

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»
Кафедра «Транспортна інфраструктура»

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

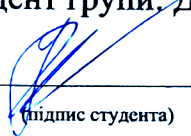
на тему: Дослідження використання відходів металургійних підприємств в дорожньому будівництві при реконструкції ділянки автомобільної дороги

за освітньою програмою: Автомобільні дороги

зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Виконав:

студент групи: ДА 2321 Василь УЛАНОВСЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)


(підпис студента)

Керівник:

Ст. викл. Олег ЛУЖИЦЬКИЙ
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)


(підпис)

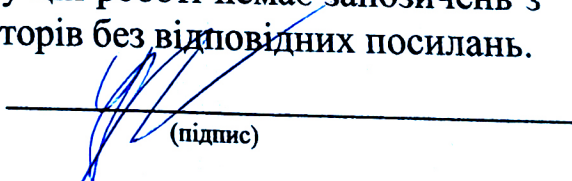
Нормоконтролер:

Доцент Сергій БАЙДАК
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)


(підпис)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2024 рік

Ministry of Education and Science of
Ukraine Ukrainian State University of
Science and Technologies

«Construction, Architecture and Infrastructure»

(faculty)

Transport Infrastructure

(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis
master
(higher education degree)

Research on the Use of Metallurgical Industry Waste in Road Construction during the
Reconstruction of a Highway Section

according to educational curriculum: Highways

in the Speciality: 192 Construction and Civil Engineering

Done by the student of the group: ДА2321 / Vasyl ULANOVSKIY /
(name, surname)

Scientific Supervisor: / Senior teacher Oleg Luzhitsky /
(position, name, surname)

Normative controller: / Associate Professor Sergiy Baidak /
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України

Український державний університет науки і технологій

Факультет: Будівництво, архітектура та інфраструктура

Кафедра: Транспортна інфраструктура

Рівень вищої освіти: Магістр

Освітня програма: Автомобільні дороги

Спеціальність: Будівництво та цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Олексій ТЮТКІН

(підпис)

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу _____ магістр _____
(ступінь вищої освіти)

студенту Улановському Василю Івановичу

1. Тема роботи: Дослідження використання відходів металургійних підприємств в дорожньому будівництві при реконструкції ділянки автомобільної дороги

Керівник роботи: Курган Микола Борисович, професор, доктор технічних наук

Затверджена наказом від 01 березня 2023 р. № 196ст

2. Строк подання студентом роботи – 14 січня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Район проектування – Дніпропетровська область	Категорія дороги - визначається
Початковий пункт – с. Пушкарівка	Кількість смуг руху - встановлюється
Розрахункова швидкість, км/год - 90	Кількість транспортних одиниць: 1220 авт/добу

4. Зміст пояснювальної записки:

1 Аналітична частина

- 1.1. Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи
- 1.2. Загальні положення проектування дорожнього одягу
- 1.3. Норми застосування промислових відходів в дорожньому будівництві
- 1.4. Норми проектування реконструкції плану, поздовжнього профілю та дорожнього одягу автомобільної дороги

2 Основна частина

- 2.1 Характеристика об'єкту проектування реконструкції автомобільної дороги Н-08 Бориспіль – Дніпро – Запоріжжя (через м. Кременчук) – Маріуполь
- 2.2 Технічні рішення з реконструкції ділянки автомобільної дороги
- 2.3 Коротка кліматична характеристика об'єкта проектування
- 2.4 План траси
- 2.5 Поздовжній профіль проектованої ділянки автомобільної дороги
- 2.6 Земляне полотно
- 2.7 Розробка варіантів дорожнього одягу при реконструкції автомобільної дороги

3 Економічна частина

- 3.1 Науково-технічний супровід при будівництві дорожнього одягу
- 3.2 Влаштування основ оброблених неорганічними в'язучими, в тому числі матеріалами промислових відходів
- 3.3 Виконання робіт при застосуванні неорганічних в'язучих

3.4	Розрахункові варіанти конструкцій		
3.5	Техніко-економічне порівняння варіантів конструкцій дорожніх одягів		
3.6	Висновки до розділу		
4 Охорона праці			
4.1.	Загальні вимоги безпеки.		
4.2	Охорона праці при роботі бульдозера.		
4.3	Охорона праці при роботі котка.		
4.4	Охорона праці при роботі асфальтоукладальника.		
4.5	Дії при надзвичайній ситуації - травмування працівника при роботі дорожніх машин.		
5. Перелік графічного матеріалу: План, поздовжній профіль, поперечні профілі			
6. Консультанти розділів роботи:			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав:	Завдання прийняв:
		(підпис, дата)	(підпис, дата)
1	Лужицький О.Ф., ст. викл.		
2	Лужицький О.Ф., ст. викл.		
3	Лужицький О.Ф., ст. викл.		
4	Лужицький О.Ф., ст. викл.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

ч.№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відсотки
1	Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи.	01.11.2024	10
2	Вимоги і норми проектування плану, профілів під'їзних автодоріг і майданчиків	15.11.2024	10
3	Проект реконструкції автомобільної дороги Н-08 Бориспіль – Дніпро – Запоріжжя (через м. Кременчук) – Маріуполь	29.11.2024	25
4	Розробка варіантів дорожнього одягу	06.12.2024	15
5	Техніко-економічне порівняння варіантів дорожнього одягу. Обґрунтування рекомендованого варіанту	30.12.2024	20
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	06.01.2024	10
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	17.01.2025	10
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	23.01.2025	

Студент

_____ (підпис)

Василь УЛАНОВСЬКИЙ

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олег ЛУЖИЦЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

(рівень освіти)

54 с., 9 рис., 6 табл., 1 додатки, 39 джерело.

Об'єкт дослідження – ділянка автомобільної дороги місцевого значення О040707 Малоандріївка – (Королівка – Казначейка), та використання відходів металургійних підприємств у дорожньому будівництві при її реконструкції.

Предмет дослідження – технології використання промислових відходів (шлакових матеріалів) для підвищення ефективності дорожнього будівництва та забезпечення екологічної безпеки.

Мета роботи – об'рунтування доцільності впровадження відходів металургійної промисловості в реконструкцію дорожніх покриттів для оптимізації витрат, покращення екологічної ситуації та підвищення надійності дорожнього покриття.

Методи дослідження. Використано комплексний підхід, який включає аналіз літературних джерел, натурні обстеження технічного стану дорожнього покриття, статистичні методи оцінки ефективності використання шлакових матеріалів, а також розрахунки за допомогою програм Excel і Radon UA.

Одержані результати. У магістерській роботі проведено аналіз наукових досліджень і нормативних документів щодо використання металургійних шлаків у дорожньому будівництві. Виконано розрахунки для реконструкції дорожнього одягу із застосуванням традиційних матеріалів та шлакових відходів. Проаналізовано техніко-економічні та екологічні аспекти трьох варіантів конструкції дорожнього одягу. Зроблено висновки щодо економічної доцільності та довговічності застосування шлакових матеріалів. Запропоновано рекомендації для впровадження нових технологій у реконструкцію дорожніх покриттів.

Ключові слова: дорожнє будівництво, реконструкція дороги, металургійні відходи, дорожній одяг, екологічна ефективність, шлаковий щебінь.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи.....	10
1.2 Загальні положення проектування дорожнього одягу.....	16
1.3 Норми застосування промислових відходів в дорожньому будівництві...	17
1.4 Норми проектування реконструкції плану, поздовжнього профілю та дорожнього одягу автомобільної дороги	21
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	28
2.1 Характеристика об'єкту проектування реконструкції автомобільної дороги Королівка – Казначеївка.....	28
2.2 Технічні рішення з реконструкції ділянки автомобільної дороги.....	28
2.3 Коротка кліматична характеристика об'єкта проектування	30
2.4 План траси.	31
2.5 Поздовжній профіль проектованої ділянки автомобільної дороги.	31
2.6 Дорожній одяг.....	31
2.7 Капітальний ремонт дорожнього одягу	32
2.8 Організація безпеки дорожнього руху.	33
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	34
3.1 Порівняння варіантів дорожнього одягу.....	34
3.2 Обґрунтування рекомендованого варіанту з відновлення дорожнього одягу	34
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ УЛАШТУВАННІ ДОРОЖНІХ ОСНОВ.....	42
4.1 Загальні вимоги безпеки	42
4.2 Охорона праці при роботі бульдозера	43
4.3 Охорона праці при роботі котка.....	45
4.4 Охорона праці при роботі асфальтоукладальника	46
4.5 Дії при надзвичайній ситуації - травмування працівника при роботі дорожніх машин.....	48
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	52

ВСТУП

Використання відходів металургійних підприємств у дорожньому будівництві є актуальним завданням, пов'язаним з вирішенням екологічних та економічних проблем. Подібні дослідження спрямовані на пошук альтернативних матеріалів для дорожнього будівництва, особливо для реконструкції автомагістралей, з використанням промислових відходів, таких як шлак, зола або інші залишки виробництва.

Екологічні аспекти: відходи металургії часто забруднюють навколишнє середовище, а їх накопичення створює проблеми для навколишнього середовища і здоров'я людини. Використання цих матеріалів у дорожньому будівництві може зменшити кількість відходів, які потрібно утилізувати, та зменшити їх негативний вплив на природу.

Економічні аспекти: використання відходів при будівництві може знизити вартість матеріалів. Це особливо важливо в умовах економічних викликів, коли нам необхідно шукати способи оптимізації витрат.

Поліпшення якості доріг: деякі металургійні відходи, такі як шлак, підвищують міцність і довговічність дорожнього покриття. Це може підвищити зносостійкість і зменшити потребу в частому ремонті.

