменшується. Вузлові пункти не зміщуються, завдяки чому відбувається передача силового фактора між поздовжніми та поперечними перемичками.

Штамповані сітки виготовляються із полімерних листів шляхом продавлювання отворів розміром 10-20 мм.

Сітчасті смуги, стрічки розглядаються як сіткоподібні вироби. Стрічки можуть складатися, наприклад, із зєднаних смужок, а також об'єднаних між собою на одному рівні шарів ниток, зафіксованих полімерною оболонкою.

Георешітки мають розмір отворів від 70 до 100 мм.

Геосинтетичні матеріали (ГМ)

геотекстильні матеріали (ГТ)		віднесені до геотекстилю вироби (ГВ)	геосинтетичні ізоляційні матеріали (ГІ)			
тканинні (ГТ. Тк) не тканинні (ГТ. Н) в'язанні (ГТ. В)		георатки (ГР) геосітки (ГСіт) геосоти (ГС) геомати (ГМт) геопрощарки (ГПро)	полімерні (ГІ. П) бітумні (ГІ. Б) глинисті (ГІ. Г)			
геокомпозити (приклади деяких функцій)						
Розділяння	Фільтрування	Дренування	Армування	Захищення	Ізольовання	Протиерозійний захист
ГТ	ГТ + ГТ	ГПр + ГТ (+ГІ. П)	ГТ + ГТ	ГТ + ГТ	ГТ + ґрунт (бентоніт)	ГТ + ГС
ГТ + ГТ	ГТ + ГМт	ГСіт + ГТ (+ГІ. П)	ГТ + ГР АСМ	ГТ + ґрунт	ГІ. П + ґрунт (бентоніт)	ГР + ГМт
і т. д.	і т. д.	і т. д.	і т. д.	ГМт + ґрунт ГТ + ГМт ГТ + ГР і т. д.	ГСіт + ґрунт і т. д.	ГТ + насіння і т. д.

Рисунок 2.1 – Класифікація геосинтетичних матеріалів та область застосування

Композиційні матеріали являють собою сітку чи решітку з об'єднаних в площини з нетканим полотном товщиною не більше 1-2 мм (підложка). На основі досліджень А.О. Белятинського, К.В. Краюшкіної, В.К. Вирожемського, А.А. Рибальченко, В.Й. Заворицького та інших [5-6, 77, 84, 94] була розроблена класифікація геосинтетичних матеріалів, що наведена на рис. 2.1, 2.2.



а) геомембрани



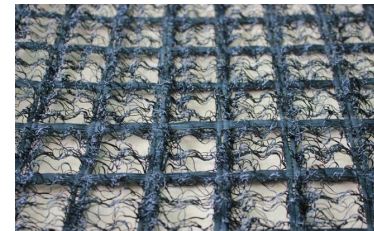
б) геотекстильні матеріали



в) геосітки



г) об'ємні георешітки



д) геомати



е) геосоти

Рисунок 2.2 – Геосинтетичні матеріали

Для раціонального вибору необхідно враховувати фізико-механічні характеристики геосинтетичних матеріалів, їх стійкість до впливу місцевих природно-кліматичних умов та до дії транспортних навантажень. Характерні особливості ГМ і галузі їх використання наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Фізико-механічні властивості ГМ і галузі їх використання

Вид ГМ	Вихідний матеріал	Галузь використання	Показники фізико-механічних властивостей
Геотекстильні полотна неткані механічно скріплені	Поліпропілен, поліефір, полівініл- хлорид	В нижніх шарах дорожньої конструкції, як розділюючі прошарки, дренажні, фільтруючі, захист від кольматації	Міцність при розриві, відносне подовження при розриві, модуль пружності
Термоскріплені	Поліпропілен	Армування верхніх шарів основи, відкосів насіпів, водовідведення	Міцність при проколюванні конусом, ефективна пористість, хімічна стійкість, щільність, товщина
Геотекстильні полотна ткані просочені (водонепроникні) стійкість, щільність, адгезія до асфальтобетону	Поліефір, поліпропілен, базальт (волокно)	Армування верхнього шару покриття і основи, укріплення відкосів насіпів, водовідведення з проїзної частини	Міцність при розриві, відносне подовження при розриві, модуль пружності, границя повзучості, хімічна
Сітки плетені, в'язані, екструзійні, просочені (волокно)	Поліпропілен, поліамід, скло, базальт	Армування всіх шарів дорожнього одягу, улаштування спайних ростверків, захист від відображених тріщин	Міцність при розриві, відносне подовження при розриві, модуль пружності, границя повзучості
Сітчасті смуги	Поліетилен, поліпропілен, поліамід, базальт		Хімічна стійкість, щільність, коефіцієнт зовнішнього тертя
Георешітки плоскі	Поліетилен, поліпропілен	Укріплення відкосів насіпів, виїмок на підходах до штучних споруд, армування верхніх шарів дорожніх конструкцій, влаштування дренажів всіх типів	Міцність при розриві, міцність стиків, морозостійкість і хімічна стійкість
Георешітки об'ємні, модульні, сотові	Поліетилен, поліпропілен		
Гідроізоляційні матеріали	Поліпропілен, бентоніт та інші видами плоскої форми	Улаштування повністю водонепроникних елементів, геотехнічних та дорожніх конструкцій	Водонепроникність, міцність при розриві, відносне подовження при розриві, товщина, щільність

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 2.5, видно, що для відведення зайвої кількості води, що з'являється під час опадів – дощу та снігу з одночасним армуванням дорожнього одягу, найбільш підходить тканий просочений водонепроникний геотекстильний матеріал, а саме: базальтове суцільне полотно марки ПСБ-Д (просочене).

2.2 Вимоги щодо застосування геосинтетичних матеріалів в дорожніх конструкціях

Геосинтетики виконують сім основних функцій в конструкції: армування; дренажування; захищення; ізолювання; протиерозійний захист; розділення; фільтрування.

Класифікація геосинтетичних матеріалів та області їх застосування згідно із рисунком 2.1.

Термін служби геосинтетичних матеріалів повинен перевищувати термін служби конструкцій, в яких вони застосовуються.

Проектування дорожньої конструкції із застосуванням геосинтетиків включає конструювання та розрахунки (на стійкість, міцність, довговічність, захист від ерозії, дренажування) з обґрунтуванням варіантів для вибору найбільш економічного для заданих умов виконують відповідно до ДБН В.1.1-12, ДБН В.1.1-24, ДБН В.1.1-25, ДБН В.1.2-2, ДБН В.1.2-5, ДБН В.1.2-6, ДБН В.1.2-7, ДБН В.1.2-12, ДБН В.2.3-4, ДБН В.2.3-5, ДСТУ-Н Б В.1.2-13, [4], [5] та інших нормативних документів.

Вихідні дані для проектування дорожньої конструкції повинні включати:

- функціональні вимоги, проектний строк служби конструкції, рівень надійності і необхідний коефіцієнт запасу конструкції;
- умови навантаження конструкції під час будівництва і експлуатації;
- ґрунтово-геологічні, гідрогеологічні і погодно-кліматичні умови району будівництва;

- фізико-механічні та розрахункові характеристики матеріалів і ґрунтів, які будуть використані в конструкції;
- режим експлуатації конструкції і експлуатаційні обмеження;
- техногенно – геологічні чинники, що можуть мати місце з часом.

Для прийняття оптимальних проектних рішень щодо розташування дороги потрібно розробляти варіанти траси дороги з порівнянням відповідно до 4.4.3 ДБН В.2.3-4. Якщо відповідними техніко-економічними розрахунками обґрунтовано реконструкцію ділянок автомобільних доріг I-б, II і III категорій, які проходять через населені пункти, такі дороги слід проектувати відповідно до ДБН 360 та ДБН В.2.3-5.

Технічні рішення при проектуванні автомобільних доріг повинні забезпечувати високу транспортно-експлуатаційну якість дороги, ефективну охорону навколишнього природного середовища, безпеку дорожнього руху за мінімальних матеріальних та фінансових витрат.

Склад та зміст проектної документації для будівництва, ремонту та реконструкції автомобільних доріг потрібно визначати відповідно до ДБН А.2.2-3, ДБН В.1.1-12, ДБН В.1.1-24, ДБН В.1.1-25, ДБН В.1.2-2, ДБН В.1.2-5, ДБН В.1.2-6, ДБН В.1.2-7, ДБН В.1.2-12, ДСТУ-Н Б В.1.2-13 та інших нормативних документів.

Конструкцію земляного полотна слід проектувати відповідно до [4] та 6.1 ДБН В.2.3-4 та розділу 4 ДБН В.2.3-5. Погодно-кліматичні фактори та природні умови району будівництва згідно з 6.1.3 ДБН В.2.3-4. Конструкцію земляного полотна в поперечному профілі треба призначати за типовими рішеннями відповідно до 6.1.4 ДБН В.2.3-4.

Заходи щодо забезпечення міцності і стійкості земляного полотна та робочого шару згідно з 6.3.5 ДБН В.2.3-4. Найбільш доцільні заходи слід вибирати на основі техніко-економічних розрахунків.

Спорудження насипів із ґрунтів і матеріалів з відходів промисловості потрібно здійснювати відповідно до 6.4 ДБН В.2.3-4. Спорудження земляного полотна треба здійснювати згідно з [4].

Спорудження земляного полотна із застосуванням геосинтетичних матеріалів треба здійснювати згідно з 20.7 ДБН В.2.3-4 та [4]. Влаштування дренажних, армуючих, розділяючих, ізолюючих прошарків з геосинтетичного матеріалу, який вибирається відповідно до вимог використання з характеристиками, що забезпечують стійкість до кліматичних факторів, необхідно виконувати по вирівняній, спрופільованій та ущільненій основі згідно з 20.7 ДБН В.2.3-4.

Методику відбору зразків для визначення технічних характеристик геосинтетиків наведено у Додатку Б ГБН В.2.3-37641918-544:2014.

Властивості, за якими оцінюють придатність геосинтетиків для заданої області застосування, наведені в таблиці 1.6, а значення властивостей – в таблиці 1.5.

Підсилення дорожнього одягу потрібно виконувати з метою підвищення загальної міцності існуючого дорожнього одягу шляхом збільшення його товщини, заміни одного чи декількох шарів більш міцними згідно з 8.4 ДБН В.2.3-4 та розділом 5 ДБН В.2.3-5 або використання АСМ відповідно до розділу 11 ГБН В.2.3-37641918-544:2014.

Підготовка до дорожньо-будівельних робіт повинна забезпечувати можливість безпечного виконання робіт усіма учасниками будівництва.

Підготовка повинна передувати з необхідним випередженням кожному етапу виконання дорожньо-будівельних робіт. Її потрібно організувати як регулярну функціональну систему взаємозв'язаних заходів організаційного, технічного, технологічного і планово-економічного характеру.

Будівництво та реконструкцію автомобільних доріг потрібно здійснювати з дотриманням вимог нормативних документів щодо безпеки дорожнього руху, охорони праці, а також вимог проектної документації, ПОБ та ПВР. Організацію та планування дорожньо-будівельних робіт потрібно здійснювати на підставі ПОБ та ПВР.

Організацію контролю якості будівництва автомобільних доріг потрібно здійснювати згідно з розділом 8 ДБН А.3.1-5.

Властивості, за якими оцінюють придатність геосинтетиків для заданої області застосування, наведені в таблиці 2.6, а значення властивостей – в таблиці 2.7.

Таблиця 2.6 – Критерії, необхідні для вибору геосинтетиків

Назва показника	Область застосування геосинтетиків							Метод випробувань згідно з [1]
	Розділення	Фільтрування	Дренування	Армування	Захищення	Ізолювання	Протигрозний захист	
I. Проектні критерії								
<i>I.1 Механічні</i>								
Міцність при розтяганні				+		+		6.3.1
Максимальне відносне видовження на момент розриву	+			+	+	+		6.3.1
Повзучість при розтяганні	+			+		+		6.3.3
Коефіцієнт тертя між ґрунтом і геосинтетиком				+	+			6.3.6
<i>I.2 Гідралічні</i>								
Фільтруюча здатність матеріалу	+	+	+	+			+	6.4.2
Дренуюча здатність матеріалу під навантаженням			+					6.4.3
Характерний розмір отворів		+	+				+	6.4.1
II. Технологічні критерії								
Статичне проколювання плунжером ^{*)}	+	+	+	+	+	+	+	6.3.8
^{*)} Випробування з статичним проколювання плунжером не використовують для геосинтетиків з відкритою структурою, таких як, георатки, геосітки тощо.								

2.3 Армування земляного полотна

Останнім часом на теренах країн СНД, в тому числі в Україні, спостерігається тенденція застосування нетрадиційних дорожньо-будівельних матеріалів – синтетичних, які виконують різні функції в складі дорожньої конструкції. Однією з них є армування земляного полотна. За останні сорок років у будівельній галузі світу важко знайти проблему, яка б викликала стільки творчого інтересу у спеціалістів, як будівництво споруд з армованих ґрунтів. Протягом останнього десятиліття метод армування, як метод для покращення фізико-механічних характеристик слабких ґрунтів,

отримав широке визнання і впровадження в практику дорожньо-будівельної галузі.

Таблиця 2.7 – Характеристики деяких геосинтетиків

Назва показника	Одиниця вимірювання	Норма	Метод випробувань згідно з [1] та [2]
1	2	3	4
Фізичні властивості			
Поверхнева щільність	г/м ²	135–2000	6.2.1 [1]
Товщина	мм	0,25–7,5	6.2.2 [1]
Механічні властивості			
Грейферна міцність	кН	0,45–4,5	6.3.2 [1]
Міцність на розтяг:	кН/м		6.3.1 [1]
- для розділення		9 – 13	
- для розділення		13 – 30	
- для армування		30 – 1200	
Міцність на втому (втривалість)	кількість циклів	50–100	6.3.2 [2]
Міцність на роздирання	Н	90–1300	6.3.1 [1]
Статичне проколювання плунжером	Н	45–450	6.3.8 [1]
Коефіцієнт зсуву	%	60–100	6.3.6.1 [1]
Анкерна міцність матеріалу при вириванні з масиву ґрунту	% (від міцності геотекстилю)	50–100	6.3.7 [1]
Гідралічні властивості			
Характерний розмір отворів	мм	2,0–0,075	6.4.1 [1]
Фільтруюча здатність матеріалу	с ⁻¹	0,02–2,2	6.4.2 [1]
Дренуюча здатність матеріалу під навантаженням	м ² /хв	0,01–2,0 · 10 ⁻³	6.4.3 [1]
Стійкість			
Пошкоджуваність при вкладанні	% (від міцності геотекстилю)	0–70	6.5.1 [1]
Стійкість до агресивних середовищ			
Температурна деградація (при дії високих температур, гаряча вода, гарячий асфальтобетон тощо)	°С	для волокон АСМ – не менше 170; для геотекстильної підложки – не більше 130	5.14 [2]

Сам принцип армування ґрунтів був відомий ще у 4-5 тисячолітті до н.е. Але розроблений, офіційно визнаний і запатентований новий вид будівельних матеріалів – «армований ґрунт» був французьким вченим А. Відалем. Перші досвіди застосування синтетичних текстильних матеріалів в основах насипів земляного полотна на слабких ґрунтах були проведені на терені колишнього СРСР у 1974-1975рр. Вони виявилися настільки

ефективними, що темпи зростання обсягів використання геосинтетичних матеріалів у транспортному будівництві почали стрімко зростати. [1] Адже їх унікальні властивості дозволяють суттєво підвищити міцність, довговічність та надійність дорожньої конструкції, а головне – зменшити вартість будівництва порівняно з традиційними проектними рішеннями. Зараз можна відзначити, що практично на кожному дорожньобудівельному об'єкті геосинтетичні матеріали застосовуються, як армуючі прошарки земполотна, так і шарів дорожнього одягу.