Збереження природних ресурсів: Заміна природних матеріалів промисловими відходами допомагає зменшити видобуток піску, гравію та інших ресурсів, сприяючи збереженню екосистем.

Зі збільшенням обсягів дорожнього будівництва та реконструкції в Україні пошук економічно вигідних та екологічно чистих рішень став пріоритетом, особливо в контексті відновлення інфраструктури після військових дій. Використання відходів металургії може стати важливим кроком на шляху до сталого розвитку і зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи

В умовах розвитку ринкової економіки, недостатнього фінансування дорожньої галузі, екологічних проблем та виснаження природних ресурсів пріоритетним є використання промислових відходів у дорожньому будівництві при забезпеченні експлуатаційної надійності дорожнього одягу та впровадженні заходів з економії ресурсів та енергії. В Україні, окрім природних матеріалів, в якості сировини передбачається використання промислових відходів, таких як металургійні шлаки, золошлаки теплових електростанцій, перероблений поліетилен та відходи гуми.

Аналіз існуючого досвіду використання промислових відходів у дорожньому будівництві сприятиме подальшому впровадженню та підвищенню екологічної безпеки та експлуатаційних характеристик нових дорожньо-будівельних матеріалів та дорожніх покриттів [1].

Аналізуючи роботи сучасних вчених, які використовуються при написанні магістерської роботи, постійно виникають подібні питання: як досягти економії в будівництві доріг без втрати якості, і як врахувати екологічні аспекти? У більшості наукових публікацій підкреслюється, що важливою стратегією для зниження витрат є використання вторинних матеріалів, особливо відходів металургійних підприємств.

У процесі дослідження в роботі [1] з'ясувалося, що ці питання тісно переплітаються. Економія і екологічність у дорожньому будівництві можуть йти рука об руку завдяки використанню відходів промислового виробництва. Це не тільки допомагає зменшити витрати на будівельні матеріали, але й знижує негативний вплив на довкілля, що підтверджується багатьма дослідженнями в цій галузі. Використання металургійних шлаків, золи, шламо-бетонних сумішей може значно скоротити витрати на нові сировинні матеріали, що є економічно вигідним підходом для масштабних інфраструктурних проєктів.

Вивчення статей також показує, що відходи металургійних підприємств можуть бути використані на різних етапах дорожнього будівництва: при

укріпленні основи дороги, як частина асфальтових сумішей або в ролі армуючих компонентів для ґрунтів. Таким чином, відходи металургії стають цінним ресурсом для будівельної галузі, що дозволяє не тільки зекономити на матеріалах, але й сприяє зменшенню обсягів відходів, які необхідно утилізувати [1].

Постійний аналіз наукових джерел підтверджує, що подібні рішення широко застосовуються у світовій практиці. Наприклад, шлаки, що утворюються під час виробництва сталі, можуть використовуватися як основа для дорожнього покриття. Це сприяє зниженню витрат, підвищенню довговічності доріг і зменшенню кількості відходів, що потрапляють на полігони.

Таким чином, вирішення одночасно екологічних та економічних проблем за допомогою впровадження відходів металургійних підприємств у дорожнє будівництво є перспективним напрямком, що заслуговує подальших досліджень та впровадження як в Україні, так і у світі.

Тому надалі маємо за мету проаналізувати існуючий досвід використання промислових відходів у дорожньому будівництві з метою подальшого впровадження та покращення екологічної безпеки та експлуатаційних характеристик дорожніх покриттів із застосуванням нових дорожньо-будівельних матеріалів. [1].

У дослідженні, представленою в статті [2], автори розглядають актуальну проблему утилізації золошлаків та золи-виносу теплових електростанцій (ТЕС) в Україні. Стаття [2] акцентує увагу на тому, що з кожним роком кількість цих відходів зростає, утворюючи величезні відвали, що несуть серйозну загрозу для екології через забруднення повітря, ґрунтів і водних ресурсів. Зазначено, що в Україні накопичено вже понад 360 мільйонів тонн золошлаків, причому утилізується лише 0,5–0,7 мільйона тонн щорічно, що складає лише 8,3–11,7% від загальної кількості. При збереженні поточних темпів накопичення ця проблема лише загострюватиметься. Автори статті [2] обґрунтовують актуальність утилізації золошлаків з точки зору екологічної безпеки та пропонують один із ефективних способів їх використання — застосування в дорожньому будівництві. Вони зазначають, що, згідно з європейськими

практиками, золошлаки широко застосовуються в дорожніх конструкціях, що сприяє зменшенню відходів та зниженню використання природних будівельних матеріалів, таких як пісок. Наприклад, у країнах Європейського Союзу (ЄС) рівень утилізації золошлакових відходів становить не менше 44%, а в деяких країнах, таких як Данія, Італія та Нідерланди, він сягає 100%. Ці країни використовують золу не тільки як мінеральний матеріал, але і як замітник піску в бетоні та інших будівельних сумішах. Стаття [2] також детально аналізує фізико-хімічні властивості золошлаків з різних українських ТЕС, включаючи Зміївську, Криворізьку, Трипільську та Слов'янську. Було проведено хімічний аналіз з метою визначення основних компонентів, таких як SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , Na_2O і K_2O , а також вмісту важких металів. Вміст важких металів визначався методом атомно-адсорбційного аналізу, що дозволило виявити високий вміст таких елементів, як свинець, мідь, цинк, кадмій, хром і нікель. Ці елементи становлять значну екологічну загрозу, оскільки вони можуть потрапляти у водні та ґрунтові ресурси, спричиняючи їх забруднення і впливаючи на здоров'я людини та стан екосистем. Автори розглядають геоекологічні процеси, що відбуваються у золовідвалах, зокрема утворення пилу та інфільтрацію води з розчиненими токсичними компонентами. Вони підкреслюють, що такі процеси можуть відбуватися і при використанні золошлаків у дорожньому будівництві, тому важливо враховувати хімічний склад цих матеріалів, а також їх здатність до міграції у навколишнє середовище. Для зменшення ризику міграції токсичних компонентів у дорожньому полотні автори побудували концентраційно-логарифмічні діаграми, які демонструють, як концентрація іонів важких металів залежить від рівня кислотності (pH) середовища. Важливою знахідкою є те, що в нейтральному та лужному середовищі міграція сполук міді (Cu) та інших важких металів практично не відбувається. Наприклад, було доведено, що мідь у нейтральному та лужному середовищі утворює важкорозчинні сполуки, які не мігрують у ґрунтові води, що робить використання золошлаків у таких умовах безпечним. Аналогічні результати отримано і для інших важких металів, таких як плумбум (свинець),

кадмій, цинк, хром і нікель.

У статті [2] наведено пропозиції щодо активізації використання золошлаків у дорожньому будівництві в Україні. Серед них — законодавче регулювання, яке дозволило б передавати золошлаки споживачам безкоштовно, виконання регіональних досліджень з метою оцінки властивостей золошлаків та створення економічних стимулів для дорожніх організацій, що використовують ці матеріали. Також пропонується зобов'язати проектні організації передбачати використання золошлаків при проектуванні нових доріг, що дозволить зменшити обсяги відвалів і поліпшити екологічний стан. У підсумку, автори підкреслюють, що для успішного використання золошлаків необхідно проводити комплексні дослідження їх складу та потенційного впливу на довкілля. Важливо визначити, в яких умовах ці матеріали можуть бути безпечними для використання, щоб уникнути ризиків міграції токсичних компонентів у навколишнє середовище. Тільки після ретельного аналізу і планування можна ефективно застосовувати золошлаки в дорожньому будівництві, забезпечуючи економічні та екологічні вигоди [2].

Іншим автором у роботі [3] вказується причини передчасного руйнування залізобетонних елементів мостів і шляхопроводів унаслідок впливу хлористих протижелезних матеріалів (ПОМ). Автори підкреслюють, що основною причиною пошкоджень є корозія бетону та арматури, спричинена проникненням води з хімічними речовинами з проїзної частини. У зимовий період ця вода, насичена агресивними протижелезними компонентами, посилює карбонізацію бетону та прискорює його деградацію. Особливо шкідливою виявляється 5% концентрація NaCl, що провокує суттєве зниження міцності бетонних конструкцій.

ПОМ, які містять хлориди (NaCl, CaCl₂, MgCl₂), мають властивість проникати у бетон через капілярні канали, спричиняючи хімічну деградацію. Результати досліджень свідчать, що на початкових етапах поверхневий шар бетону стає насиченим сіллю, але згодом розчин просочується глибше, завдаючи ще більшої шкоди. Бетонні елементи піддаються дії хімічних речовин, циклам

заморожування-відтавання та механічним навантаженням від руху транспорту. Таке комбіноване навантаження може призводити до незворотної втрати міцності.

Дослідження демонструють, що при заморожуванні води у мікропорах бетону виникає внутрішній тиск, який може руйнувати бетон. Руйнування бетону у присутності солей відбувається в 20-40 разів швидше, ніж у звичайних умовах. Це пояснюється здатністю солей змінювати структуру води у порах бетону, підвищуючи її руйнівний потенціал.

Автори відзначають, що цементний камінь у складі бетону є особливо вразливим до корозії, оскільки хімічна та фізична агресія солей сприяє його руйнуванню. Водночас застосування гідрофобізуючих захисних покриттів може зменшити проникнення ПОМ у бетон, тим самим підвищуючи його корозійну стійкість. Однак навіть захист не може повністю запобігти поступовому накопиченню мікродфектів у бетоні.

Висновки статті [3] пропонують низку заходів для зменшення корозійних пошкоджень: використання гідрофобізуючих захисних покриттів, зменшення використання хлоридних ПОМ і перехід на альтернативні матеріали, які менш агресивно впливають на бетонні споруди. Підвищення довговічності мостових конструкцій вимагає інтегрованого підходу з урахуванням сучасних матеріалознавчих і технологічних рішень [3].

Наприклад стаття [4] досліджує вплив використання сталевих шлаків у будівництві дорожніх основ. Основна мета статті полягає в аналізі ущільнення гідравлічно зв'язаної суміші із шлаків та оцінці пов'язаних з цим екологічних наслідків. Дослідження проведено на прикладі автомагістралі Баотоу-Маомін в Китаї.

Спершу в статті [4] аналізуються фізичні властивості сталевих шлаків, отриманих у місті Лучен. Дослідження виявило, що шлакові агрегати мають грубшу поверхню і кращі морфологічні характеристики порівняно з природними андезитовими матеріалами. Груба текстура шлаків забезпечує більшу міцність і зчеплення з цементом, що сприяє підвищенню загальної стабільності основи

дороги.

У статті [4] описано три різні процедури ущільнення. Перша процедура (С1), застосована до андезитової суміші, не дала задовільних результатів для сталевих шлаків через явище «hard-to-hard», коли тверді частинки шлаку взаємодіють одна з одною, що ускладнює ефективне ущільнення. Тому було розроблено оптимізовані процедури ущільнення (С2 та С3), які включали зменшення частоти вібрації та збільшення кількості циклів із статичним тиском. Процедура С3 забезпечила необхідну щільність основи (понад 98%), що відповідає стандартним вимогам.

Стаття [4] також розглядає екологічні наслідки використання шлакових агрегатів. Виявилось, що ущільнення основи з шлаків потребує більше енергії та спричиняє викиди еквівалентного CO₂ на 0,20 кг/м³ більше, ніж ущільнення основи з природних матеріалів. Основна частина енергоспоживання припадає на статичний тиск котків, що компенсує ефект «hard-to-hard». Хоча використання сталевих шлаків знижує екологічні витрати на добування природних ресурсів, воно вимагає додаткових витрат енергії під час будівництва.

Висновки статті [4] підкреслюють необхідність удосконалення технологій ущільнення для зменшення екологічного впливу, водночас відзначаючи потенційні переваги сталевих шлаків для стійкого дорожнього будівництва. Використання таких матеріалів може суттєво зменшити залежність від природних ресурсів, але потребує додаткового контролю за процесами ущільнення, щоб зберегти баланс між економічною ефективністю та екологічною безпекою [4].

У наступному дослідженні автори статті [5] показують результати досліджень використання шлаків базового кисневого процесу (BOF) як альтернативного матеріалу для дорожніх основ. Основна увага приділена технічним характеристикам і екологічним аспектам застосування сталевих шлаків у дорожньому будівництві. Основною метою дослідження було визначити технічну придатність BOF шлаку як крупного заповнювача для асфальтобетонних сумішей і оцінити його вплив на навколишнє середовище за

допомогою аналізу життєвого циклу (LCA). Було проведено польові випробування, у яких порівнювали дві асфальтові суміші: одну з традиційним вапняковим заповнювачем і другу з 15% шлаковим заміном. Дослідження охоплювало аналіз фізико-механічних властивостей, таких як коефіцієнт Лос-Анджелеса, водопоглинання та індекс пластичності. Результати показали, що шлак BOF має вищу міцність і зносостійкість у порівнянні з вапняком. Коефіцієнт Лос-Анджелеса (LA) для шлаку склав 14, що свідчить про високу стійкість до стирання. Поліроване значення каменю (PSV) становило 56, що забезпечує відмінну протиковзну властивість, важливу для дорожньої безпеки. Індекс пластичності (FI) шлаку був 8.1, що вказує на високу стійкість до деформації. Дослідження також підтвердили, що суміш з BOF шлаком має менший вміст пор і кращу стабільність у порівнянні з традиційним асфальтом. У статті [5] також розглядається вплив застосування BOF шлаку на викиди парникових газів. LCA показав, що заміна вапнякових заповнювачів шлаком знижує викиди CO₂ на понад 14%. Це має значний потенціал для зменшення екологічного навантаження від дорожнього будівництва. Утилізація шлаку також зменшує необхідність видобутку природних ресурсів та знижує обсяги відходів на звалищах. Використання BOF шлаку в асфальтобетонних сумішах покращує технічні показники доріг і знижує викиди вуглекислого газу, сприяючи переходу до більш екологічного дорожнього будівництва. Однак відзначено, що відстань транспортування шлаку має вирішальне значення для ефективності зниження викидів. Подальші дослідження мають включати довгострокові спостереження за поведінкою доріг зі шлаковим заповнювачем [5].

1.2 Загальні положення проектування дорожнього одягу

Проектування дорожнього одягу складається з наступних взаємопов'язаних етапів: проектування (розробка варіантів конструкції дорожнього одягу), розрахунок варіантів конструкції дорожнього одягу з точки зору міцності з урахуванням характеристик земляного полотна щодо двох наборів граничних умов, морозостійкості та водовідведення [6].

Прийняте проектне рішення повинно передбачати заходи щодо забезпечення

безпеки всіх учасників дорожнього руху, включно з пішоходами, які переходять дорогу, у період будівництва та відповідності споживчих властивостей дороги та її окремих елементів вимогам нормативного документа в період капітального ремонту. Під час проектування доріг, розташованих у складних ґрунтових або гідрогеологічних умовах, у сейсмонебезпечних районах, під час експлуатації в умовах, відмінних від зазначених у нормативному документі, та в інших обґрунтованих випадках слід передбачати проведення обстеження стану таких доріг на етапі експлуатації з метою визначення зміни основних параметрів у часі [7].

Проектування дорожнього одягу складається із взаємопов'язаних етапів:

- конструювання (розроблення альтернативних варіантів конструкцій дорожнього одягу);
- розрахунок альтернативних варіантів конструкцій дорожнього одягу на міцність з врахуванням характеристик ґрунту земляного полотна, за двома групами граничних станів, а також на морозостійкість та осушення.

Дорожній одяг проектують з урахуванням надійності згідно з ДБН В.2.3-4. Загальна товщина конструкції нежорсткого дорожнього одягу, товщини окремих шарів повинні забезпечувати міцність і морозостійкість всієї конструкції. Матеріали і спосіб їх застосування призначаються згідно з ДБН В.2.3-4. Розрахунок дорожнього одягу здійснюють за двома групами граничних станів:

а) за першою групою — несною здатністю:

- 1) для шарів з монолітних матеріалів — за критерієм опору розтягу при згині;
- 2) для ґрунтів і шарів з незв'язних та малозв'язних матеріалів — за критерієм опору зсуву;

б) за другою групою — граничними деформаціями: за опором пружному прогину всієї конструкції. Також дорожній одяг розраховують на морозостійкість та дренажування [8].

1.3 Норми застосування промислових відходів в дорожньому будівництві

Промисловість будівельних матеріалів є однією з найбільш енерго та ресурсоемних галузей. Понад 50% собівартості будівельних матеріалів припадає

на сировину та матеріали. Ефективним способом зниження собівартості будівельних матеріалів є використання промислових і побутових відходів у виробництві будівельних матеріалів. Використання промислових відходів, значна частина яких за складом і властивостями подібна до природної сировини, може покрити до 40% потреби будівельної галузі в сировині і, як було доведено, знижує собівартість виробництва будівельних матеріалів на 10-30% порівняно з виробництвом з природної сировини. Багато розвинених країн, зокрема Японія, США, Німеччина та Іспанія, широко використовують промислові відходи у виробництві будівельних матеріалів. В Україні основними джерелами тоннажних відходів є гірничо-збагачувальна, металургійна, хімічна промисловість, промисловість будівельних матеріалів, та енергетика. Силікатновмісні відходи, що утворюються в результаті промислової діяльності, можна розділити на основні, середні та кислі, залежно від вмісту кислотних і лужних оксидів. Чим вища основність, тим вища гідравлічна активність відходів. Оскільки 86,5% земної кори складається з природних силікатів, більшість мінеральних відходів складаються переважно з силікатів кальцію і магнію та алюмосилікатів. Доменний шлак, шлак плоских печей і феромарганцевий шлак є побічними продуктами виплавки залізної руди і є найбільшими відходами чорної металургії. Шлак утворюється зі швидкістю 0,4-0,65 тонни на тонну чавуну і 1-200 тонн на тонну кольорового металу. До 75% від загальної кількості доменних шлаків використовується в промисловості будівельних матеріалів, зокрема в цементній промисловості. Щорічно використовуються мільйони тонн гранульованого доменного шлаку. Металургійні шлаки використовуються не так широко через їх неоднорідність і варіативність хімічного та мінералогічного складу. Особливо проблематичним є використання шлаків, раніше накопичених у відвалах. Крім шлакового портландцементу, сталеливарні металургійні шлаки використовуються для виробництва змішаних безцементних в'язучих, заповнювачів для бетону, шлакової вати і шлакосилікату. Шлаки і зола теплових електростанцій (ТЕС), що становлять 1 млн т на рік, є невичерпним джерелом сировини для промисловості будівельних матеріалів, при цьому лише 3...4%

використовується у виробництві будівельних матеріалів і виробів (в'яжучі матеріали, пористий щебінь, пінобетон, силікатна продукція, керамічні добавки тощо). За приблизними оцінками, в Японії щорічно утворюється понад 10 млн тонн промислових відходів. Тому використання промислових відходів у виробництві будівельних матеріалів є перспективним завданням сьогодення [9].