Земляне полотно є важливим елементом автомобільної дороги, від міцності і стійкості якого залежить довговічність всієї конструкції. На сьогодні і досі актуальною проблемою у галузі дорожнього будівництва є спорудження земляного полотна на слабких і неоднорідних ґрунтах. У вирішенні цієї проблеми зроблено уже багато, а саме з кожним роком все більшого поширення набуває покращення властивостей земляного полотна завдяки широкому застосуванню геосинтетичних матеріалів.

Багатофункціональність і властивості сучасних геосинтетичних матеріалів створює необхідність розробки нових конструктивних рішень і методик розрахунку конструкцій з застосуванням геосинтетичних прошарків. При застосуванні армуючого геосинтетичного прошарку змінюється напружено-деформований стан конструкцій, в зв'язку з чим є актуально детально дослідити і проаналізувати процес перерозподілу напружень з перевантажених зон на сусідні недовантажені ділянки. Проаналізувати методику розрахунків земляного полотна з геосинтетичним прошарком за нормативними документами України та визначитись з можливими напрямками її вдосконалення для врахування впливу прошарку на роботу насипу.

Армований ґрунт – це складний композитний матеріал, що складається з еластопластичної матриці (ґрунту) і в'язкопластичного армування (геосинтетику). Технологія армування ґрунту відома вже давно і в своїх примітивних формах з давніх часів широко використовувалася в Середній

Азії при будівництві гідротехнічних споруд. Але глибоке теоретичне і експериментальне дослідження ідея армоґрунту отримала відносно недавно завдяки роботам Відаля та Шлоссера.

Для України застосування армування ґрунтів у транспортному будівництві має особливо важливе значення, адже територія нашої держави представлена майже всіма складними ґрунтовими умовами: просадочність, зсуви, карст і т.д. В таких умовах в процесі будівництва і експлуатації виникають великі деформації, що спричиняють часткову або повну руйнацію конструкцій.

Сучасні умови будівництва автомобільних доріг, особливо в складних умовах, потребують розробки індивідуальних проектів конструкції земляного полотна. Вибір найбільш раціональних конструкцій земляного полотна багато в чому залежить від прогнозу осадки і її розвитку в часі під дією ваги насипу. І саме армування основи насипу є одним з перспективних методів вирішення цих питань в складних умовах.

Армування ґрунтового масиву геосинтетиками перетворює його в міцне тверде тіло анізотропної будови, подібної до будови штучних композитних матеріалів. Принцип роботи армоґрунту оснований на можливості поєднання ґрунту і арматурних елементів (геосинтетиків), що змонтовані так, щоб зменшити напруження розтягу, які можуть виникати в ґрунті під дією сил гравітації чи зовнішнього навантаження і передати їх за допомогою сил зчеплення на геосинтетичний прошарок, який добре сприймає зусилля розтягу.

У армоґрунтовому масиві виникає складний напружено-деформований стан, а тому досить складно описати перерозподіл напружень. Взагалі, ефект армування масиву ґрунту геосинтетичними матеріалами проявляється двояко. Перше, арматура за рахунок власної міцності і опору розтягу перешкоджає зсуву одних частин ґрунтового масиву відносно інших. Друге, прошарок, працюючи сумісно з ґрунтом викликає перерозподіл напружень з перевантажених зон на сусідні недовантажені ділянки, залучаючи їх до

роботи. Введення такої прошарку дозволяє підсилити небезпечну чи ослаблену зону конструкції, забезпечивши її рівномірну міцність. Дослідження закономірностей процесів деформування і руйнування від зовнішніх навантажень насипів ґрунту, армованих геосинтетиками, триває в різних країнах світу лише 20-30рр. Цей час є не дуже значний, тому вивчення цих процесів знаходиться поки що на початковій стадії.

При розрахунках звичайного масиву ґрунту використовують феноменологічну математичну модель. А от для армованого ґрунту застосовують дискретну математичну модель. Її рівняння зв'язують загальні (феноменологічні) деформаційні і міцнісні характеристики ґрунтового масиву, як єдиного цілого, з показниками властивостей та взаємодії її внутрішніх елементів: ґрунту і армуючого прошарку. Отже, при проектуванні армування ґрунту дорожнього полотна, для здійснення розрахунків є потреба використовувати дві математичні моделі. Для визначення кількості і якості елементів армування потрібна дискретна математична модель, а для розрахунку осадок споруд, стійкості схилів – континуальні моделі. Окремі елементи дискретної моделі при дії зовнішнього навантаження, як і в звичайних феноменологічних моделях, описують рівняння відомих модельних тіл з ідеальними властивостями. Ґрунт описує умова граничного напруженого сипучого середовища Кулона – Мора. Елементи армування, залежно від їх призначення (робота на розтяг, стиск або зріз) і поставленої задачі, описують або умови граничного опору жорсткого тіла, або умови деформування і руйнування пружно-крихкого тіла, а при роботі на стиснення – рівняння пружності або та ж сама умова граничного стану Кулона – Мора. Взаємодію по контактах описують умови дії сил тертя в стані спокою або в динаміці [2].

Проблема розрахунку напружено-деформованого стану армованих ґрунтових основ полягає у необхідності врахування сумісної роботи таких різних елементів, як ґрунт основи природної структури, армуючий елемент і матриця (засипка з ущільненого ґрунту) [3].

Це спричинено такими факторами:

- значною різницею їх деформаційних властивостей;
- значною різницею в міцносних властивостях;
- значною різницею в геометричних розмірах.

Потрібно зазначити, що раніше широке впровадження геосинтетичних матеріалів стримувалося відсутністю нормативних документів, які б регламентували правила застосування та методи випробувань геосинтетичних матеріалів, що спричиняло труднощі при проектуванні, будівництві та контролі якості матеріалів і обмежувало використання геосинтетики. На відміну, від Європи, в якій прийнято норми DIN, ISO, та США, у яких прийнято ASTM та AASHTO, які регламентують використання геосинтетиків.

Проте, за останні декілька років ця ситуація змінилась. Було розроблено і впроваджено нормативні документи ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги, ВБН В.2.3-218-544:2008 «Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві», СОУ 45.2-00018112-025:2007 «Матеріали геосинтетичні. Методи випробувань», «Посібник з проектування земляного полотна і дорожніх одягів із застосуванням геосинтетичних матеріалів (доповнення до ВБН).

При осадці насипу на слабкій основі з використанням геосинтетичного прошарку ґрунт захоплює за собою армуючий елемент, який осідаючи разом з ґрунтом, чинить внаслідок натягнення опір, в результаті чого відбувається відповідне підвищення напружень в налягаючих шарах ґрунту. Проте, на жаль, їх ще дуже мало знижуються у нижчележачих шарах ґрунту. Армуючий елемент при осадці подовжується і від натягнення в ньому виникають розтягуючі напруження. Так як модуль пружності при розтягу елементів армування надто великий, затухання розтягуючих напружень в цих елементах мало відчутне, внаслідок чого напруження поширюються далеко за межі напруженої області [9]. Тому виникає питання – а чи впливає

наявність армуючого геосинтетичного прошарку в основі насипу на його осадку?

Але поряд з твердженнями ВБН В.2.3-218-544:2008 «Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві» існують дослідження армованих ґрунтових основ під фундаменти споруд Чернія Г.І. і Ковальського Р.К. у Науково-дослідному інституті будівельних конструкцій [10].

За їхніми результатами встановлено, що шляхом армування зосереджується зона дії максимальних дотичних напружень в області, в якій знаходиться міцний ґрунт і армуючий прошарок, що позитивно впливає на роботу ґрунтової основи, оскільки причиною руйнування є саме дотичні напруження; в армованій основі проходить перерозподіл нормальних напружень на більшу ширину, ніж у неармованій (значення напружень на глибині менші, ніж в неармованій основі); вертикальне переміщення армованої основи приблизно в 2 рази менше, ніж неармованої.

В цілому ними зроблено висновок, що прогнозувати напружено-деформований стан армованих ґрунтових основ можна і для цього може бути використаний метод скінченних елементів за допомогою комп'ютерних програм. Враховуючи вищесказане можна сказати, що при розрахунку осадки основи насипу (прогнозі напружено-деформованого стану) все таки потрібно враховувати наявність геосинтетичного прошарку. При застосуванні геосинтетичних прошарків в основі насипу при будівництві тимчасових доріг або доріг нижчих категорій на слабких ґрунтах знижується величина осадки за рахунок зменшення її нерівномірності.

2.4 Вимоги до укладання геосинтетичних матеріалів

Загальні вимоги до укладання геосинтетичних матеріалів:

- основа під укладання геосинтетичних матеріалів повинна бути звільнена від предметів, які можуть пошкодити матеріал (гостре каміння, коріння та гілля дерев, будівельне сміття тощо);

- послідовність і напрямок укладання геосинтетичних полотен повинні узгоджуватись з напрямком ведення будівельних робіт. Кожне наступне полотно геосинтетичного матеріалу в частині перекриття повинно бути заведене під вже вкладене полотно геосинтетичного матеріалу для запобігання їх зминанню та зміщенню при укладанні та розподілі шарів зернистих матеріалів поверху способом "від себе";

- влаштування швів паралельно осі дороги заборонено;

- складки і зморшки, які виникли на поверхні геосинтетичних полотен при їх укладанні, необхідно розрівняти вручну;

- за необхідності полотна припилюють до основи щоб запобігти їх зриванню вітром.

Способи з'єднання полотен геосинтетичних матеріалів в будь-якому напрямку наведені на рисунку 2.3.

Вимоги до зшивання (з'єднання) полотен геосинтетичних матеріалів:

- матеріал нитки для зшивання полотен повинен бути з тієї ж сировини, що і геосинтетичний матеріал (кевлар, поліпропілен, поліефір, поліамід тощо). Міцність нитки повинна бути не меншою за міцність волокон геотекстилю;

- необхідний натяг нитки встановлюють пробними зшиваннями (в польових умовах);

- щільність шва (кількість петель на одиницю довжини шва) повинна бути від 2 до 4 петель на 25 мм довжини, в залежності від виду, густини та міцності геотекстилю;

- кількість швів двох полотен геосинтетичного матеріалу може становити від 1 до 3 в залежності від виду, густини та міцності геотекстилю, відстань між швами – (5 – 10) мм;

- тип петельного шва – рекомендується двопетельний шов;

- міцність шва перевіряють випробуванням зразків зшитого геосинтетичного матеріалу в лабораторних умовах;
- відстань від шва до краю геосинтетичного матеріалу та оптимальну відстань між скобами встановлюють випробуванням зразків геосинтетичних матеріалів в лабораторних умовах.

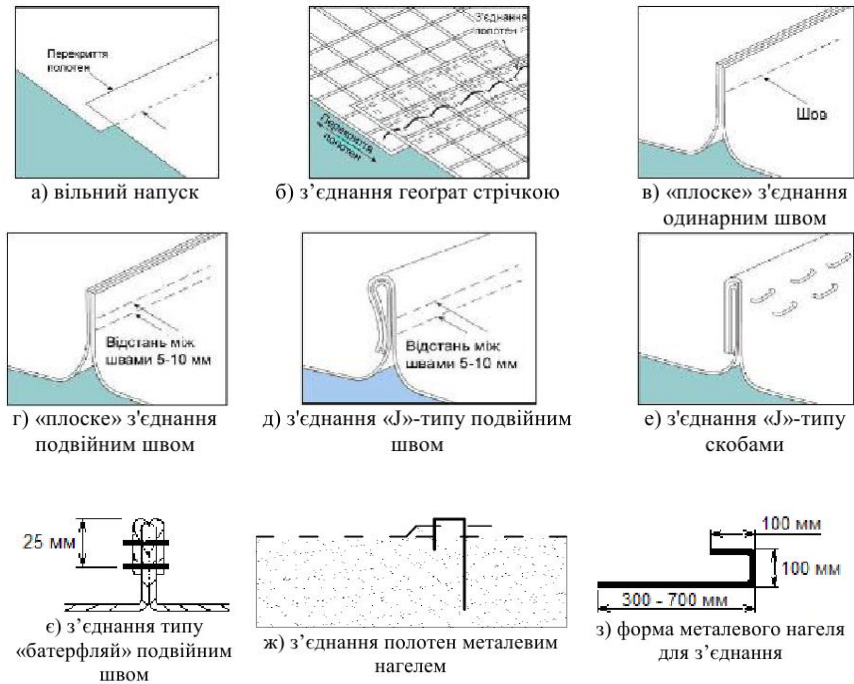


Рисунок 2.3 - Способи з'єднання полотен геосинтетичних матеріалів

Мінімальна величина перекриття полотен геосинтетичного матеріалу при вільному напуску становить 0,5 м і може бути збільшена до 1,0 м при недостатній несучій здатності ґрунтової основи. На ділянках торфу величина перекриття може бути збільшена до (2,0 – 2,5) м. Полотна геосинтетичного матеріалу в місцях перекриття повинні додатково кріпитись до основи за допомогою нагелів через кожні 2,5 м. За необхідності

передачі зусиль між полотнами їх зшивають, склеюють, з'єднують скобами, стрічками тощо.

Оптимальним типом з'єднання є «плоске» з'єднання. З'єднання «J»-типу та «батерфлай» є найбільш міцним (рис. 2.3).

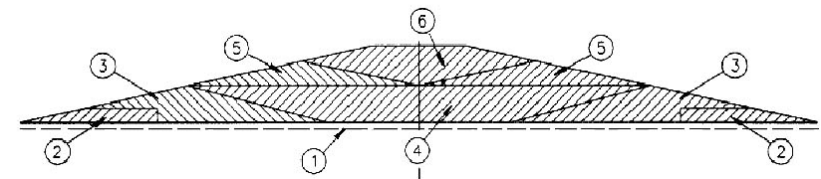
Ремонт пошкоджень полотен геосинтетичного матеріалу:

- при дефектах, величина яких перевищує половину ширини полотна геосинтетичного матеріалу, пошкоджену частину відрізають на всю ширину і замінюють новим полотном, яке з'єднують одним зі способів згідно з рис. 2.3.

- при дефектах, менших половини ширини полотна геосинтетичного матеріалу, вирізають і замінюють лише пошкоджену частину з наступним з'єднанням з полотном;

- незначні дефекти полотна геосинтетичного матеріалу, менші ніж 150 мм, можуть відремонтувати перекриттям пошкоджених ділянок новим геосинтетичним полотном необхідного розміру, з напуском не менше ніж 1 м в кожен бік від дефекту.

Послідовність влаштування шарів ґрунту над армуючим матеріалом на дуже слабких основах (модуль деформації менше ніж 5 МПа) (рис. 2.4).



а) поперечний профіль

- 1 – укладання шарів армуючого геосинтетика;
- 2 – влаштування б'єрм (під'їзних доріг);
- 3 – влаштування зовнішніх секцій для анкерування геосинтетика;
- 4 – влаштування центральної частини насипу;
- 5 – влаштування укїсних частини;
- 6 – влаштування верхньої частини насипу

Рисунок 2.4 - Послідовність насипання ґрунту над армуючим полотном геосинтетичного матеріалу на дуже слабкій основі

Полотна геосинтетичних матеріалів засипають ґрунтом або зернистим матеріалом в напрямку від полотен, які перекривають, до полотен, які підстеляють. Мінімальна товщина шару ґрунту або зернистого матеріалу засипки над полотном геосинтетичного матеріалу повинна бути не менше ніж 0,2 м. Заїзд будівельної техніки для розвантаження матеріалу засипки безпосередньо на полотно геосинтетичного матеріалу заборонено.

Особливу увагу слід приділяти першому шару відсипки над полотном геосинтетичного матеріалу: висота навантаження не повинна перевищувати 1м; ґрунт потрібно розподіляти відразу ж після розвантаження, щоб запобігти локальному продавлюванню слабкої основи; рух транспортних засобів над першим насипаним шаром потрібно здійснювати вздовж осі насипу дороги; ущільнення шару слід виконувати лише проходженням транспортуючої та розподіляючої ґрунт техніки; різкі розвороти, гальмування і розгін техніки заборонені. Якщо глибина колії від транспорту в ґрунті першого шару відсипки перевищує 75мм, то застосовують більш легку техніку або зменшують її навантаженість.

Послідовність влаштування шарів ґрунту над армуванням на основах з модулем деформації більше ніж 5 МПа виконують згідно з рисунком 2.5.

При укладанні в основу насипу ґрунтовоїх торцеву частину влаштовують за допомогою тимчасової опалубки (рис. 2.6 (а-д)). Мінімальна величина анкерного завороту в бічній частині напівзамкнугих обойм з обох сторін повинна бути не менш ніж 2,5 м. При невикористанні для армування геограт, розмір отворів яких значно перевищує діаметр зерен матеріалу засипки, в торцевій частині обойми влаштовують вкладки з нетканинного геотекстилю, мішків з геотекстильних матеріалів із ґрунтом (рис. 2.6 (б, в, г)) або відсипають крупнозернистий матеріал.



Рисунок 2.5 - Схема насипання ґрунту над полотном геосинтетичного матеріалу на слабкій основі (з модулем деформації більше за 5 МПа)

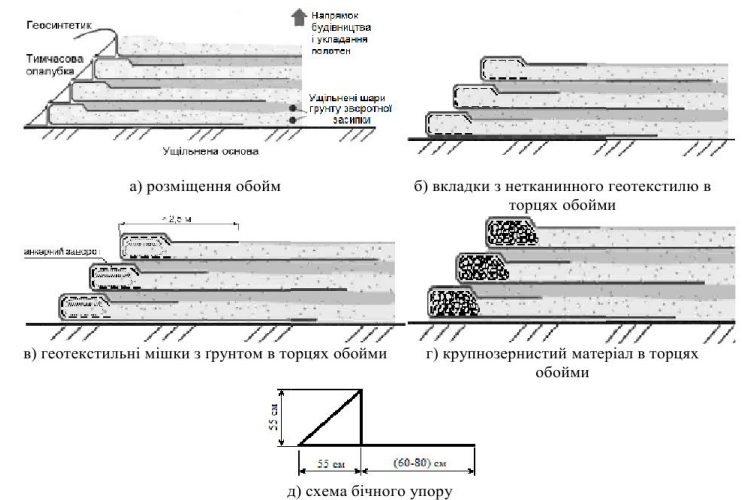


Рисунок 2.6 - Влаштування бічної частини ґрунтово-геосинтетичних обойм за допомогою тимчасової опалубки

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТИВНІ ЗАХОДИ З ВІДНОВЛЕННЯ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

3.1 Конструктивні заходи з підвищення довговічності дорожнього одягу з поперечними тріщинами в асфальтобетонному покритті

Дослідженнями багатьох вчених встановлено, що температурні тріщини виникають від діючих в матеріалі, головним чином, розтягуючих напружень, обумовлених зміною температури. Вони сприяють розриву зв'язків у асфальтобетоні аж до утворення макротріщин.

Дослідження тріщиностійкості дорожніх покриттів, свідчать, що на утворення тріщин в покритті при коливаннях температури найбільш істотно впливають такі чинники: невільна зміна розмірів покриття; розтяг матеріалу покриття над швами або тріщинами тріщиновато-блокових основ; неоднакова температурна зміна розмірів складових компонентів асфальтобетону через розходження їхніх термо-механічних властивостей.

Розроблений ряд пропозицій щодо підвищення температурної тріщиностійкості асфальтобетонних покриттів. Пропозиції можна розділити на дві основні групи: заходи, пов'язані з регулюванням властивостей матеріалу шару, та заходи, спрямовані на раціональне конструювання дорожнього одягу з метою поліпшення умов роботи шару при зміні температури.

Серед заходів першої групи найбільш поширені такі: збільшення релаксації напружень і деформативної здатності при низьких температурах (використання менш в'язких в'язучих, застосування полімерних добавок, гумової крихти, сірки та ін.), збільшення механічної міцності (за рахунок оптимальних складів, мікроармування синтетичними, металевими, азбестовими волокнами, а також за рахунок макроармування металевими

і синтетичними сітками і нетканими матеріалами та ін) [2, 4, 11, 16, 22, 25, 32, 39, 41, 47, 69, 77, 83].

Заходи, віднесені до другої групи зазвичай переслідують такі цілі: зменшення або усунення горизонтальні взаємодії між покриттям і розташованою під ним тріщинувато-блочною основою - за рахунок застосування різних прошарків між покриттям і основою з високоеластичних і деформативних матеріалів, з зернистих або високоміцних матеріалів, а також з матеріалів, що зменшують тертя між покриттям і основою; зменшення горизонтального температурного деформування плит тріщинувато - блочної основи - за рахунок збільшення товщини покриття, зменшення довжини плит основи і жорсткості його матеріалу), зменшення швидкості поширення тріщини до поверхні покриття - за рахунок збільшення товщини покриття, застосування армованих матеріалів у покритті.

Одним з ефективних шляхів забезпечення температурної тріщиностійкості, мабуть, є пред'явлення певних вимог до показників властивостей асфальтобетону при підборі складу суміші.

Тому зусилля багатьох дослідників були спрямовані на встановлення таких показників і способів оцінки температурної тріщиностійкості, які дозволили б правильніше відобразити фізичну сутність процесів руйнування покриття при зниженні температури, а також максимально врахувати властивості асфальтобетону.

Для підвищення температурної тріщиностійкості в асфальтобетонному покритті застосовують матеріалознавчі, конструктивні та технологічні заходи.

До основних пропозицій матеріалознавчого напрямку відносять:

- застосування бітуму третього структурно-реологічного типу;
- використання бітумів, модифікованих добавками у вигляді полімерів, синтетичних каучуків, відходів гумової промисловості, адгезивів;

- мікроармування дисперсними мікроармуючими мінеральними або полімерними волокнами; макроармування синтетичними армуючими матеріалами.

До заходів щодо вдосконалення конструкцій дорожнього одягу для підвищення температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття, відносять:

- збільшення товщини покриття; влаштування верхніх шарів покриття у підвищеної температурної тріщиностійкості;
- влаштування в покритті температурних швів, влаштування тріщиноперериваючих та армуючих швів на тріщинувато-блочній основі.

До технологічних заходів відносять:

- зменшення температури влаштування основи з матеріалів, укріплених неорганічними в'язучими з подальшою нарізкою і влаштуванням температурних швів; зниження температури укладання асфальтобетонного шару;
- зменшення швидкості охолодження шару при його влаштуванні (при знижених температурах) шляхом застосування тимчасової теплоізоляції;
- підвищення однорідності асфальтобетонних сумішей (застосування перевантажувачів) та підвищення однорідності товщини асфальтобетонного покриття при його влаштуванні.

Підходи, що направлені на відновлення дорожнього одягу з поперечними тріщинами в асфальтобетонному покритті, головним чином, ґрунтуються на застосуванні армуючих матеріалів, герметизації покриття за рахунок заробки тріщин герметиками, а також при влаштуванні захисних шарів з литих емульсійно-мінеральних сумішей або поверхневої обробки.

На практиці для забезпечення водонепроникності асфальтобетонного покриття і зменшення негативних впливів наслідків від цього на міцність та довговічність всієї конструкції дорожнього одягу, здійснюють герметизацію температурних поперечних тріщин за допомогою різних герметиків.

Доведено, що ефективність їх роботи залежить від адгезивної міцності на контакті «герметик – асфальтобетонне покриття» та забезпечення суцільності герметизуючого матеріалу у процесі експлуатації. Найбільш впливовими факторами у цій ситуації є деформування асфальтобетонного покриття при зниженні температури у процесі її зміни при сезонних та добових коливаннях.

Одним із способів їх запобігання є влаштування "організованих тріщин", які утворюють шляхом нарізання швів у новому покритті над швами існуючого покриття, а потім проводиться їх герметизація. Одним із поширених варіантів технології герметизації передбачається, що перед початком ремонтних робіт проводять ретельну обробку швів: видаляють матеріал, що використовувався для заливання шва. Глибину шва роблять не меншою, ніж половина сумарної товщини асфальтобетонних шарів, а ширину – не більшою ніж 10 мм.

Застосовують наступну схему влаштування шва в асфальтобетонному покритті:

- нарізка шва механічним нарізчиком;
- прочищення шва механічною щіткою;
- продування, просушування, прогрівання шва;
- заливання шва розігрітим герметиком.

Для нарізання швів використовують механічні машини або ручні нарізчики швів, які оснащені спеціальними алмазними дисками діаметром не менше ніж 180 мм. Якщо заливка швів ускладнена, то припускається влаштування фасок на верхніх кромках шва. Прочищення нарізаних швів здійснюють механічними щітками. Нарізані та прочищені шви продувають стиснутим гарячим повітрям через тепловий спис. Стінки швів у асфальтобетонних покриттях допускається не обробляти полімерною ґрунтовкою, якщо їх очищення здійснюється з використанням теплового списа безпосередньо перед заливкою мастики. Застосування теплового списа забезпечує видалення вологи і нагрівання стінок шва.

Тріщини герметизують відразу після їх очищення та просушування. Герметизацію швів виконують за допомогою полімерно-бітумних мастик гарячого застосування. Ці герметики поставляються на об'єкт у вигляді брикетів. Брикети розігрівають у спеціальній двокотловій плавильній установці, яка оснащена підігрівом та лопасною мішалкою. Температура розігрівання герметика повинна знаходитись в межах від робочої температури заливки до температури безпечного розігріву, що зазначені в інструкції виготовлювача. Герметизацію швів здійснюють за допомогою механічних заливщиків, які мають обігрів ємкості, що запобігає загущенню мастики. Забороняється розігрів герметика до температури вище ніж 200 °С або максимальної температури, що зазначена в інструкції по експлуатації, а також зберігання більше ніж 8 годин у розігрітому стані. Подача герметика в шов здійснюється за допомогою насоса по мастикопроводу через сопло діаметром від 5 мм до 8 мм. Шов заповнюється гарячим герметиком за один або два проходи. Рівень заповнення здійснюють нижче за кромки шва на (2-4) мм. Зайву кількість герметика, що виступає над поверхнею покриття, видаляють для запобігання його прилипання до коліс автотранспорту.

Роботи з герметизації швів виконують в суху погоду, за температури повітря не нижче ніж 5°C. За необхідності проїзду автотранспорту по асфальтобетонному покриттю з герметизованими деформаційними швами, при температурі герметика вище ніж 30°C, шви присипають борошном доломітовим або крейдою меленою.

Останні 40 років стратегія технічної політики в області ремонтів автомобільних доріг полягає у попередженні руйнувань дорожніх одягів. Такі профілактичні заходи все частіше здійснюються шляхом влаштування тонкошарових покриттів із монолітних матеріалів, які розвивалися поступово у напрямку зменшення товщини: тонкі (35-50 мм); особливо тонкі (20-35 мм); надтонкі (менше 20 мм). З точки зору дорожньо-будівельного матеріалу застосування особливо тонких і надтонких покриттів пов'язано з литими емульсійно-мінеральними сумішами.

Розроблено методику проектування тонкошарових емульсійно-мінеральних покриттів на основі методів лабораторного моделювання, яка дозволяє визначити оптимальний склад суміші. Визначення товщини ТЕМП методами лабораторного моделювання обумовлено максимальним розміром кам'яного матеріалу. Тому, сучасні підходи забезпечення температурної тріщиностійкості асфальтобетонних шарів мають широкий арсенал заходів, направлених як на врегулювання властивостей асфальтобетону за рахунок раціонального підбору його складу, так і застосування ефективних модифікуючих матеріалів у сполученні із застосуванням армуючих сіток.

3.2 Конструктивні заходи з технології армування асфальтобетонного покриття з відновлення нежорстких дорожніх одягів з поперечними температурними тріщинами

Суть конструктивних заходів з технології армування асфальтобетонного покриття з відновлення нежорстких дорожніх одягів з поперечними температурними тріщинами полягає у підвищенні технологічності виконання робіт та зменшення небезпеки утворення відображених тріщин при капітальному ремонті вулиць і доріг з асфальтобетонним покриттям.

Підвищення технологічності застосування АСМ передбачає ефективне закріплення армуючого матеріалу на поверхні основи під асфальтобетонними шарами підсилення. Одним з найбільш ефективних способів підвищення технологічності АСМ є використання так званих самоклеючих матеріалів, що здатні за рахунок високої адгезії до асфальтобетонного шару основи міцно утримуватись на поверхні під час руху технологічних механізмів, що застосовуються при влаштуванні асфальтобетонних шарів.