Будівництво, особливо реконструкція та ремонт доріг, вимагає розвитку каменеобробної промисловості. Зростаючий попит на камінь можна задовольнити за рахунок широкого використання промислових відходів та вторинних ресурсів. Одним з найвідоміших відходів є шлаки чорної та кольорової металургії, які з кожним роком все більше і більше використовуються в дорожньому будівництві. Накопичення великої кількості побічних продуктів у вигляді шлаків та необхідність їх утилізації зумовили необхідність проведення робіт з вивчення можливості використання цих шлаків для транспортного будівництва. Завдяки своїм властивостям (хімічний і мінералогічний склад, морозостійкість) шлаки є цінною сировиною для приготування щебених матеріалів і мінеральних в'яжучих, що використовуються при виготовленні цементних і асфальтобетонних сумішей для дорожнього покриття. Заміна цементу, щебеню та мінеральних порошоків, які потребують великої кількості матеріальних та енергетичних ресурсів для виробництва, на шлаки передбачає значну економію палива, електроенергії та трудових витрат. Загалом, вартість шлакових дорожньо-будівельних матеріалів вдвічі нижча за вартість аналогічної продукції з природних гірських порід. Тому необхідність та актуальність використання шлаків у дорожній галузі, яка є високо матеріаломісткою, не викликає сумнівів. У минулому був підготовлений проект національного плану використання шлаків у дорожньому будівництві. Згодом шлаки активно використовувалися в інших галузях промисловості, а дорожники практично не отримували цей матеріал. Однак зараз знову виникла потреба у використанні шлаків у будівництві та ремонті. В останні роки в дорожньому будівництві все частіше застосовують металургійні шлаки та шлаки промивання. Металургійні шлаки поділяються на сталеві шлаки та шлаки кольорової металургії. Сталевий

шлак включає доменний шлак, сталеплавильний шлак і феросплавний шлак [10].

Серед досліджуваних матеріалів технічна готовність широко варіюється. Типовим прикладом є використання гумових відходів. У Каліфорнії, США, наприклад, ця технологія є технічно розвинутою і підтримується законодавством, на відміну від Франції, Італії та Іспанії, де її використання гальмується місцевим національним законодавством, а іноді і недовірою до наукових досліджень. Однак дослідження показали, що додавання гумових відходів до асфальтобетонних сумішей зменшує кількість природного заповнювача і покращує міцність на вигин. Це не тільки мінімізує забруднення навколишнього середовища, але й зменшує кількість природного заповнювача, що використовується. Перероблений поліетилен покращує властивості бітуму та асфальтобетону, підвищуючи стабільність та зменшуючи пористість і водонасиченість. Летюча зола використовується замість мінерального порошку, зокрема в асфальтобетонних сумішах. Властивості отриманого асфальтобетону подібні до властивостей звичайного асфальтобетону, з підвищеною щільністю і зниженою водонасиченістю. Металургійний шлак є ще одним перспективним матеріалом для будівництва як незв'язаних, так і оброблених в'язучим дорожніх покриттів. Використання шлаку значно зменшує використання природних заповнювачів і знижує негативний вплив на навколишнє середовище [11].

Стаття [12] присвячена аналізу використання промислових побічних продуктів, таких як сталевий шлак, мідний шлак, фосфорний шлак, зола, червоний шлам та інші матеріали, як компонентів асфальтобетонних сумішей для забезпечення стійкого дорожнього будівництва. Автори наводять комплексний бібліометричний аналіз літератури з цього питання, а також огляд результатів експериментів з дослідження властивостей таких сумішей. Головна ідея статті [12] полягає в тому, що використання промислових побічних продуктів у дорожньому будівництві може знизити екологічне навантаження шляхом зменшення залежності від природних матеріалів і утилізації відходів. Бібліометричний аналіз виявив, що сталевий шлак та зола є найпопулярнішими матеріалами серед промислових відходів, що використовуються в

асфальтобетоні. Однак дослідження показали, що є значні прогалини у випробуваннях таких матеріалів на довговічність і стійкість до впливу зовнішніх умов, таких як вологість і старіння. Автори закликають до проведення додаткових лабораторних досліджень та польових випробувань, щоб підтвердити ефективність використання побічних продуктів. Стаття [12] підкреслює необхідність у подальших дослідженнях та розширенні застосування промислових побічних продуктів у дорожніх сумішах, особливо для випробування їхніх властивостей у реальних умовах. Автори також рекомендують вивчити вплив хімічних реакцій між побічними продуктами та бітумом, які можуть вплинути на довговічність дорожніх покриттів. Використання таких матеріалів, на думку авторів, сприятиме більш стійкому розвитку дорожньої галузі та зниженню екологічних ризиків, пов'язаних з накопиченням промислових відходів [12].

1.4 Норми проектування реконструкції плану, поздовжнього профілю та дорожнього одягу автомобільної дороги

Загальні положення.

Капітальний ремонт автомобільної дороги спрямований на приведення її існуючих параметрів у відповідність до нормативних вимог, встановлених для відповідної категорії дороги. У процесі проектування були використані основні нормативні документи, зокрема [13], [7], [14], [15].

Згідно з нормативними документами [7, 13-15], реконструкція передбачає перебудову існуючої автомобільної дороги із внесенням змін до параметрів плану, поперечного та поздовжнього профілів для підвищення її пропускної здатності. Автомобільні дороги поділяються на 5 технічних категорій залежно від добової інтенсивності руху транспортних засобів. (таблиця 1.1) [13].

Таблиця 1.1 – Технічна класифікація автомобільних доріг

Категорія дороги	Розрахункова перспективна інтенсивність руху, авт/добу	
	у транспортних одиницях	у приведених до легкового автомобіля
I-а– I-б	понад 10 000	понад 14 000
II	від 3 000 до 10 000	від 5 000 до 14 000
III	від 1 000 до 3 000	від 2 500 до 5 000
IV	від 150 до 1 000	від 300 до 2 500
V	до 150	до 300

Примітка. При однакових вимогах до доріг I-а та I-б категорій вони позначаються як дороги I категорії.

Запропоновані проєктні рішення мають гарантувати безпеку всіх учасників дорожнього руху, зокрема пішоходів, у місцях перетину доріг, а також відповідати експлуатаційним характеристикам дороги та її елементів згідно з вимогами нормативних документів [7, 13-15].

Поперечний профіль.

Поперечний профіль автомобільної дороги є ключовим елементом проєкту будівництва. Основні параметри визначаються відповідно до таблиці 1.2 [7, 13-15]. У разі необхідності та за відповідного обґрунтування допускається збільшення ширини смуг руху, кількості смуг та інших параметрів поперечного профілю. Приклад поперечного профілю автомобільної дороги представлено на рисунку 1.1.

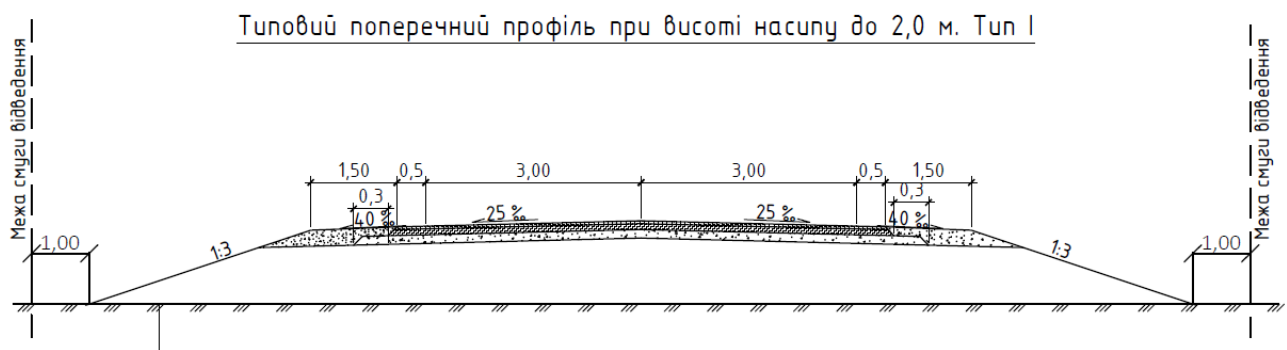


Рисунок 1.1 – Приклад поперечного профілю автомобільної дороги

Таблиця 1.2 – Параметри поперечного профілю автомобільних доріг [7,13-15]

№	Показник	Од. вим.	Категорії доріг					
			I-а	I-б	II	III	IV	V
1	Кількість смуг руху	шт.	4; 6; 8	4; 6	2; 3**	2	2	1
2	Ширина смуги руху	м	3,75; 3,5*	3,75; 3,5*	3,75	3,50	3,00	4,50
3	Ширина узбіччя, в тому числі:	м	3,75	3,75	3,75	2,50	2,00	1,75
	- ширина зупинкової смуги разом з укріпленою смугою;	м	3,0	3,0	3,0	-	-	-
	- ширина укріпленої смуги узбіччя	м	0,75	0,50	0,50	00,50	00,50	-
5	Ширина розділювальної смуги	м	6,00	3,00	-	-	-	-
6	Ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі	м	0,75	0,50	-	-	-	-

Примітка 1. При капітальному ремонті існуючих автомобільних доріг I категорії ширину існуючої розділової смуги можна не змінювати.

Примітка 2. На дорогах V категорії з автобусним рухом ширину укріплених потрібно призначати шириною 0,75 м

Примітка 3. При влаштуванні на розділювальній смузі дорожнього огороження першої групи ширину розділювальної смуги можна приймати рівною ширині огороження плюс ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі з кожного боку огороження.