Застосування АСМ для армування шарів асфальтобетону під час ремонтів дозволить зменшити небезпеку утворення відображених тріщин і, як

наслідок, підвищити гідроізоляційну здатність асфальтобетонного покриття, а також збільшити міжремонтні терміни служби покриття.

До сучасних самоклеючих матеріалів відноситься армуючий матеріал ADFORS GlasGrid GG. ADFORS GlasGrid GG – це скловолокниста сітка високої міцності з жорсткою структурою, покрита запатентованим еластомерним полімером з нанесенням самоклеючого шару. Кожен компонент, який утворює решітку, є стійким до ультрафіолетового випромінювання і хімікатів, що містяться в природному середовищі ґрунту.

За результати досліджень, виконаних ДП «ДерждорНДІ» геосітка скловолокниста марки GlasGrid «ADFORS SAINT-GOBAIN» відповідає вимогам ГБН В.2.3-37641918-544 до армуючих прошарків, які використовуються в верхніх шарах дорожніх конструкцій для армування, тріщинопереривання, ліквідації зсувних ділянок та укріплення дорожнього одягу.

Технічні параметри армуючого синтетичного матеріалу ADFORS GlasGrid GG наведені в таблиці 3.1.

Конструкції дорожнього одягу із застосуванням армуючого геотекстильного матеріалу ADFORS glasgrid GG. При застосуванні матеріалу ADFORS GlasGrid GG в конструкціях дорожнього одягу для армування асфальтобетонних шарів враховується вид дорожньо-будівельних робіт, що виконуються на вулицях і дорогах: нове будівництво, реконструкція, капітальний ремонт, середній ремонт, поточний ремонт.

При конструюванні дорожнього одягу для нового будівництва з армованими АСМ асфальтобетонними шарами слід враховувати таке розташування армуючої сітки щоб отримати максимальний ефект від армування з метою підвищення міцності та довговічності дорожнього одягу від дії транспорту і коливання температури.

При влаштуванні шарів підсилення під час реконструкції та капітального ремонту застосування АСМ в конструкції дорожнього одягу повинно

бути направлене як на підвищення несучої здатності та міцності дорожнього одягу так і на зменшення небезпеки утворення відображених тріщин на розтрісканій основі.

Таблиця 3.1 – Технічні параметри армуючого синтетичного матеріалу ADFORS GlasGrid GG

Найменування показника	Значення показника для сітки			Стандарт
	GG 50	GG 100	GG 200	
Міцність при розтягу (MD x CD)	(55 x 55) - 5 кН/м	(115 x 115) - 15 кН/м	(115 x 215) - 15 кН/м	EN ISO 10319 ASTM D6637
Розтягування	2,5 ± 0,5 %	2,5 ± 0,5 %	2,5 ± 0,5 %	EN ISO 10319 ASTM D6637
Міцність на розтяг @ 2 % напруження (MD x CD)	(46 x 46) ± 10 кН/м	(95 x 95) ± 20 кН/м	(95 x 180) ± 20 кН/м	EN ISO 10319 ASTM D6637
Жорсткість @ 1 % напруження (MD x CD)	(2.200 x 2.200) ± 200 Н/мм	(4.600 x 4.600) ± 600 Н/мм	(4.600 x 8.600) ± 600 Н/мм	EN ISO 10319 ASTM D6637
Модуль Юнга E	73.000 МПа	73.000 МПа	73.000 МПа	
Маса одиниці площі	205 г/м ²	405 г/м ²	603 г/м ²	EN ISO 9864 ASTM D5261
Точка плавлення покриття	>232 °C	>232 °C	>232 °C	ASTM D276/EN ISO 3146 ASTM C338
Точка плавлення скла	>820 °C	>820 °C	>820 °C	
Довжина рулону	150 м	100 м	70 м	
Ширина рулону	1,0; 1,5; 2,0; 3,0 м	1,0; 1,5; 2,0; 3,0 м	1,5; 3,0 м	
Площа рулону	150, 225, 300, 450 м ²	100, 150, 200, 300 м ²	105, 210 м ²	
Самоклеючий шар	активується тиском	активується тиском	активується тиском	
Розмір комірки	25 x 25 мм	12,5 x 12,5 мм (тип 8501) 25 x 25 мм (тип 8511)	25 x 19 мм	
Матеріал	Скловолокниста армована сітка з модифікованим полімерним покриттям і самоклеїним нижнім шаром, активує притиском.			

При виконанні середнього ремонту дорожнього одягу з асфальтобетонними шарами при відновленні шорсткості та рівності, а також при покращенні експлуатаційних якостей дорожнього покриття, що має тріщини температурного та силового походження застосування АСМ повинно забезпечувати максимальну стійкість відремонтованого покриття до утворення відображених тріщин.

При виконанні поточного ремонту, що здійснюється з метою запобігання та негайної ліквідації дрібних деформацій і руйнувань дорожнього одягу застосування АСМ повинно в таких локальних місцях спільно з іншими заходами забезпечити відновлення несучої здатності та суцільності асфальтобетонних шарів.

При конструюванні дорожнього одягу з армованими асфальтобетонними шарами для нового будівництва слід враховувати, що необхідно забезпечити збереження міцності асфальтобетонних шарів, тобто їх спроможність протистояти руйнуванню на весь термін служби до капітального ремонту. В якості критерію граничного стану вибирають той, який вважають самим небезпечним.

Для асфальтобетонних шарів дорожнього одягу як шарів із зв'язних матеріалів, які складається з часток, що мають між собою зв'язок та працюють на розтяг, руйнуванням є поділ на частини.

Поділ на частини в багатьох випадках починаються з появою тріщини поблизу підшви асфальтобетонного покриття від втоми при повторному згині при дії найбільших горизонтальних нормальних напружень.

Саме такий напружено-деформований стан асфальтобетонного покриття також необхідно вважати розрахунковим на дію розтягуючих напружень, особливо для міських вулиць і доріг, де більш агресивною є дія розтягуючих напружень при більш повільному русі транспорту або тривалих його зупинках в місцях заторів перехресть та стоянок. Дія таких поверхневих напружень є постійною незалежно від пори року і жорсткості підстилаючих

шарів асфальтобетонного покриття і також створює умову утворення тріщин на його поверхні.

Таким чином тріщини, утворені на підшві асфальтобетонних шарів і на їх поверхні поступово поширюються на всю їх товщину. Як наслідок, знижується здатність розподіляти навантаження на шари, що лежать нижче, утворюється сітка тріщин на смугах накату, там де колеса проходять частіше. Вода, що надходить через тріщини, перезволожує основу і земляне полотно, з'являються нові тріщини в покритті, виникають просідання в місцях перезволоження ґрунту, прискорюється утворення колії.

Таким чином, залежно від характеру напружено-деформованого стану асфальтобетонних шарів для тих чи інших умов руху необхідно передбачати армування чи в нижній частині асфальтобетонних шарів, якщо переважатимуть розтягуючі напруження на їх підшві чи у верхній, якщо переважатимуть поверхневі розтягуючі та температурні напруження або подвійне армування (у нижній та верхній частинах асфальтобетонних шарів) якщо такі напруження рівноцінні.

3.3 Конструктивні заходи з відновлення асфальтобетонних покриттів в зоні каналізаційних люків

За останні роки суттєво змінилися характеристики транспортних потоків, вирости вантажопідйомність автотранспорту, його швидкість і інтенсивність руху, збільшилися динамічні навантаження автотранспорту на дороги і, у тому числі, каналізаційні люки, що знаходяться на проїжджій частині. У місцях на проїжджій частині автомобільних доріг і вулиць знаходиться велика кількість каналізаційних люків. Саме в зоні їх знаходження найчастіше починається руйнування асфальтобетонного покриття – виникають тріщини, розломи, вибоїни. Ці руйнування

розповсюджуються в покритті і потребують, як правило, передчасного ремонту.

У європейському стандарті EN 124-1994 та розробленому на його основі українському стандарті ДСТУ Б В.2.5-26 наведені високі вимоги до вибору класу люків, що пред'являються до цих виробів Європейським Союзом та Україною. Застосування самих якісних люків та технологій їх установки не унеможливує передчасного руйнування покриття навколо них.

Основними причинами руйнування асфальтобетонного покриття в зоні каналізаційних люків є:

- зменшення поперечного перерізу асфальтобетонного шару покриття, що призводить до підвищення напружень, виникаючих від дії транспорту та від зміни температури;
- різна жорсткість асфальтобетону та цементо-містких матеріалів, на які установлюють каналізаційні люки, що не забезпечує та навіть заперечує їх сумісну роботу під дією навантаження та коливань температури.

Для вирішення проблеми передчасного руйнування асфальтобетонних покриттів в зоні каналізаційних люків пропонується застосовувати унікальний інноваційний продукт, розроблений концерном “Saint-Gobain”, який не має аналогів у світі - армуючі синтетичні матеріали виробництва компанії “Saint-Gobain Adfors CZ s.r.o.” (Чехія), що входить до складу французького концерну “Saint-Gobain”. Концерн “Saint-Gobain” має більш ніж 350-річну історію, близько 30 років з якої складає успішний досвід виробництва та застосування без перебільшення майже у всіх країнах світу армуючих синтетичних матеріалів для армування асфальтобетону.

Використання новітніх наукових і технологічних розробок та впровадження розроблених патентів дозволило створити найсучасніше виробництво геораток зі скловолокна для самого різноманітного застосування. У 2018 році виробництво було удостоєно срібної нагороди WCM (World Class Manufacturing – Виробництво Світового Класу), що

підтверджує високий рівень інновацій, відмінну якість продукції, а також високий рівень обслуговування клієнтів з країн Європи, Америки і Азії.

ТОВ “Капонір-Групп” пропонує георатки торгівельної марки Adfors GlasGrid®, що дозволяють знизити ризик появи температурних, утомних і відображених тріщин в асфальтобетонному покритті, запобігти колієутворенню, суттєво зменшити витрати на будівництво, ремонт та експлуатацію автомобільних доріг та подовжити термін служби дорожнього одягу до 300%.

Виробництво геораток Adfors GlasGrid® сертифіковане згідно з стандартом ISO 9001:2015 та відповідає усім вимогам стандарту EN 15381:2008 (ДСТУ EN 15381:2015 Геотекстиль та віднесені до геотекстилю виробу. Необхідні характеристики для використання в дорожніх конструкціях і асфальтобетонних покриттях).

Досвід використання геораток Adfors GlasGrid® в світі підтвердили їх високу ефективність та здатність суттєво підвищити довговічність асфальтобетонних покриттів та зменшити витрати на їх ремонт і експлуатацію завдяки значним перевагам перед продукцією інших виробників (низьке максимальне подовження геораток дає найбільший армуючий ефект та найбільшу тріщиностійкість армованого асфальтобетону, а також дозволяє знизити сумарну товщину шарів дорожнього одягу; самоклеюча здатність геораток дозволяє значно прискорити будівництво та ремонт, а також знизити вартість робіт; висока міцність та жорсткість каркасу геораток дозволяють запобігти колієутворенню та значно збільшити довговічність асфальтобетонних покриттів та ін.).

Використання великого досвіду, залучення найкращих фахівців на безперервне вдосконалення якості продукції дозволило запропонувати унікальні армуючі георатки для асфальтобетонних шарів, які спеціально розроблені для нового будівництва, реконструкції, капітального та середнього ремонтів асфальтобетонних покриттів на дорогах і вулицях,

мостах і тунелях, аеропортах, місцях паркування, а також при ремонті навколо каналізаційних люків.

Для ремонту навколо каналізаційних люків пропонується спеціально розроблена армуюча георатка Adfors GlasGrid® PM100.

Армуюча георатка Adfors GlasGrid® PM100 представляє собою самоклеючий композиційний матеріал, що складається з міцної ґратки з жорсткою структурою зі скловолокна типу E, покритої запатентованим еластомерним полімером, та нетканої підложки з поліефірного текстильного матеріалу, що просочена модифікованим бітумом.

Міцність при розтягуванні в поздовжньому та поперечному напрямках складає: $115 \times 115 \pm 15$ КН/м.

Максимальне відносне подовження становить $2,5 \pm 0,5$ %, тобто не перевищує 3%, що дозволяє георатці моментально сприймати на себе розтягуючі напруження, що виникають в асфальтобетоні, та забезпечити максимальний армуючий ефект.

Георатки мають форму кільця з внутрішній діаметром 685 мм або 785 мм. Вони можуть застосовуватись безпосередньо на відфрезеровану поверхню без додаткової підготовки, або поверхню старого асфальтобетону, або на холодний або гарячий вирівнюючий шар. Завдяки тому, що вони самоклеючі, тобто надійно приклеюються до поверхні нижнього шару (що забезпечує підложка з поліефірного текстильного матеріалу, просочена модифікованим бітумом), зникає необхідність застосування бітумної емульсії.

Укладання відбувається у такій послідовності: Георатка ADFORS GlasGrid® PM100 укладається на суху, чисту поверхню, без пилу; при температурі 5°C - 60°C . Видаляється захисна плівка з нижнього боку і укладається георатка самоклеючим шаром вниз. Перекриття секторів кільця георатки повинно бути мінімально 1 см. Для приклеювання ґратку притісняють до поверхні. Вразу після цього укладається та ущільнюється гарячий верхній шар асфальтобетону (мінімальна товщина шару в ущільненому стані 4 см). Укладання виконується дуже швидко і не

затримує час ремонту зони каналізаційного люку. Рух транспорту в зоні ремонту може бути відновлений після остигання верхнього шару асфальтобетону.

Застосування геораток ADFORS GlasGrid® PM100 дозволяє значно підвищити довговічність асфальтобетонних покриттів на міських вулицях та дорогах.

3.4 Армуння і стабілізація укосів

Армуння і стабілізацію укосів застосовують в насипах автомобільних доріг для забезпечення їх стійкості:

- за необхідності збільшення їх крутизни до 70°
- в армогрунтових підпірних стінках з крутизною від 70° до 90° ;

При укладанні в основу насипу ґрунтово-геосинтетичних обойм,

- на підходах до мостів і в берегових опорах мостів;
- за необхідності зменшення смуги відведення під час нового будівництва, реконструкції з розширенням земляного полотна, ремонту обрушених укосів насипів або виїмок та спорудження насипів зперезвожених дрібнозернистих ґрунтів.

Варіанти первинного та вторинного армуння та стабілізації укосу насипу наведені на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Схема армуння і стабілізації укосу насипу

Рекомендованими геосинтетичними матеріалами для армування і стабілізації укосів є:

- для первинного армування - геограти з міцністю на розтяг не менше ніж 30 кН/м із поліефірних, поліпропіленових чи поліамідних волокон;
- для вторинного армування - геотекстилі тканинні і нетканинні;
- геомати для захисту поверхні укосу від ерозії.