Примітка 4. У населених пунктах, при розрахунковій швидкості руху до 60 км/год включно, рекомендується звужувати ширину смуги до 3,25 м та передбачати відповідні технічні засоби організації дорожнього руху.

Примітка 5. При капітальному ремонті ширину смуги руху та зупиночної смуги можна не зменшувати.

Примітка 6. Ширину зупиночної смуги разом з укріпленою смугою для доріг I категорії з кількістю смуг руху в одному напрямку 3 і більше можна приймати 2,50 м.

Примітка 7. Зупиночна смуга на ділянках автомобільної дороги II категорії з інтенсивністю руху у транспортних одиницях на 5 рік експлуатації до 7000 авт./добу може не влаштовуватись.

Примітка 8. На дорогах II категорії з трьома смугами руху зупиночна смуга з боку двох смуг руху в одному напрямку може не влаштовуватись.

Примітка 9. У разі розміщення тротуару в межах узбіччя, ширину останнього допускається приймати рівною ширині тротуару плюс 0,5 м.

* Ширина смуги руху 3,50 м застосовується для 3-ї та 4-ї смуг руху при новому будівництві.

** Рекомендовано влаштовувати при інтенсивності у транспортних одиницях більше 7000 авт./добу

Для забезпечення відведення води з проїзної частини необхідно призначити поперечний похил, не враховуючи ділянки влаштування віражів, залежно від типу матеріалу, що застосовується як покриття при будівництві автомобільної дороги [7,13-15]:

- асфальтобетонне та цементобетонне покриття - 25‰;
- гравійне та щебенеve покриття – від 25‰ до 30‰;
- ґрунтові покриття, укріплені в'язучими, та брукованого матеріалу – від 30‰ до 40‰.

Ухил узбічч повинен бути більшим за ухил дорожнього покриття і також залежить від типу використовуваного матеріалу [7,13-15]:

- матеріали, укріплені в'яжучими – від 30‰ до 40‰;
- гравійні та щебеневі матеріали – від 40‰ до 60‰;
- засів трав або одернування – від 50‰ до 60‰;
- укріплені узбіччя з матеріалу, що застосовується на проїзній частині – приймається той же ухил, що і на проїзній частині.

При проектуванні кривих ділянок автомобільної дороги в залежності від радіусу автомобільної дороги та розрахункової проектної швидкості необхідно влаштовувати віраж та призначати похил згідно номограми (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Номограма для визначення похилу віражу [7,13-15]

Якщо радіус кривої автомобільної дороги становить менше 750 м, то необхідно влаштовувати розширення автомобільної дороги в кривій за рахунок узбіччя. У випадках, коли ширини узбіччя недостатньо, то виконують розширення земляного полотна [7,13-15]. Значення розширення наведено в таблиці 1.3. Також розширення проїзної частини необхідно влаштовувати у ввігнутих вертикальних кривих. За рахунок узбіччя розширення виконують для II технічної категорії автомобільної дороги на 0,5 м довжиною 100 м.

Таблиця 1.3 – Розширення однієї смуги руху на горизонтальних кривих [7,13-15]

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

План і поздовжній профіль.

Траси доріг повинні бути запроектовані у вигляді плавних ліній у просторі, що з'єднують площинні елементи, поздовжні та поперечні ділянки між собою, ув'язуються з навколишнім ландшафтом і оцінюють їх вплив на умови руху та візуальне сприйняття дороги.

Проектування плану та поздовжнього профілю має виконуватись згідно перспективної інтенсивності руху, яка становить 20 років, умовах, що забезпечують безпеку та комфорт руху транспортних засобів, і враховувати можливість реконструкції дороги понад очікуваний розрахунковий термін [7,13-15].

Фрагменти плану та поздовжнього профілю проекту реконструкції автомобільної дороги наведено на рисунках 1.3 та 1.4.

При проектуванні реконструкції автомобільної дороги IV категорії необхідно призначити наступні основні параметри плану та поздовжнього профілю [7,13-15]:

- поздовжній похил не більше 30 ‰ ;
- відстань видимості за умови зупинки транспортного засобу – більше 450 м;

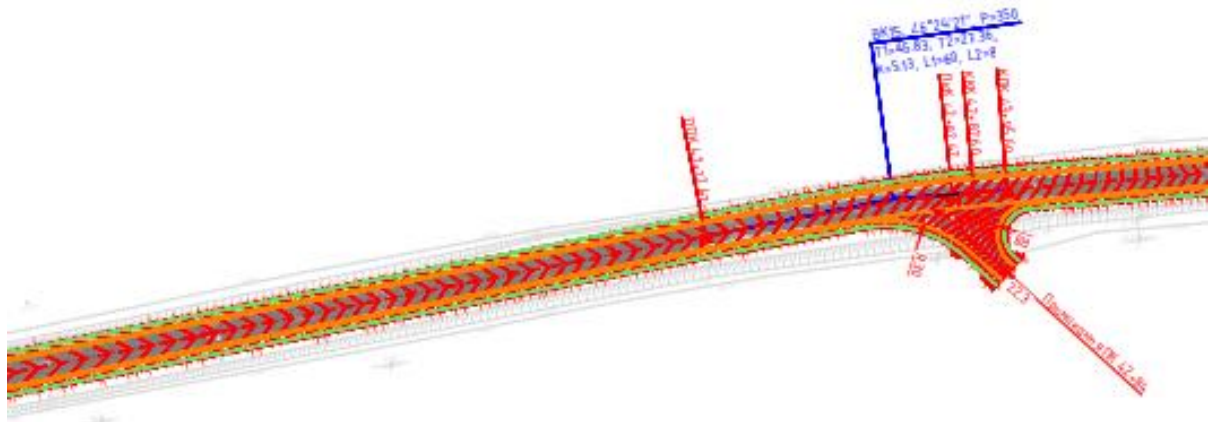


Рисунок 1.3 – Фрагмент плану проекту реконструкції автомобільної дороги

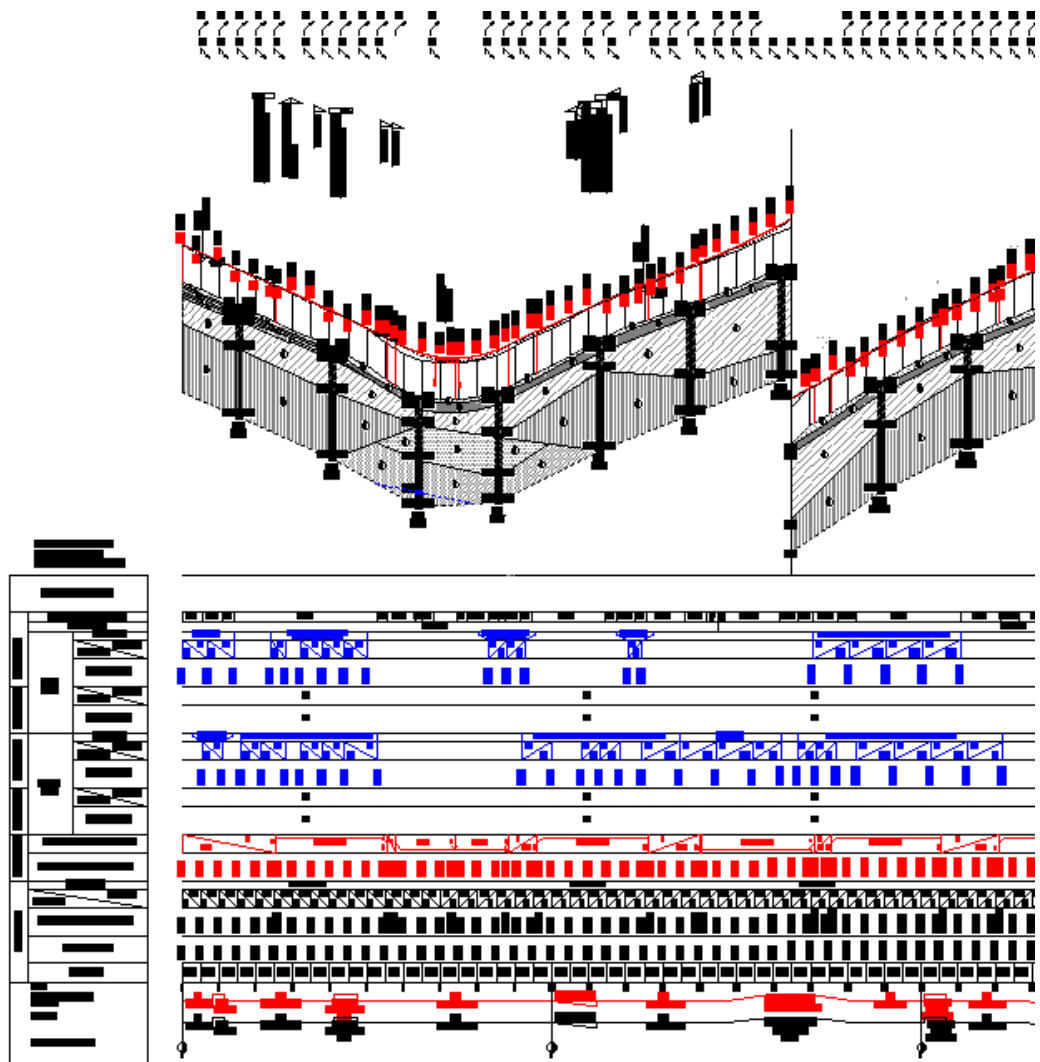


Рисунок 1.4 – Фрагмент поздовжнього профілю проекту реконструкції автомобільної дороги

- радіуси кривих у плані – більше 3000 м;
- радіуси опуклих кривих у поздовжньому профілі – більше 70000 м;
- радіуси увігнутих кривих у поздовжньому профілі – більше 8000 м;
- довжину опуклих кривих у поздовжньому профілі – більше 300 м;
- довжину увігнутих кривих у поздовжньому профілі – більше 100 м

Якщо виконання вищеперерахованих параметрів неможливе через складність рельєфу, щільність забудови, проходження магістральних ліній електропередач та трубопроводів або виконання цих умов призводить до значного збільшення обсягів робіт та вартості будівництва, то допускається застосовувати граничні параметри проектування, що наведені в таблиці 1.4 [7,13-15].

Таблиця 1.4 – Параметри елементів плану і поздовжнього профілю, що залежать від розрахункових швидкостей [7,13-15]

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

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту проектування реконструкції автомобільної дороги Королівка – Казначейка

По своєму значенню даний об'єкт віднесений до доріг місцевого значення.

Проектована ділянка розташована в Самарському районі Дніпропетровської області по дорозі місцевого значення О040707 Малоандріївка – /Т-04-13/ км 5+000 – км 10+000.

Існуюча ширина дороги складає – 6,0 м / 6,5 м.

Довжина проекрованої ділянки – 5000 м.

На підставі ДБН В.2.3.4-2015, п.4.1 визначено категорію дороги за технічною специфікацією. При розрахунковій інтенсивності – 157 приведених одиниць транспорту, дорогу віднесено до IV категорії за технічною класифікацією. Згідно вихідних даних має встановлену категорію дороги V. При підвищенні категорії дороги виконується реконструкція дороги згідно ДБН [7].

Асфальтобетонне покриття знаходиться в незадовільному стані – вибоїни, викришування крайки проїзної частини, місцями зруйноване узбіччя.

Дорожня розмітка – відсутня, дорожні знаки – в незадовільному стані.

Поперечний профіль дороги – двоскатний. Поперечні похили проїзної частини ненормативні і коливаються в межах від 0‰ до 40‰.

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

2.2 Технічні рішення з реконструкції ділянки автомобільної дороги

Проектом передбачено виконання комплексу будівельних робіт для реконструкції ділянки автомобільної дороги. Проектом передбачається приведення геометричних характеристик ділянки автомобільної дороги до вимог діючих нормативних документів, як для автомобільної дороги IV технічної категорії. Проектом передбачається доведення радіусів вертикальних кривих до нормативних значень для розрахункової швидкості 90 км/год, а саме мінімальний радіус вертикальних кривих 9000 м для опуклих кривих та 2100 м для увігнутих кривих.

В кривих ділянках автомобільної дороги згідно п.5.1.10 [7] влаштовано віражі з поперечним похилом віражу 25%.

Проектом передбачається влаштування технічних засобів організації дорожнього руху, а саме: металевого бар'єрного огородження, дорожньої розмітки та дорожніх знаків. Бар'єрне огородження влаштовується на ділянках проєктованої автомобільної дороги, де примикає тротуар до проїзної частини, при висоті насипу більше 2,0 м, в межах водопропускних труб та на підходах до них, а також на транспортних розв'язках.

Проектом передбачаються насипи висотою до 1,0 м з кюветами, насипи до 2,0 м влаштувати з укосами 1:3, насипи від 2,0 м до 6,0 м з укосами 1:1,5.

В межах населеного пункту передбачено влаштування 2 зупинок громадського транспорту з влаштуванням автопавільйонів та заїзними кишнями.

Проектом передбачається влаштування 7 примикань.

Радіуси заокруглень на примиканнях за межами населених пунктів прийняті 25 м. В межах населеного пункту радіуси заокруглень на примиканнях прийняті – 25 м, 12,0 м та 8,0 м.

Ухили по примиканням на довжині 20 м не перевищують 40%.

Конструкція дорожнього одягу на примиканнях прийнята по типу основної дороги.

Виконання будівельних робіт з реконструкції ділянки автомобільної дороги передбачається часткове (по смугове) перекриття руху автотранспорту.

В результаті реконструкції ділянок автомобільної дороги буде забезпечено надійне транспортне сполучення населених пунктів регіону та об'єктів виробничої діяльності між собою та з загальною мережею доріг, покращені транспортно-експлуатаційні показники, знижена собівартість перевезення вантажів і час перебування їх у дорозі, підвищиться безпека руху, буде відновлено пасажирський рух громадського транспорту.

Також, в результаті реконструкції ділянки автомобільної дороги, покращаться експлуатаційні показники (проектом передбачається приведення

геометричних параметрів ділянки автомобільної дороги до нормативних показників), покращиться безпека руху автотранспорту та пішоходів (проектом передбачається влаштування технічних засобів організації дорожнього руху).

2.3 Коротка кліматична характеристика об'єкта проектування

Клімат даного об'єкта помірно-континентальний. Середньорічний розподіл температур у цьому регіоні має напрямок, близький до широтного. Зимові ізотерми варіюються з півночі на південь від $-6,2^{\circ}$ до $-4,0^{\circ}\text{C}$, а літні - від $20,5$ до $22,0^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури в регіоні зафіксований на рівні 41°C , а мінімум становить -38°C . Частота температурних переходів на поверхні ґрунту після 0°C досягає 10-15 разів на рік.

Величина сумарної сонячної радіації коливається з півночі на південь від 4200 до 4400 МДж/м², радіаційний баланс - від 1800 до 1950 МДж/м², тривалість сонячного сяйва - від 2050 до 2150 годин на рік, сума активних температур вище 10°C - від 2700 до 3400 годин. тривалість безморозного періоду (вегетаційного періоду) становить в середньому 185 днів на рік. Показник атмосферного тиску взимку становить близько 1021 Гпа, а влітку знижується до 1012-1013 Гпа.

Середньорічна кількість опадів досягає свого максимуму на північному сході регіону (550 мм) і зменшується до 450-500 мм в південно-західному напрямку. Влітку кількість опадів досягає 80% від річної норми, а взимку у вигляді снігу опади випадають частіше на сході регіону, ніж на заході. Відносна вологість повітря протягом 7-го місяця знижується з 66% до 62% в південно-східному напрямку, а в 1-й місяць досягає 84-81%. Влітку вітер дме переважно із Заходу і північного заходу, а взимку-зі сходу і північного сходу. Інші погодні події включають туман (від 50 днів на рік на великих висотах до 70 днів у низинних районах), снігові бурі (від 10 до 20 днів), грози (до 25-30 днів) та град (4-5 днів). Для регіону характерний посушливий період в першій половині весни і влітку, що посилюється суховіями – суховійними вітрами.

Згідно зі схемою агрокліматичного районування України, Дніпропетровська область знаходиться в межах сухої і дуже теплої зони.

2.4 План траси.

Проїзна частина дороги розташована на пересіченій місцевості.

Проїзна частина з двостороннім рухом. Ширина дороги становить 6 м / 6,5 м.

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

В населеному пункті Казначеївка влаштовуються тротуари шириною 1,8 м.

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

2.5 Поздовжній профіль проекрованої ділянки автомобільної дороги.

Поздовжні профілі запроектовані по осі проїзної частини.

Проектні відмітки поздовжнього профілю визначалися виходячи з умов існуючої дороги, перехресть, забезпечення водовідводу та розташування прилеглої території.

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

2.6 Дорожній одяг.

Конструкція дорожнього одягу розрахована відповідно до ВБН В.2.3-218-186-2004 та ДБН В.2.3-4-2015.

Вихідними даними для розрахунку є:

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

В результаті розрахунків були отримані наступні дані:

- варіант 1 - модуль пружності дорожнього одягу 305 МПа з врахуванням коефіцієнта запасу міцності 1,61;
- варіант 2 - модуль пружності дорожнього одягу 292 МПа з врахуванням коефіцієнта запасу міцності 1,54;
- варіант 3 - модуль пружності дорожнього одягу 262 МПа з врахуванням коефіцієнта запасу міцності 1,38;
- варіант 4 - модуль пружності дорожнього одягу 331 МПа з врахуванням коефіцієнта запасу міцності 1,74.

2.7 Капітальний ремонт дорожнього одягу

Конструкція дорожнього одягу варіант 1:

1. Щебенево-піщана суміш С-5 товщиною 21 см;
2. Щебенево-піщана суміш укріплена цементом марки М10 ЩПС.Кр.Ц.М10 згідно ДСТУ 9177-3:2022, h=15 см;
3. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013, 1,0 л/м²
4. АСГ.Кр.Щ.Б.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 60/90 згідно ДСТУ 4044-2019, h=10 см;
5. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013, 0,4 л/м²;
6. АСГ.Др.Щ.А.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 60/90 згідно ДСТУ 4044-2019, h=5 см.

Конструкція дорожнього одягу варіант 2:

1. Щебенево-піщана суміш С-5, h=27 см;
2. АСГ.Кр.Щ.Б.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 60/90 згідно ДСТУ 4044-2019, h=10 см;
3. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013, 0,4 л/м²;
4. АСГ.Др.Щ.А.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 60/90 згідно ДСТУ 4044-2019, h=5 см.

Конструкція дорожнього одягу варіант 3:

1. Шлаковий щебінь, h=22 см;
2. Побічні продукти промисловості, укріплені комплексними в'язучими М10,

h=20 см;

3. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013, 1,0 л/м²

4. АСГ.Кр.Щ.Б.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 60/90 згідно ДСТУ 4044-2019, h=10 см;

5. Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 за ДСТУ Б В.2.7-129:2013, 0,4 л/м²;

6. АСГ.Др.Щ.А.НП.І згідно ДСТУ Б В.2.7-119-2011 на бітумі БНД 60/90 згідно ДСТУ 4044-2019, h=5 см.