Короткі полотна вторинного армування, довжиною від 1 м до 2 м, укладають між полотнами первинного армування, якщо відстань між останніми більше ніж 0,6 м згідно з рисунком 3.2.



Рисунок 3.2 – Схема закладання полотен вторинного армування між полотнами первинного

Елементами армування і стабілізації укосу є первинне і вторинне армування, захист поверхні укосу від ерозії і система дренажу.

Первинне армування повинно забезпечувати загальну стійкість укосу, виконують полотнами геосинтетика, які закладають в тіло укосу на ширину, що заходить за лінію можливого обриву укосу.

Вторинне армування повинно забезпечувати стійкість укосної частини під час ущільнення. Для цього застосовують достатньо міцні геотекстилі тканинні і нетканинні з додатковою функцією фільтрації. Полотна геосинтетичного матеріалу закладають на ширину до 2 м в тіло укосу між полотнами первинного армування.

Для забезпечення загальної стійкості укосу необхідно влаштовувати систему дренажу армованого укосу, окрім випадків спорудження насипу із зернистих (дренуючих) матеріалів. Розрахунок стійкості укосу виконують за критеріями внутрішньої, зовнішньої і комбінованої стійкості та експлуатаційного граничного стану (рис. 3.3).

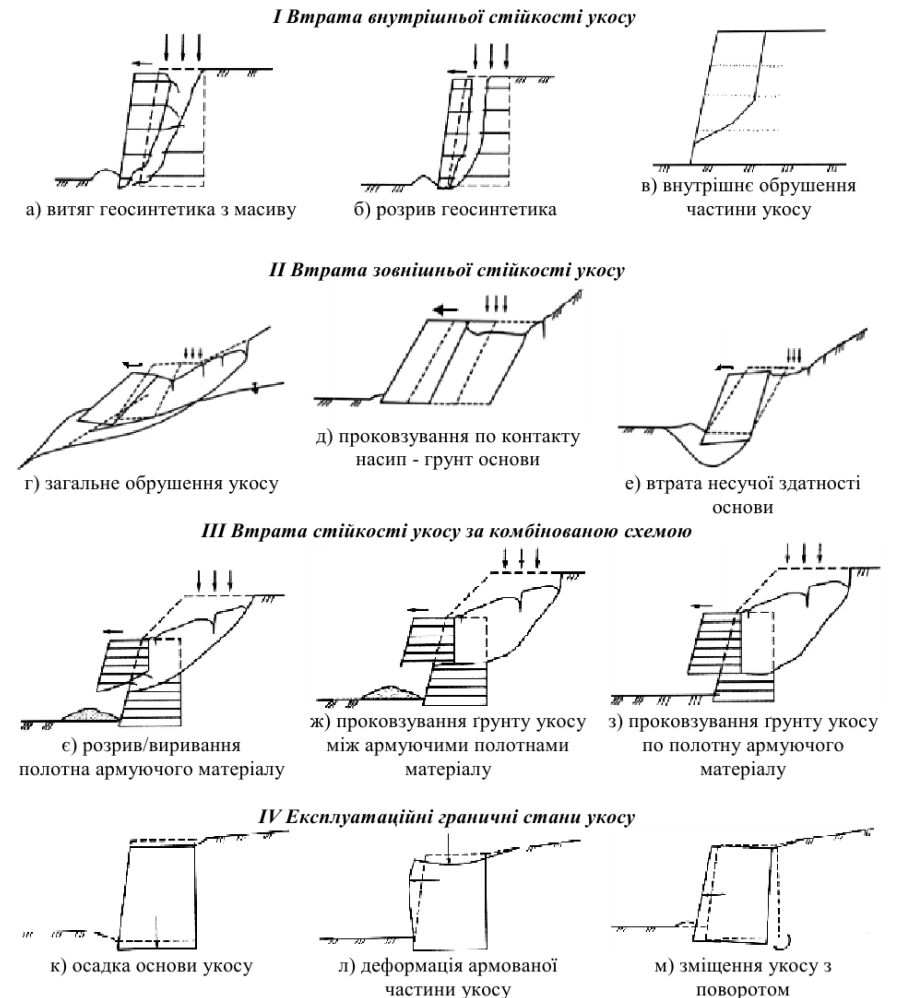


Рисунок 3.3 - Схеми втрати стійкості укосів

Внутрішня стійкість характеризує роботу ґрунту і геосинтетичних полотен в армованій частині конструкції. При цьому вважається, що площина ймовірного обрушення проходить крізь армуючі полотна.

Зовнішня стійкість характеризує роботу армованої конструкції в цілому, без урахування способу армування, а площина ймовірного обрушення проходить поза чи під армованою частиною.

Комбінована втрата стійкості може виникати, коли лінія обрушення проходить одночасно поза армуванням і безпосередньо через армовану частину.

Експлуатаційні граничні стани визначають критичні значення усадки і деформації, перевищення яких впливає на експлуатаційні якості конструкції.

Величину розрахункового зусилля первинного армування укосу, T_r , приймають як найбільше значення з розрахунків на внутрішню, зовнішню і комбіновану стійкість. Необхідна розрахункова міцність геосинтетика для армування укосу повинна задовольняти умові (3.1):

$$Td = Tr, \quad (3.1)$$

де Td – розрахункова міцність геосинтетика для первинного армування, кН/м;

Tr – розрахункове зусилля, яке повинно передаватись геосинтетичному армуючому полотну, кН/м.

Необхідна номінальна довготривала міцність геосинтетика, $T_{ном}$, повинна задовольняти умові (3.2):

$$T_{ном} \geq T_d \cdot \gamma_m \cdot \gamma_n, \quad (3.2)$$

Розрахункову довжину анкерування полотен в укисній частині насипу приймають як більшу з довжин, отриманих при розрахунках на внутрішню, зовнішню і комбіновану стійкість укосу.

Наявність ґрунтової води в тілі укосу може знижувати здатність геосинтетика опиратись зусиллям витягування і призводити до ерозії поверхні укосу. Внутрішній дренаж, як правило, влаштовують за армованою частиною укосу. Відстань між водовипусками залежить від геометрії об'єкта та інтенсивності підтікання води. При просторовій орієнтації дренажу слід приймати до уваги, що потенційна площа обрушення укосу може проходити по контакту "ґрунт-геосинтетик дренажу", в якому величина зчеплення і кут внутрішнього тертя можуть бути зниженими. Геотекстилі первинного і вторинного армування повинні мати водопроникність більшу, ніж ґрунт, яким засипають армовану частину для запобігання накопиченню води над геотекстилем внаслідок інфільтрації атмосферних опадів.

При порівнянні проектних варіантів армованого і неармованого укосів на основі критерію "ефективність-вартість" приймають до розрахунку: об'єм земляних робіт, площу поверхні укосу, середню висоту укосу і кут його закладання, вартість місцевого ґрунту для неармованого укосу і підібраного ґрунту для армованого, вимоги до протиерозійного захисту укосу, можливість і вартість землевідведення, вартість конструкцій безпеки (огорожі тощо), необхідність застосування тимчасової опалубки, необхідність перенаправлення руху транспорту під час будівництва і естетичність конструкції в цілому, експлуатаційні витрати.

Обмеження при армуванні та стабілізації укосів. Потрібно приймати до уваги стійкість та довговічність геосинтетиків у ґрунтових умовах (рівень рН окислювання).

Використання геосинтетиків на основі поліетилентетрафталату слід обмежувати в ґрунтах з $3 < \text{pH} < 9$; а на основі поліолефінів (поліпропілен і поліетилен) обмежувати в ґрунтах з рН більше 3. Якщо місце вкладання геосинтетика знаходиться на рівні ґрунтових вод або нижче, слід враховувати питому вагу геосинтетичного матеріалу, щоб уникати його плавучості під час вкладання, питома вага повинна бути

більше ніж 1,0 за рахунок привантаження. Розмір і маса рулону геосинтетика повинні відповідати умовам розрахунків (мінімальна ширина) та способу вкладання (механізований чи немеханізований).

Виконання армування і стабілізація укосів. До початку робіт розробляють детальний план укладання полотен геосинтетиків, який повинен регламентувати напрямок вкладання полотен: при поперечному вкладанні розрахункова міцність геополотна залежить від МН - напрямку; при поздовжньому ПМН - напрямку.

З'єднання окремих полотен в напрямку передачі основних зусиль (від осі насипу в бік укосу) при поперечному вкладанні полотен не допускається, тобто довжина полотна для первинного армування повинна бути відміряна з цільного рулону.

Основу під укладання полотен геосинтетиків звільняють від предметів, які можуть пошкодити полотна (гостре каміння, корені та гілля дерев, будівельне сміття тощо). Необхідна рівність основи повинна бути ± 30 мм. При вкладанні армуючих полотен геосинтетиків в укосах із крутизною менше 45° загортання полотен дозволяється не виконувати.

Способи закладання геосинтетичних полотен наведено на рисунку 3.4.

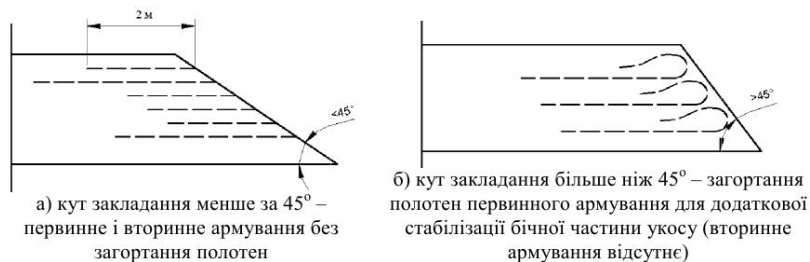


Рисунок 3.4 - Способи закладання геосинтетичних полотен при армуванні укосу залежно від його крутизни α

При більш крутих укосах необхідне загортання полотен в торцевій частині. Для формування торцевої частини використовують тимчасову або постійну опалубку, згідно зі схемами наведеними на рис. 3.5, 3.6.

Товщина шару засипання ґрунтом полотна геосинтетиків не повинна перевищувати 0,6 м.

Засипання армуючих полотен зернистим матеріалом виконують екскаватором з фронтальним ковшем (рисунок 3.5). Заїзд будівельної техніки безпосередньо на полотна геосинтетичних матеріалів заборонено.

Мінімальна товщина зернистого матеріалу над полотном геосинтетиків повинна бути не менше 0,2м. Ущільнення незв'язного ґрунту засипки виконують віброкотком чи віброплитою, а зв'язного – котком на пневмоходу.

Для ущільнення бічної частини укосу застосовують легкі ущільнюючі засоби (рисунок 3.6 е). Коефіцієнт ущільнення ґрунту в укісній частині повинен становити не менше ніж 0,95 від стандартного значення при варіації вологості ґрунту в межах 2 %.

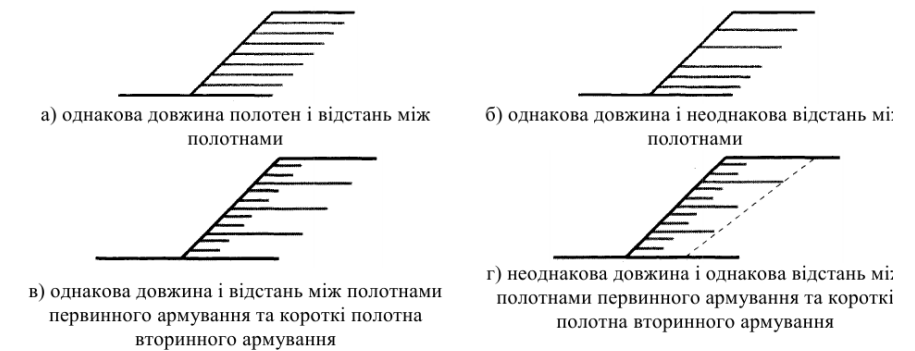


Рисунок 3.5 - Схеми армування укосів з різною довжиною армування

Надалі виконують влаштування внутрішнього дренажу армованого укосу та протиерозійного захисту укосу.

3.5 Конструювання асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу підвищеної колієстійкості

1. Проектування асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу підвищеної колієстійкості, являє собою суцільний процес розрахунку покриття на міцність, зсувостійкість, а також морозостійкості з урахуванням техніко-економічного обґрунтування варіантів конструкцій.

2. Інженерний метод розрахунку асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу включає в себе:

- визначення кількості та товщини конструктивних шарів;
- вибір матеріалів для шарів конструкції з урахуванням інноваційних матеріалів та технологій;
- застосування енергозаощадливих та екологічних матеріалів та технологій.

3. При розрахунку асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу необхідно дотримуватися наступних принципів:

- асфальтобетонні шари покриття та шари основи можуть бути типовими чи розробленими окремо для кожного шару конструкції з урахуванням різного рівня розрахункового навантаження;
- технологія влаштування асфальтобетонних шарів покриття та шарів основи повинна забезпечувати можливість максимальної механізації дорожньо-будівельних процесів та враховувати реальні умови виконання будівельних робіт.

4. При влаштування асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу необхідно враховувати конструктивні, матеріалознавчі та технологічні заходи щодо підвищення колієстійкості.

Конструктивні заходи щодо підвищення стійкості до утворення колії асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу.

Для підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття при конструюванні дорожнього одягу нежорсткого типу для важкого та інтенсивного руху слід дотримуватись наступних принципів:

- застосування в робочій зоні земляного полотна стабілізованих або укріплених неорганічними в'язучими ґрунтів;

- застосування в дренальних шарах основи штучного дробленого піску або щебенево-піщаних сумішей;

- застосування між ґрунтом земляного полотна та основою дорожнього одягу геотекстильних матеріалів [14];

- застосовування між піщаною основою і щебеним шаром основи геотекстильних матеріалів згідно з розділом [14];

- застосування в шарах основи щебенево-піщаних сумішей неукріплених та укріплених неорганічними в'язучими [14];

- з просочуванням та напівпросочуванням органічними в'язучими, а також чорний щебінь;

- рекомендується виконувати підґрунтовку поверхні основи покриття бітумом, модифікованим полімерами [14] (орієнтовні витрати підґрунтовки призначати згідно [14], а їх уточнення здійснювати з урахуванням [14] для забезпечення максимального зчеплення між шарами асфальтобетону);

- при застосуванні шарів асфальтобетонного покриття з підвищеною колієстійкістю рекомендується перевіряти асфальтобетони різної гранулометрії за методикою [14].

При зведенні земляного полотна із ґрунтів при умові зволоження за II та III типом рекомендується укріплювати ґрунти активної зони земляного полотна неорганічними в'язучими. При цьому необхідно обов'язково влаштувати дренаж [14], та/або влаштувати фільтрувальні прошарки [14].

Рекомендується здійснювати розрахунок у літній період на стійкість до зсуву ґрунту земляного полотна, зернистих та слабозв'язаних матеріалів конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу для підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття.