2.8 Організація безпеки дорожнього руху.

Проектом передбачаються наступні заходи щодо безпеки дорожнього руху:

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

Антикорозійний захист металевих елементів бар'єрного огороження

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

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

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Порівняння варіантів дорожнього одягу

Різні варіанти проектних схем можуть значно відрізнятися за технічними характеристиками, вартістю будівництва, якістю транспортування та експлуатації, рівнем безпеки руху, а також відповідністю екологічним вимогам. Основним критерієм вибору оптимального варіанту є оцінка ефективності капіталовкладень.

Оцінка та порівняння витрат на реалізацію проекту і очікуваних прибутків є ключовими для визначення ефективності інвестицій. Залежно від підходів до оцінки собівартості та прибутковості, методи аналізу поділяються на дві основні групи:

- Порівняння термінів окупності капіталовкладень;
- Аналіз дисконтованих економічних показників.

До першої групи належать:

- розрахунок простого терміну окупності капіталовкладень;
- визначення дисконтованого терміну окупності капіталовкладень.

До другої групи входять:

- зіставлення заявленої вартості проектів, що порівнюються;
- розрахунок чистого дисконтованого доходу або поточної вартості;
- аналіз дисконтованих витрат, пов'язаних із впровадженням альтернативних проектів.

3.2 Обґрунтування рекомендованого варіанту з відновлення дорожнього одягу

Відповідно до п. 2.1, ділянка автомобільної дороги протяжністю 5 км, розташована в Дніпропетровській області, за інтенсивністю транспортного руху класифікується як дорога IV категорії. Згідно з рекомендаціями [16], вибір конструкції дорожнього одягу з Альбому здійснюється наступним чином:

- а) визначається категорія автомобільної дороги: дорога IV категорії;

б) встановлюється ступінь руйнування або пошкодження дорожнього покриття. Прийнято, що на половині довжини ділянки (50%) пошкодження дорожнього одягу є значним і стосується всієї товщини без порушення земляного полотна;

в) із таблиці 4 [16] обирається найбільш доцільний варіант конструкції дорожнього одягу, враховуючи паспортні характеристики та проведений аналіз технічної інформації.

Варіанти конструкцій дорожнього одягу надані на рисунках 3.1 -3.4.



Рисунок 3.1 – Варіант 1 конструкцій дорожнього одягу на автомобільних дорогах IV категорії дороги в залежності від ступеня її руйнування

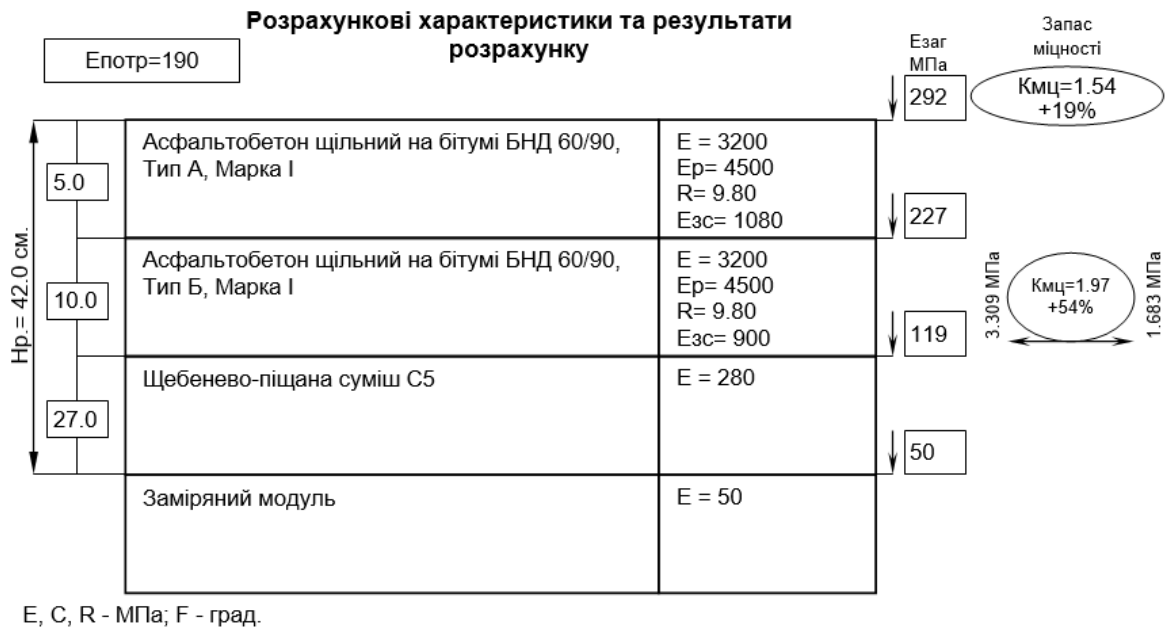


Рисунок 3.2 – Варіант 2 конструкцій дорожнього одягу на автомобільних дорогах IV категорії дороги в залежності від ступеня її руйнування

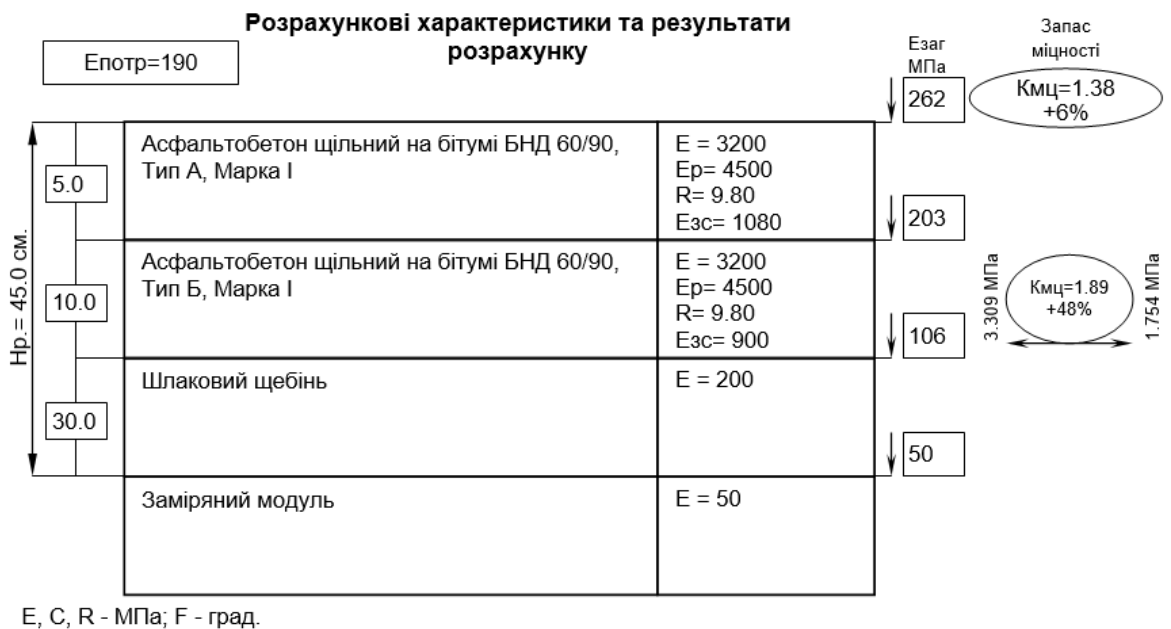


Рисунок 3.3 – Варіант 3 конструкцій дорожнього одягу на автомобільних дорогах IV категорії дороги в залежності від ступеня її руйнування

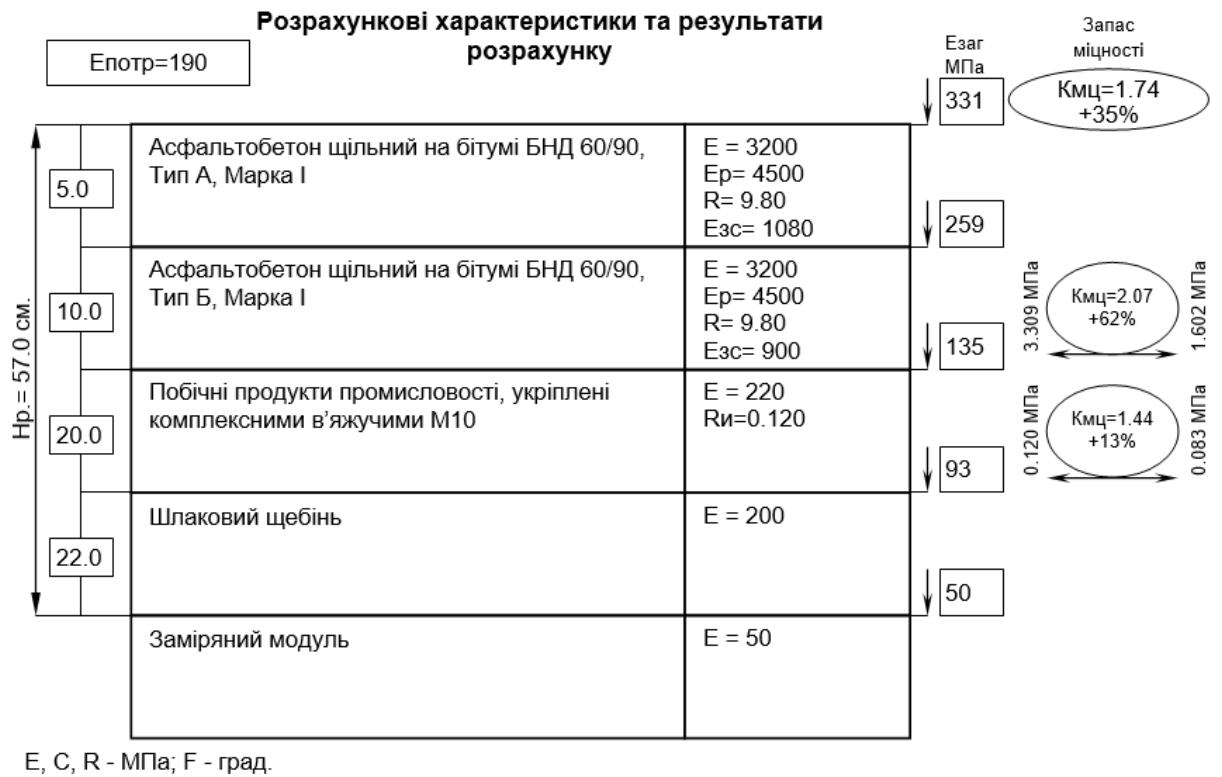


Рисунок 3.4 – Варіант 4 конструкцій дорожнього одягу на автомобільних дорогах IV категорії дороги в залежності від ступеня її руйнування