В основному слід застосовувати щільний асфальтобетон I – II марок типів А, Б. Для умов дорожньо-кліматичних зон А-1 і А-7 на дорогах I, II, III,

категорій переважно слід використовувати асфальтобетони типів А, Б та щебенево-мастиковий асфальтобетон незалежно від дорожньо-кліматичної зони [14].

Для запобігання колієутворення на автомобільних дорогах з рухом великовантажних транспортних засобів у верхньому шарі покриття рекомендується застосовувати асфальтобетонні суміші типу А та ЩМА.

У нижніх шарах основи рекомендується використовувати щільні асфальтобетони з залишковою пористістю не менше 3% та пористі асфальтобетони з залишковою пористістю не більше 7%.

Товщини проміжних шарів дорожнього одягу слід призначати такими, щоб під дією розрахункових навантажень у монолітних шарах основи з матеріалів, укріплених неорганічними в'язучими, а також комбінованими в'язучими, розтягувальні напруження при згині не перевищували допустимих, а в зернистих і малозв'язних матеріалах (гравій, пісок, суміші на основі рідких органічних в'язучих і т. ін.) не виникали б неприпустимі деформації зсуву і не відбувалась їх дезінтеграція. Ступінь дезінтеграції зернистих матеріалів визначається за методикою [14].

Міжремонтний термін для проведення робіт з усунення на асфальтобетонних покриттях колії недопустимої глибини з метою відновлення поперечної рівності покриття (термін служби дорожнього покриття за критерієм поперечної рівності) рекомендується не менше зазначених [14].

Технологічні заходи при влаштуванні конструкції дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям підвищеної колієстійкості.

При спорудженні земляного полотна потрібно дотримуватись технології зведення конструкції земляного полотна та забезпечення якості робочого шару [1, 4].

З метою забезпечення однорідності при стабілізації або укріпленні шару дорожнього одягу рекомендується застосовувати холодний ресайклінг на дорозі або в стаціонарних чи пересувних змішувачах примусової дії [14].

З метою підвищення розподільчої та несучої здатності між ґрунтом земляного полотна і основою, між щебеневою основою і асфальтобетонним покриттям рекомендується використовувати геосинтетичні матеріали. При застосуванні геосинтетичних матеріалів для підвищення стабільності ґрунту земляного полотна рекомендується дотримуватись вимог [14].

Для зменшення зволоження ґрунту земляного полотна та основи дорожнього одягу рекомендується передбачати такі заходи, як зміцнення узбіч, забезпечення їх належного поперечного похилу і водонепроникності, влаштування бордюрів і лотків, а також забезпечення безпечної відстані від брівки земляного полотна до рівня тривалих поверхневих вод, підвищене ущільнення (до $K = 1,03 \dots 1,05$) верхньої частини робочого шару в дорожньо-кліматичних зонах У-ІІ, У-ІІІ.

При влаштуванні асфальтобетонного покриття підвищеної колієстійкості рекомендується дотримуватись технологічного регламенту, приділяючи особливу увагу наступним технологічним операціям:

- підготовка основи дорожнього одягу;
- підґрунтовка шару основи;
- транспортування асфальтобетонної суміші;
- укладання асфальтобетонної суміші;
- контроль якості робіт.

Всі роботи необхідно виконувати згідно [14]. До початку влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу слід скласти та затвердити графік виконання робіт, розробити транспортну схему та технологічну карту на влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу.

Підготовка основи дорожнього одягу

Поверхню основи до укладання асфальтобетонної суміші ретельно очищують від пилу, бруду. При необхідності основу вирівнюють, ліквідують ямковість, тріщини та ін.

Підґрунтовка шару основи

Виконують підgruntовку на автомобільних дорогах загального користування [14] шляхом рівномірного розподілу бітуму, модифікованого полімерами [14].

Транспортування асфальтобетонної суміші

Тривалість транспортування асфальтобетонної суміші повинна бути такою, щоб суміш не встигала охолонути нижче мінімально допустимої температури на початку ущільнення.

При цьому температура асфальтобетонної суміші не повинна перевищувати її максимально допустиме значення для кожного конкретного виду в'язучого [1, 2, 4, 14].

Для зменшення втрат тепла асфальтобетонної суміші під час транспортування, слід застосовувати великовантажні автомобілі вантажопідйомністю 25-40 тон з кузовами, що підігріваються, а також обов'язковим укриттям гарячої суміші. При цьому для збереження температури асфальтобетонної суміші на автосамоскидах необхідно влаштувати повітряний прошарок між тентом та поверхнею суміші.

Рух автомобільного транспорту при транспортуванні асфальтобетонної суміші необхідно організувати таким чином, щоб забезпечити безперервне укладання суміші.

Укладання асфальтобетонної суміші. Асфальтобетонна суміш укладається у відповідності з технологічною картою на влаштування асфальтобетонного покриття.

Укладання асфальтобетонної суміші рекомендується виконувати асфальтоукладальниками, які обладнано подвійним трамбувальним брусом та вигладжувальною віброплитою або трамбувальним брусом, вигладжувальною віброплитою та гідравлічними пресувальними планками.

При укладанні асфальтобетонної суміші для підвищення колієстійкості рекомендується застосування перевантажувача. Використання перевантажувача вирішує одночасно такі технологічні задачі – зменшує гранулометричне та температурне розшарування асфальтобетонної суміші

(сегрегацію), а також виконує постійне завантаження бункера асфальтоукладальника сумішшю, що сприяє покращанню рівності асфальтобетонного покриття та підвищенню колієстійкості. Укладання слід проводити на всю ширину проїзної частини.

Ущільнення здійснюють важкими гладковальцевими котками [14]. Роботи з ущільнення необхідно організувати так, щоб на протязі зміни котки не мали перерви в роботі.

Для підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття рекомендується ущільнювати асфальтобетонну суміш до коефіцієнта ущільнення не нижче ніж 0,99 для I та II категорії, а для III – 0,98.

Контроль якості робіт. Асфальтобетонна суміш та асфальтобетон випробовують згідно [14], повинні відповідати вимогам [14].

Рекомендується слідкувати за процесом ущільнення шарів конструкції дорожнього одягу шляхом постійної перевірки коефіцієнта ущільнення під час укладання.

Заходи, направлені на усунення колійності в асфальтобетонному покритті.

Наведено технологічні особливості по ремонту асфальтобетонного покриття в результаті утворення колійності та запропоновано технічні рішення щодо усунення можливих дефектів під час експлуатації з метою запобігання подальших руйнувань та підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу.

Роботи з усунення колії в асфальтобетонному покритті необхідно виконувати з урахуванням чинних нормативних документів [14].

Усунення колійності в асфальтобетонному покритті можна розділити на наступні види:

- 1) Організаційні, що базуються на методах зниження темпів утворення колії:
 - обмеження денного потоку вантажного транспорту в літній час при підвищених температурах (при добовому завантаженні автомобільної дороги за рахунок нічного часу);

- проведення вагового контролю величини навантаження на вісь автомобіля та застосування штрафних санкцій на власників автотранспорту при недотриманні таких вимог;

- забезпечення зменшення транспортного потоку з крайніх правих смуг, за рахунок створення рівномірного потоку по смугах руху та ліквідація місць зниження швидкості руху;

2) Ліквідація утвореної колійності асфальтобетонного покриття, що не передбачає повного усунення причин її виникнення:

- зменшення глибини колії за рахунок часткового холодного або гарячого фрезерування (зрізання колії, хвиль, напливів);

- проведення часткового гарячого або холодного фрезерування з подальшим його влаштуванням або з влаштуванням захисного шару чи проведенням поверхневої обробки;

- проведення поверхневої обробки або влаштування тонкого шару покриття на всій ширині проїзної частини (технологія «Сларрі Сіл», «Мікросюрфейсінг»);

3) Усунення причин, що впливають на утворення колійності асфальтобетонного покриття:

- проведення ремонту з подальшим підсиленням конструкції дорожнього одягу (зміна поперечного профілю, влаштування додаткових колієстійких шарів покриття, застосування геосинтетичних матеріалів, використання сучасних дорожньо-будівельних матеріалів, що підвищують колієстійкість покриття та інше).

4) Засоби, направлені на попередження утворення колії:

- проведення розрахунку дорожньої конструкції з урахуванням накопичення залишкових деформацій;

- підбір дорожньо-будівельних матеріалів підвищеної колієстійкості при високій температурі навколишнього середовища та вологості основи і шарів конструкції та підвищеного навантаження від дії транспортних засобів;

- суворий контроль якості на підготовчому етапі, етапі будівництва та утримання автомобільної дороги;

- проведення обов'язкового лабораторного дослідження колієутворення всіх матеріалів конструкції та з наступним стендовим або полігонним дослідженням конструкції дорожнього одягу на утворення колії з обов'язковим порівнянням різних типів та видів конструкцій дорожнього одягу.

Для доріг і вулиць міст з інтенсивним рухом великовантажного транспорту рекомендується під час ремонтів, як мінімум, застосовувати два шари із полімерасфальтобетону на відремонтованій основі, що склеєні між собою полімербітумним в'язучим або модифікованою полімером бітумною емульсією: верхній із дрібнозернистого асфальтобетону товщиною 4-6 см; нижній із крупнозернистого асфальтобетону товщиною 8-12 см.

3.6 Рекомендації з комплексного підвищення конструктивних заходів з відновлення міцності нежорстких дорожніх одягів

Для розробки конструктивних заходів приведена методика оцінювання характеру розтріскування та обґрунтування вибору технології і механізмів для відновлення несної здатності конструкції дорожнього одягу:

- аналіз вихідних даних стосовно: категорії дороги (вулиці), складу та інтенсивності руху, конструкції дорожнього одягу, історії будівництва та ремонтів, наявності доступних матеріалів і механізмів;

- візуальний огляд поверхні;

- створення картографії дефектів;

- здійснення (за необхідності) інструментальних вимірювань прогину (чаші прогину), відбір кернів (вирубок), випробування асфальтобетону, ґрунту тощо;

- встановлення різновидів поперечних тріщин згідно їх класифікації;

- розроблення варіантів технології відновлення несучої здатності конструкції дорожнього одягу;

- виконання техніко-економічного аналізу варіантів технології та вибір і обґрунтування раціонального варіанту для реалізації.

Рекомендації з комплексного підвищення конструктивних заходів з відновлення міцності нежорстких дорожніх одягів складаються із матеріалознавчих, конструктивних і технологічних підходів.

Матеріалознавчі підходи полягають у наступному. Застосування герметиків підвищеної деформативності за низьких температур та високою адгезійною здатністю до асфальтобетону передбачає дотримання розроблених вимог до герметиків.

Застосування армуючих матеріалів з мінімальними граничною відносною деформацією що перевищує граничну відносну деформацію асфальтобетону. При цьому перед використанням армуючих синтетичних матеріалів для армування асфальтобетону необхідно здійснити процедуру оцінки впливу технологічних та транспортних факторів на циклічну довговічність армуючої сітки, а також встановлювати розрахункові характеристики армованого асфальтобетону.

Застосування литого полімер асфальтобетону для відновлення монолітності покриття з крупними поперечними тріщинами.

Конструктивні підходи полягають у наступному. Ремонт крупних тріщин на всю товщину асфальтобетонних шарів із застосуванням армуючих матеріалів.

Укріплення шарів основи та ґрунту земляного полотна в зоні поперечних тріщин.

Технологічні підходи полягають у наступному. Застосування просочування та ін'єктування шарів основи та ґрунту земляного полотна в зоні поперечних тріщин.

Застосування технології гарячого ресайклінгу для відновлення монолітності покриття з тріщинами згідно чинних нормативних документів (Р В.2.3-37641918-899; Р В.3.2-03450778-837).

Склад робіт з герметизації тріщин мастикою:

- встановлення тимчасових знаків та огорожень;
- видалення старої мастики та старих ущільнювальних шнурів механізовано;
- розкриття (обробка) тріщин фрезою;
- прочищення тріщин, швів щіткою;
- обезпилення розкритих тріщин стислим повітрям;
- очищення та промивка тріщин та швів водою під високим тиском;
- просушування та прогрів кромки тріщин або швів;
- підґрунтування тріщин та швів праймером;
- розпакування та завантаження мастики у котел машини плавильно-заливальної;
- розігрівання мастики;
- закладання шнура;
- заповнення тріщин та швів мастикою за допомогою машини плавильно-заливальної;
- присипання заповнених тріщин цементом або відсівом (піском);
- зняття тимчасових дорожніх знаків та огорожень;
- ремонт тріщин і швів заливанням мастикою передбачено за допомогою машини плавильно-заливальної Crafc0 Super Shot 125 DCRC при ремонті тріщин в асфальтобетонному покритті.

Склад робіт з ямковий ремонт асфальтобетонного покриття:

- встановлення тимчасових знаків та огорожень;
- розмічання місць ремонту;
- розламування покриття;
- відкидання обрублених кусків в сторону на відстань до 3м;

- підгорткування вирубаних кусків (або знімання асфальтобетонних покриттів доріг за допомогою машин для холодного фрезерування асфальтобетонних покриттів окремими місцями);
- очищення вибоїн від бруду, пилу та решток асфальтобетону стисненим повітрям за допомогою компресора;
- розливання в'язучих матеріалів;
- укладання асфальтобетонної суміші.

Поверхневий (неглибокий) ремонт поперечних відображених тріщин з використанням АСМ застосовують для уповільнення розвитку відображених тріщин в асфальтобетонних шарах, коли крайки тріщин достатньо міцні, а фрезерування шарів покриття на всій довжині ділянки не обов'язкове якщо площа окремих руйнувань менша 10% від загальної площі поверхні покриття.

Порядок виконання поверхневого ремонту (рисунок 3.7):



Рисунок 3.7 – Схема поверхневого ремонту поперечних відображених тріщин та аварійний ремонт

- локальне фрезерування асфальтобетонного шару покриття вздовж тріщини смугою шириною 1 м і на глибину, яка на 3 см перевищує товщину верхнього шару асфальтобетонного покриття;

- розкриття тріщини фрезею до ширини не менше 12 мм і глибини 15 мм та заповнення тріщини емульсією або мастикою;
- за необхідності влаштування вирівнюючого шару із дрібнозернистого асфальтобетону і його укочування;
- розливання підгрунтовки по фрезерованій поверхні або шару вирівнювання;
- укладання АСМ та за необхідності з додатковим закріпленням;
- герметизація вертикальних стінок фрезерованої смуги бітумом, емульсією, мастикою або самоклеючими полімер-бітумними стрічками;
- заповнення місця фрезерування асфальтобетонною сумішшю (з врахуванням зміни ущільнюваності при укоченні асфальтобетону);
- ущільнення асфальтобетонної суміші до необхідного коефіцієнта ущільнення $K_{ущ}=0,98$.

Ремонт відображених тріщин з використанням АСМ застосовують в разі недостатньої міцності основи (розтріскана основа, укріплена цементом, пісний бетон, цементобетон дроблений віброрезонансним методом тощо), недостатньої міцності крайок та недостатньої несучої здатності конструкції. Цей ремонт може включати заміну основи та може бути використаний для локальних ремонтів тріщин втоми (тріщини типу "крокодилова шкіра").

Порядок виконання ремонту (рисунок 3.8):

- локальне фрезерування шару (шарів) асфальтобетонного покриття вздовж тріщини смугою шириною 2 м на глибину, яка на 3 см нижче шару покриття;
- фрезерування нижніх шарів конструкції дорожнього одягу на ширину не менше ніж 1 м і до глибини шарів основи, які мають недостатню міцність;
- ремонт або заміна матеріалу основи щебенем, укладеним способом заклинювання або щебеневими сумішами оптимального складу;
- відновлення нижньої фрезерованої частини конструкції (шириною не менше від 1 м до 2 м в залежності від типу обладнання) матеріалами,

подібними до суміжних зв'язаних шарів для забезпечення однорідності за міцністю;

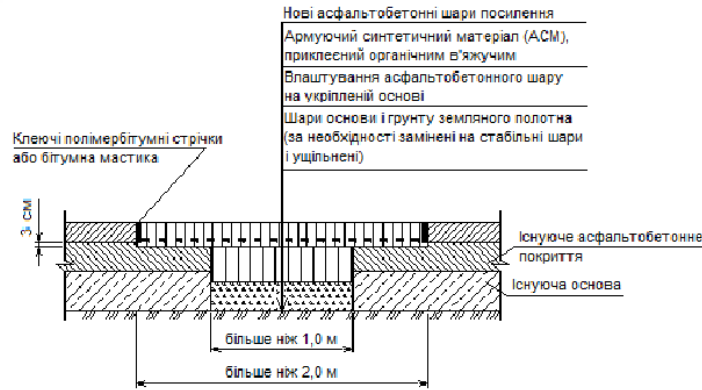


Рисунок 3.8 – Схема ремонту наскрізних тріщин у конструкції дорожнього одягу

- підготовка основи під АСМ;
- розподілення (розлив або розбризування) підgruntовки та укладання шарів АСМ;
- герметизація вертикальних стінок фрезерованої смуги бітумом, емульсією, мастикою або самоклеючими полімер-бітумними стрічками.

Для підсилення конструкції новим асфальтобетонним шаром поверх відремонтованого місця вкладають полотно АСМ шириною 3м на підgruntовку (рис. 3.9).

Використання АСМ при поширенні конструкції дорожнього одягу або перебудові узбіччя, має за мету запобігання утворенню на поверхні проїзної частини поздовжніх тріщин, відображених тріщин або поздовжніх швів в місцях з'єднання існуючої проїзної частини з конструкцією дорожнього одягу на ділянці розширення або укріплення узбіччя. Спосіб розширення конструкції дорожнього одягу або укріплення узбіччя з використанням АСМ

виконують згідно з рисунком 3.10.

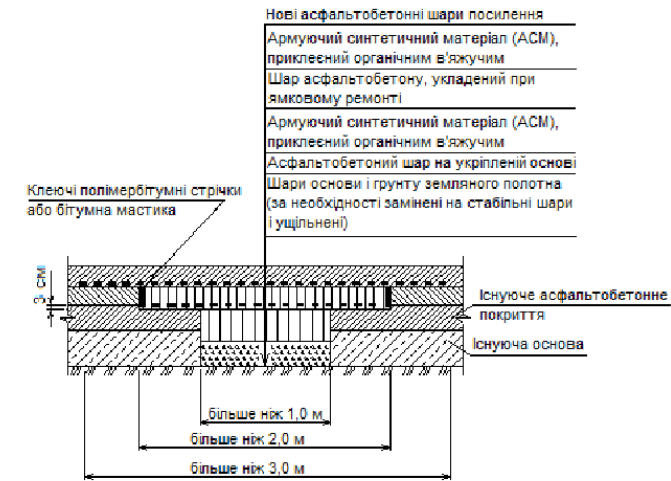


Рисунок 3.9 – Схема ремонту наскрізних тріщин та підсилення конструкції дорожнього одягу новими асфальтобетонними шарами



Рисунок 3.10 – Схема поширення конструкції дорожнього одягу з використанням АСМ (вигляд у поперечному напрямку)

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Вимоги безпеки та охорони навколишнього середовища

При приготуванні асфальтобетонних сумішей та влаштуванні колієстійких асфальтобетонних шарів дорожніх одягів необхідно вжити заходи щодо забезпечення умов охорони праці робітників та інженерно-технічних працівників, а також охорони навколишнього природного середовища відповідно до вимог НПАОП 63.21-1.01, ДБН В.1-1-7, НАПБ А.01.001, ДСТУ 7238, ДСТУ 7239, ДСТУ 4044, ДСТУ Б В.2.7-119, ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.4.011 та СОУ 45.2-00018112-006.

Матеріали для приготування асфальтобетонних сумішей – щебінь, пісок, мінеральний порошок і бітум – за ступенем шкідливої дії на організм людини відносяться до помірно небезпечних та мало небезпечних речовин (III-IV) класів безпеки згідно з ГОСТ 12.1.007). Роботи з використання асфальтобетонних сумішей можна проводити без додаткових заходів, крім загально прийнятих. Під час завантаження, транспортування та розвантаження необхідно керуватись загальними правилами техніки безпеки при роботі з нетоксичними та малотоксичними речовинами.

Вихідні бітуми (в тому числі модифіковані) є горючими речовинами з температурою займання (300-351) оС. При роботі з ними необхідно дотримуватись вимог безпеки згідно з НАПБ А.01.001, НАПБ В.01.048, ГОСТ 12.1.004 та ДСТУ 4044. При загорянні невеликої кількості бітуму його треба гасити піском або пінним вогнегасником.

Розвинуті пожежі бітуму треба гасити пінним струменем, повітряно-механічною піною та сильним струменем від лафетних стволів.

Приміщення, де проводяться роботи з в'язучим, полімерами та адгезійними домішками повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією згідно з СНиП 2.04.05, ГОСТ 12.4.021.

Робітники, які займаються приготуванням і застосуванням асфальтобетонних сумішей для влаштування колієстійких асфальтобетонних покриттів повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту згідно з НПАОП 0.00-4.01. Всі працюючі повинні бути забезпечені спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту згідно з НПАОП 63.21-3.03.

При виконанні робіт, пов'язаних з приготуванням і використанням асфальтобетонних сумішей необхідно дотримуватись правил особистої гігієни, а саме: приймати їжу в спеціальних приміщеннях, користуватися санітарно-побутовими кабінетами, приймати душ після закінчення зміни.

При потраплянні бітумів або асфальтобетонних сумішей: на шкіру (настільки гарячих, що може з'явитися опік) – її треба швидко охолодити, тоді розчинити бітум нафтовими олівами або провареною соняшниковою олією та обережно зняти бинтом або ватою; в очі – треба терміново звернутися до лікаря-окуліста. Гостре та хронічне отруєння практично неможливе. При необхідності треба звернутися до медичного закладу за відповідною допомогою.

До початку робіт необхідно огородити ділянку робіт, спрямувати рух транспортних засобів в об'їзд, позначити безпечну зону для людей, зайнятих при виконанні робіт згідно вимог СОУ 45.2-00018112-006.

На машинах, що беруть участь у технологічному процесі, повинні бути включені ближнє світло фар і проблісковий маячок оранжевого кольору.

Під час роботи дорожніх машин забороняється знаходитися у зоні їх дії стороннім особам, а також на площадці керування, рамі, робочих органах, кожухах.

4.2 Вимоги охорони навколишнього середовища

В процесі приготування та укладання асфальтобетонних сумішей при дотриманні технологічних параметрів і вимог охорони праці небезпека додаткових викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище відсутня.

При зберіганні, транспортуванні і застосуванні асфальтобетонних сумішей, а також їх компонентів стічні води не утворюються. За технологічної температури (120-180) °С не передбачається надходження канцерогенних та мутагенних речовин в навколишнє середовище.

Ефективними засобами захисту довкілля є герметизація та запобігання розливу бітуму та розсипання асфальтобетонних сумішей.

Обладнання і комунікації виробничих процесів повинні бути герметизовані, викиди в атмосферу (вентвикиди) повинні відповідати ГДВ підприємства, розрахованим згідно з вимогами ГОСТ 17.2.3.02.

Порядок накопичення, транспортування, знешкодження та поховання розливів бітумів, розсипаних асфальтобетонних сумішей, некондиції та інших відходів, що утворюються в процесі приготування і використання, повинен відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.7.029.

Бази по приготуванню модифікованих бітумів, а також асфальтобетонні заводи повинні бути устатковані відповідно до вимог ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002, та ДСП 173.

4.3 Особливості організації будівництва вулиць, доріг і штучних споруд

Склад і зміст проектів організації будівництва та проектів виконання робіт визначається ДБН А.3.1-5.

У процесі розроблення проектно-технологічної документації з будівництва вулиць, доріг і штучних споруд необхідно враховувати особливості їх будівництва та подальшої експлуатації в умовах населених пунктів, зокрема:

- обмежені можливості проведення будівельно-монтажних робіт у зв'язку з наявністю забудови;
- наявність складної системи облаштування та інженерного обладнання, що потребує чітко послідовності виконання робіт;

- специфічні типи транспортних засобів і режим їх руху, характер дії навантаження біля перехресть на зупинках маршрутного транспорту та автостоянках внаслідок зменшення швидкості руху;
- несприятливі фактори водно-теплогового режиму дорожнього одягу та земляного полотна: розміщення проїзної частини нижче інших елементів вулиці та використання її для відведення поверхневих в додаткові джерела зволоження від водоносних підземних комунікацій; можливість поступового підвищення рівня ґрунтової води за рахунок зменшення площі випаровування, а також за рахунок забудови;
- зменшення обсягу атмосферних опадів, що надходять у ґрунт, за рахунок наявності бордюру і більш швидкого відведення дощової і талої води каналізацією, глибини промерзання ґрунту внаслідок теплового впливу будівель;
- покращання санітарно-гігієнічних умов, пов'язаних з необхідністю зниження шуму, забруднення атмосферного повітря, радіаційного забруднення, поліпшення умов збирання сміття, бруду, снігу, льоду тощо.

Підготовка будівельного виробництва повинна з необхідним випередженням передувати кожному етапу безпосереднього виконання будівельно-монтажних робіт і охоплювати заходи з загальної організаційно-технічної підготовки, підготовки до будівництва об'єкта, підготовки будівельної організації до виконання будівельно-монтажних робіт, склад і порядок упровадження яких визначається ДБН А.3.1-5.

Умови виконання робіт на дорожньо-транспортному об'єкті обумовлюють: виділення небезпечних зон, меж та осей підземних споруд і комунікацій; схеми руху транспорту та пішоходів із забезпеченням безпечних під'їздів до діючих підприємств, будівель і споруд; протипожежні розриви; заходи з попередження забруднення території, водного та повітряного басейнів, з захисту від шуму, вібрації та інших шкідливих небезпечних впливів.

Організація технологічних процесів повинна передбачати виконання робіт у межах огороженої та обладнаної технічними засобами ділянки.

Забороняється виконувати підготовчі роботи, завозити матеріали та виробити, розміщувати машини, механізми та устаткування на ділянці робіт до її огороження та обладнання технічними засобами організації дорожнього руху.

Обладнання ділянок робіт, а також відповідальність за правильне розміщення і збереження технічних засобів покладається на організацію, яка виконує ці роботи.

Під час організації та виконання робіт слід дотримуватися правил техніки безпеки та забезпечувати безпеку дорожнього руху на ділянках робіт.

Організація руху транспорту та пішоходів на період будівництва повинна бути вирішена в спеціальному розділі проекту виконання робіт і забезпечувати безпеку руху та можливість відкриття максимального фронту робіт.

У процесі спорудження дорожньо-транспортних споруд необхідно застосовувати потокові методи організації робіт.

Швидкість потоку, оснащеність його машинами та механізмами, технологічні перерви встановлюються проектом виконання робіт.

Ступінь і характер механізації робіт на об'єкті вибирається виходячи з технічної необхідності та техніко-економічної доцільності.

Контроль та оцінка якості робіт з будівництва вулиць і доріг здійснюється згідно з ДБН В.2.3-4.

ВИСНОВКИ

1. Проектування асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу підвищеної колієстійкості, являє собою суцільний процес розрахунку покриття на міцність, зсувостійкість, а також морозостійкості з урахуванням техніко-економічного обґрунтування варіантів конструкцій.

2. Інженерний метод розрахунку асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу включає в себе:

- визначення кількості та товщини конструктивних шарів;
- вибір матеріалів для шарів конструкції з урахуванням інноваційних матеріалів та технологій;
- застосування енергозаощадливих та екологічних матеріалів та технологій.

3. При розрахунку асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу необхідно дотримуватися наступних принципів:

- асфальтобетонні шари покриття та шари основи можуть бути типовими чи розробленими окремо для кожного шару конструкції з урахуванням різного рівня розрахункового навантаження;
- технологія влаштування асфальтобетонних шарів покриття та шарів основи повинна забезпечувати можливість максимальної механізації дорожньо-будівельних процесів та враховувати реальні умови виконання будівельних робіт.

4. При влаштування асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу необхідно враховувати конструктивні, матеріалознавчі та технологічні заходи щодо підвищення колієстійкості.

5. Для забезпечення колієстійкості асфальтобетонного покриття при проектуванні дорожнього одягу необхідно керуватися наступними принципами:

- а) конструкція дорожнього одягу в цілому повинна задовільняти транспортно-експлуатаційні вимоги, які ставляться до дороги певної категорії з очікуваним у перспективі складом й інтенсивністю руху, з

урахуванням зміни інтенсивності протягом заданих міжремонтних термінів і передбачуваних умов ремонту й утримання;

б) конструкція одягу може бути прийнята типовою чи розроблена індивідуально для кожної ділянки або ряду ділянок дороги, що характеризуються подібними природними умовами (грунт робочого шару земляного полотна, умови його зволоження, клімат, забезпеченість місцевими дорожньо-будівельними матеріалами і т. ін.) з однаковими розрахунковими навантаженнями;

в) у районах, недостатньо забезпечених стандартними кам'яними матеріалами, допускається (при відповідному обґрунтуванні) застосовувати місцеві кам'яні матеріали, побічні продукти промисловості та ґрунти, властивості яких можуть бути поліпшені шляхом їх обробки в'язкими матеріалами (цемент, бітум, вапно, активні золи виносу та ін.). Одночасно треба прагнути до створення конструкції по можливості найменш матеріалоємної;

г) конструкція повинна бути технологічною й забезпечувати можливість максимальної механізації й автоматизації дорожньо-будівельних процесів. Для досягнення цієї мети кількість шарів і видів матеріалів у конструкції повинна бути мінімальною;

д) при конструюванні необхідно враховувати реальні умови проведення будівельних робіт (літня чи зимова технологія і т. ін.) і досвід служби доріг у конкретному заданому районі.

При виборі матеріалів для влаштування шарів дорожнього одягу необхідно враховувати такі положення: покриття і верхні шари основи повинні відповідати проектним навантаженням і бути водо-, морозо- і термостійкими, а також мати найкращі деформаційні якості і теплофізичні властивості; повинна забезпечувати підвищений опір зсуву при високих літніх температурах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво: ДБН В.2.3 – 4: 2015. Київ. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015. 104 с.
2. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Київ. Міністерство інфраструктури України, 2019. 58 с.
3. ВБН В.2.3-218-171-2002 Споруди транспорту. Спорудження земляного полотна автомобільних доріг.
4. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.
5. ВБН В.2.7-218-185-2004 Будівельні матеріали. Приготування, зберігання та застосування бітумів, модифікованих полімерами.
6. ВБН Г.1-218-050-2001 Міжремонтні строки експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування.
7. ГБН В.2.3-218-007:2012 Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування.
8. ГБН В.2.3-218-551:2011 Споруди транспорту. Автомобільні дороги загального користування. Капітальний ремонт. Вимоги проектування.
9. Говоруха О.В. Вдосконалення технології регенерації асфальтобетонів для ремонту і реконструкції автомобільних доріг: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.22.11 / Говоруха Олександр Володимирович. Харків, 2012. 191 с.
10. Дубик О.М. Моделювання напружено-деформованого стану нежорстких дорожніх одягів, відновлених за технологією холодного ресайклінгу: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.22.11 / Дубик Олександр Миколайович, Київ, 2017. 220 с.

11. Дубик О.М. Аналіз методів розрахунку на міцність дорожніх одягів нежорсткого типу при застосуванні технології холодного ресайклінгу / О.М. Дубик // Проблеми розвитку міського середовища. – Київ: Національний авіаційний університет, 2014. Вип. 1 (11). С. 465 – 474.

12. Дубик О.М. Аналіз методів розрахунку на міцність дорожніх одягів нежорсткого типу при застосуванні технології холодного ресайклінгу / О.М. Дубик // Міське середовище XXI ст. Архітектура. Будівництво. Дизайн: Міжнародний науково-практичний конгрес, 10 – 14 лютого 2014 р.: тези доповіді. – Київ, 2014. – С. 319 – 320.

13. EN ISO 10318:2005 Geosynthetics – Terms and definitions (Геосинтетика. Терміни і визначення).

14. МР 218-02070915-232-2003 Методика розрахунку нежорстких дорожніх одягів з армуючими прошарками.

15. ВБН В.2.3-218-008-97 Споруди транспорту. Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів.

16. Геосинтетика. Метод визначення товщини за обумовленими тисками. Частина 1. Окремі прошарки: ДСТУ EN ISO 9863-1:2008 (EN ISO 9863-1:2005, IDT). [Чинний від 01.10.2007]. Київ: Держстандарт України, 2008. 8 с. (Національний стандарт).

17. Геосинтетика. Метод випробування для визначення поверхневої щільності геотекстилю та віднесених до геотекстилю виробів: ДСТУ EN ISO 9864:2008 (EN ISO 9864:2005, IDT). [Чинний від 01.10.2007]. Київ: Держстандарт України, 2008. 7 с. (Національний стандарт).

18. Геосинтетика. Метод відбирання проб і готування випробних зразків: ДСТУ EN ISO 9862:2008 (EN ISO 9862:2005, IDT). [Чинний від 01.01.2009]. Київ: Держстандарт України, 2012. 7 с.

19. Геосинтетические материалы от «АРЕАН-Геосинтетикс». Дороги. 2013. № 3. С. 84-85.

20. EN 12225:2000 Geotextiles and geotextile-related products – Method of determining the microbiological resistance by soil burrial test (Геотекстиль та

віднесені до геотекстилю виробу. Метод визначення мікробіологічної стійкості закопуванням у ґрунт).

21. EN ISO 9862:2005 Geosynthetics – Sampling and preparation of test specimens (Геосинтетика. Відбирання проб і готування зразків).

22. EN ISO 10319:2008 Geotextiles – Wide-width tensile test (Геотекстиль. Випробування на міцність при розтягненні широкої смуги) .

23. EN ISO 10321:2008 Geotextiles – Tensile test for joints/seams by wide-width method (Випробування стиків/швів на міцність при розтягненні широкої смуги).

24. EN ISO 10722-1:1998 Geotextiles and geotextile-related products – Procedure for simulating damage during installation – Part 1: Installation in granular materials (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю виробу. Методика моделювання пошкодження під час укладання. Частина 1: Укладання в зернистих матеріалах).

25. EN ISO 11058:1999 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of water permeability characteristics normal to the plane, without load (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю виробу. Визначення характеристик водопроникності перпендикулярно до площини без навантажування).

26. EN ISO 12236:2006 Geotextiles and geotextile-related products – Static puncture test (CBR-test) (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю виробу. Статичне випробування на проколювання (CBR-випробування)).

27. EN ISO 12956:1999 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of the characteristic opening size (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю виробу. Визначення характерного розміру отворів).

28. EN ISO 12957-1:2005 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of the friction characteristics – Part 1: Direct shear test (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю виробу. Визначення характеристик тертя. Частина 1: Випробування прямим зсувом).

29. EN ISO 12957-2:2005 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of the friction characteristics – Part 2: Inclined plane test (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення характеристик тертя. Частина 2: Випробовування нахиленим зсувом).
30. EN ISO 12958:1999 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of water flow capacity in their plane (Геотекстилі та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення водопропускної здатності в їх площині).
31. EN ISO 13431:1999 Geotextiles and geotextile-related products – Determination of tensile creep rupture behaviour (Геотекстиль та віднесені до геотекстилю вироби. Визначення поведінки повзучості при розтягненні і розриванні).
32. Bezuijen A., Pilarczyk K. W. Geosynthetics in hydraulic and coastal engineering (The use of geotextiles in coastal and hydraulic engineering: filters, revetments and sand filled structures), EUROGEO 5, Educational session, Technical Report, 2012, 24 p.
33. Dominique Kay, Eric Blond, Jacek Mlynarek. Geosynthetics durability: a polymer chemistry issue. 57th Canadian geotechnical conference, 5th Joint CGS/IAN-CNC conference. Quebec, Canada, 2004. 14 p.
34. Geosynthetics in civil engineering / Edited by R. W. Sarsby. CRC Press, Cambridge, England, 2007, 308 p.
35. Geotextile Fabric Application. URL: <http://www.erosionpollution.com/geotextile-fabric-application.html> (дата звернення 20.11.2019).
36. Giroud J. P. Development of criteria for geotextile and granular filters. 9th International Conference on Geosynthetics, Guarujá, Brazil, May 2010, 20 p.
37. Hagi A K: Experimental Analysis of Geotextiles & Geofibres Composites, WSEAS Book Press Publishers, 2007.
38. Juta, a.s. URL: <http://www.juta.cz/> (дата звернення 20.11.2017).
39. Karaguzel B. Kayaoglu. Characterization of air permeability behavior of needle-punched nonwoven fabrics, *Tekstil*, 2012. Vol. 61 (1-6), pp. 33-40.

40. Kopitar D., Skenderi Z., Rukavina T. Impact of calendaring process on nonwoven geotextiles hydraulic properties. *Textile Research Journal*, 2014, 84(1), pp. 66-77. DOI: 10.1177/0040517513485627.
41. Mitra Aniruddha, Cybulska Maria, Goswami Bhuvnesh C. Deformation Behavior and Structural Mechanics of Needle Punched Nonwovens. School of Textiles, Fiber and Polymer Science, Clemson University, USA. URL: <http://www.tappi.org>. (дата звернення 20.11.2019).
42. Natural-Fiber Erosion-Control Fabrics URL: <https://www2.buildinggreen.com/article/natural-fiber-erosion-control-fabrics>. (дата звернення 20.11.2017).
43. Pelyk L.V., Vasylechko V.O., Kyrychenko O.V. Polyester geotextiles for landscape design. Sixteenth Polish-Ukrainian Symposium on Theoretical and Experimental Studies of Interfacial Phenomena and their Technological Applications (Lublin, Poland, August 28-31, 2018). Lublin, Bema Graphics S. C., 2018. P. 117.
44. Rawal, A., Shah, T. and Anand, S.C (2010), Geotextiles: Production, Properties and Applications, *Textile Progress*, Vol. 42, Issue 3, 181-226.
45. Saathoff F. Effects of stretched geotextiles in contact with soil. 14th International conference of soil mechanics and foundation engineering, Hamburg, pp. 1781-1784.
46. Selection of Fiber for Geotextiles. URL: <http://textilelearner.blogspot.com/2012/12/selection-of-fiber-for-geotextiles.html>. (дата звернення 22.11.201+).
47. Shobha K. Bhatia. Geotextile engineering. Application in civil and environmental engineering. ASCE Expo, 2012, 26 p.
48. Shukla S. K. An introduction to Geosynthetic engineering. CRC Press, Taylor & Francis Group, London, UK, 2016, 451 p.
49. Talakh S. Determination of stress-strain state hard cement constructions airport paving the presence of weak soil layers / S. Talakh, O. Dubik //

Proceedings the Seventh World Congress «Aviation in the XXI-st Century. - Kyiv: National Aviation University, 2016. - P. 10.1.31 – 10.1.35.

50. Talakh S. Computational investigation of composed multilayered half-space strength under pavement / Svetlana Talakh, Oleksandr Dubik // Proceedings of the National Aviation University. – Kyiv: National Aviation University, 2015. - №3 (64). - P. 97 – 104.

51. TERRAM Fiberweb Geosynthetics Ltd. URL: <http://www.terram.com/>. (дата звернення 22.11.2019).

52. Todd Rivas. Erosion Control Treatment Selection Guide, USDA, 2006, 64 p.

53. TYPAR Weather Protection System. URL: <http://www.typar.com.> (дата звернення 24.11.2019).

ВІДГУК
керівника кваліфікаційної роботи

здобувача рівня вищої освіти «другий (магістерський)» Гергец Валіма Миколайовича
(П.І.Б.)

Кваліфікаційна робота на тему: «Конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України»

Виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 32 листа
(не) згідно (не) відповідає

графічного матеріалу і пояснювальну записку з 104 сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) ___
Слід визначити, що тема магістерської роботи є актуальною тому що розробка конструктивних заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України є однією з головних складових підвищення надійності функціонування доріг.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багатоваріантності) ___
У кваліфікаційній роботі наведені сучасні методи підвищення надійності автомобільних доріг. Наведені конструктивні заходи спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг в умовах України. Розроблені рекомендації з комплексного підвищення конструктивних заходів з відновлення міцності нежорстких дорожніх одягів в умовах України.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр» ___
відповідає прийнятим вимогам

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач на достатньому професійному рівні ___

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень ___
виконано у повному обсязі та відповідає вимогам

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у

роботі кваліфікаційна робота магістра виконана за допомогою сучасних комп'ютерних технологій та сучасних нормативних документів

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів оформлено згідно норм та стандартів

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи дотримано

9. Наукова цінність роботи, практична значимість _____

Наукова цінність роботи одержаних результатів полягає в наступному: досліджені та узагальнені методичні підходи спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг, наведені конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів, розроблені практичні заходи щодо підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу.

Практичне значення одержаних результатів полягає у дослідженні та узагальненні методичних підходів, що спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг; наведені результати досліджень щодо сучасних методів підвищення надійності автомобільних доріг, наведені конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів; розроблені практичні заходи щодо підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу умовах України.

10. У кваліфікаційній роботі магістра можна відмітити такі недоліки: _____

Як побажання слід висловити наступне: бажано було б доповнити роботу техніко-економічним обґрунтуванням проектних рішень конструкцій автомобільних доріг, але приведені зауваження не впливає на якість виконання роботи

Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана на відповідальному рівні

і при відповідному захисті заслуговує на оцінку:

кількість балів 98 національною відмінно ЄКТС A

Керівник к.т.н., доцент Фосташенко О.М.
(посада, науковий ступінь) (підпис) (ПІБ)

Рецензія

здобувача рівня вищої освіти «другий (магістерський)» Герген Вадима Миколайовича
(ПІБ.)

Кваліфікаційна робота на тему: «Конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України»

Кваліфікаційна робота магістра виконана згідно до завдання відповідає темі,
(не) згідно (не відповідає)

містить 32 листа графічного матеріалу і пояснювальну записку з 104 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Тема магістерської роботи є актуальною тому що розробка конструктивних заходів з відновлення нежорстких дорожніх одягів в умовах України є однією з головних складових підвищення надійності функціонування доріг.

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки) _____

У кваліфікаційній роботі наведені сучасні методи підвищення надійності автомобільних доріг. Наведені конструктивні заходи спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг в умовах України. Розроблені рекомендації з комплексного підвищення конструктивних заходів з відновлення міцності нежорстких дорожніх одягів в умовах України.

Наукова цінність роботи одержаних результатів полягає в наступному: досліджені та узагальнені методичні підходи спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг, наведені конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів, розроблені практичні заходи щодо підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу.

3. Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу)

Магістерська робота виконана за допомогою сучасних комп'ютерних технологій. Усі розділи магістерської роботи оформлені згідно норм та відповідають вимогам, що висуваються до магістерських робіт. Розділи взаємозв'язані один з одним, чітко та технічно грамотно оформлені. Науковий стиль викладення матеріалу – виконано у повному обсязі та відповідає вимогам, що висуваються до магістерської роботи.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко-економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи) _____

Практичне значення одержаних результатів полягає у дослідженні та узагальненні методичних підходів, що спрямовані на підвищення надійності автомобільних доріг; наведені результати досліджень щодо сучасних методів підвищення надійності автомобільних доріг, наведені конструктивні заходи з відновлення нежорстких дорожніх одягів; розроблені практичні заходи щодо підвищення довговічності нежорсткого дорожнього одягу умовах України.

5. Недоліки кваліфікаційної роботи магістра: в роботі відсутнє техніко-економічним обґрунтуванням проектних рішень конструкцій автомобільних доріг з відновлення нежорстких дорожніх одягів. Приведене зауваження не впливає на якість виконання роботи.

6. Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана (ний) на відповідальному рівні і заслуговує оцінки:

кількість балів 95

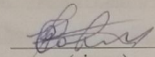
за національною шкалою Відмінно

за шкалою ЄКТС A

Рецензент к.т.н., доцент кафедри міського будівництва і господарства

Запорізького національного університету

(посада, місце роботи)


(підпис)

Савін В.О.
(П.І.Б.)