Аналіз варіантів виконано з урахуванням вартості основних будівельних матеріалів, таких як асфальтобетон і цементобетон, згідно з цінами на дорожньо-будівельні матеріали за даними служб автомобільних доріг в областях за період 2017–2024 років. Базу даних цін на матеріальні ресурси можна знайти за посиланням: <https://prices.dorndi.org.ua/sum/>.

Згідно з результатами дослідження, наведеними у статті [17], можна зробити висновок, що основною метою інвестора є мінімізація витрат для досягнення максимально можливого прибутку. Вартість по кожному з варіантів визначалася за формулою:

$$K = (a_1 \cdot Q_1 + a_2 \cdot Q_2 + a_3 \cdot Q_3 + a_4 \cdot Q_4) \quad (3.1)$$

де Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – об'єм шару асфальтобетону, цементобетону та інших шарів для відповідного варіанту;

a_1, a_2, a_3, a_4 – ціна асфальтобетону, цементу та інших матеріалів.

Об'єм матеріалу знаходиться як добуток ширини проїжджої частини B на

товщину шару h і довжину ділянки, що підлягає відновленню:

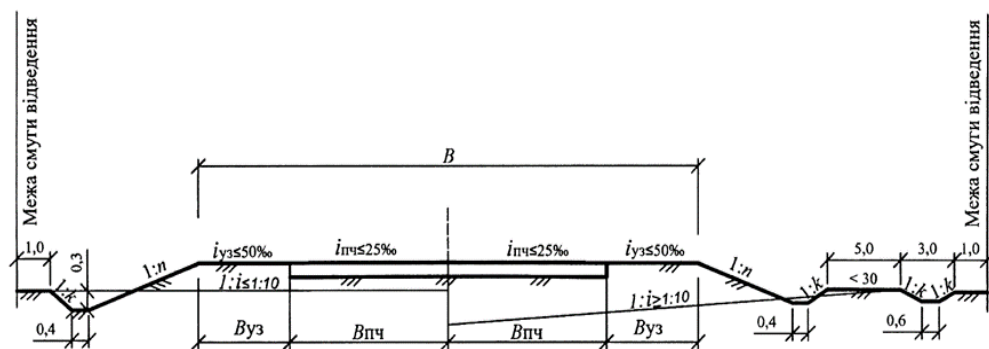
$$Q = B \cdot (h \cdot 10^{-2}) \cdot (L \cdot 10^3) \quad (3.2),$$

де L - відповідно довжина автодороги.

Приклад до варіанту 1.

Використовуючи вихідні дані (таблиця 3.1) і ціни на асфальтобетонну суміш (рисунки 3.1, 3.2) і дані щодо проїжджої частини для автодороги IV категорії [18] (рисунок 3.11) отримуємо:

$$B = 7,0 \text{ м}; h = 5 \text{ см}; L = 5 \text{ км}.$$



B для: восьми смуг руху дороги I-а категорії – 43,5 м; шести смуг руху дороги I-а категорії – 36,0 м; шести смуг руху дороги I-б категорії – 33 м; чотирьох смуг руху дороги I-а категорії – 28,5 м; чотирьох смуг руху дороги I-б категорії – 25,5 м; для дороги II категорії – 15,0 м; для дороги III категорії – 12,0 м; для дороги IV категорії – 10,0 м; для дороги V категорії – 8,0 м;
 $B_{\text{Вуз}}$ для: I-а, I-б, II – 3,75 м; III – 2,5 м; IV – 2,0 м; V – 1,75 м;
 $B_{\text{Впч}}$ для: восьми смуг руху дороги I-а категорії – 2 м × 15 м; для шести смуг руху дороги I-а, I-б категорії – 2 м × 11,25 м; для чотирьох смуг руху дороги I-а, I-б категорії – 2 м × 7,5 м; для дороги II категорії – 7,5 м; для дороги III категорії – 7,0 м; для дороги IV категорії – 6,0 м; для дороги V категорії – 4,5 м.

Рисунок 3.5 – Схема поперечного профілю земляного полотна у насипу висотою до 6,0 м

Тоді за формулою (3.2) об'єм асфальтобетону крупнозернистого, пористого, типу А-Б, буде дорівнювати:

$$Q = 7,0 \times (5 \times 10^{-2}) \times (5 \times 10^3) = 1750 \text{ м}^3$$

Об'єми матеріалів для інших шарів розраховуються аналогічно з урахуванням можливої зміни їхньої товщини (див. табл. 3.1).

Далі розраховуються вартості для варіантів 1 – 4.

Вартість для першого варіанту складе:

$$K = (6630 \times 1750 + 6200 \times 3550 + 3290 \times 5700 + 1300 \times 7980) \times 10^{-6} = 62,7395 \text{ млн грн}$$

Вартість для другого варіанту складе:

$$K = (6630 \times 1750 + 6700 \times 3550 + 1650 \times 10260 + 1270) \times 10^{-6} = 46,6427 \text{ млн грн}$$

Вартість для третього варіанту складе:

$$K = (6630 \times 1750 + 6700 \times 3550 + 645 \times 11400) \times 10^{-6} = 40,9655 \text{ млн грн}$$

Вартість для четвертого варіанту складе:

$$K = (6630 \times 1750 + 6700 \times 3550 + 890 \times 7600 + 645 \times 8360) \times 10^{-6} = 45,7687 \text{ млн грн}$$

Розрахункові дані по варіантам 1-4 зведено до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахункові дані по варіантам

Варіант	Тип матеріалу	Товщина шару, см	Об'єм матеріалу, м ³	Вартість	
				на одиницю, грн	загальна, тис. грн
1	2	3	4	5	6
1	Асфальтобетон.АСГ.Др.Щ.А.НП.І .БНД70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий, щільний, типу А, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	5	1750	6630	11 602,5
	АСГ.Кр.Щ. Б.НП.І.БНД70/100 – асфальтобетон крупнозернистий, щільний, типу Б, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	10	3550	6200	22 010
	Щебенево-піщана суміш укріплена цементом марка матеріалу М20	15	5700	3290	18 753
	ЩПС С5	21	7980	1300	10 374
	Загальна вартість по варіанту 1				62,7395 млн грн

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
2	Асфальтобетон АСГ.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий, щільний, типу А, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	5	1750	6630	11 602,5
	АСГ.Кр.Щ.Б.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий, щільний, типу Б, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	10	3550	6700	22 010
	ЩПС С7	27	10260	1270	13 030,2
	Загальна вартість по варіанту 2			46,6427 млн грн	
3	Асфальтобетон АСГ.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий, щільний, типу А, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	5	1750	6630	11 602,5
	АСГ.Кр.Щ.Б.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий, щільний, типу Б, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	10	3550	6700	22 010
	Шлаковий щебінь	30	11400	645	7 353
	Загальна вартість по варіанту 3			40,9655 млн грн	
4	Асфальтобетон АСГ.Др.Щ.А.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий, щільний, типу А, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	5	1750	6630	11 602,5
	АСГ.Кр.Щ.Б.НП.І.БНД 70/100 – асфальтобетон дрібнозернистий, щільний, типу Б, непереривчастого зернового складу, марки І, бітум марки БНД 70/100	10	3550	6700	22 010
	Побічні продукти промисловості, укріплені комплексними в'язучими М10	20	7600	890	6 764
	Шлаковий щебінь	22	8360	645	5 392,2
	Загальна вартість по варіанту 4			45,7687 млн грн	

Аналізуючи результати техніко-економічного порівняння проектних рішень, представлених у таблиці 3.1, встановлено, що варіант із III типом поперечного профілю є найбільш економічно ефективним. Зокрема, витрати на реалізацію варіанту 3 менші на 34,7 % у порівнянні з 1-м варіантом, на 25,3 % у порівнянні з 2-м варіантом та на 27 % у порівнянні з 4-м варіантом. Отримані результати свідчать про раціональність вибору третього варіанту для реалізації з точки зору економічної доцільності.

Таблиця 3.2 – Порівняльна вартість по варіантам

Номер варіанта	Вартість, млн грн/км	Відсоток, %
Варіант 1	62,7395	100
Варіант 2	46,6427	74,3
Варіант 3	40,9655	65,2
Варіант 4	45,7687	72,9

Третій варіант конструкції дорожнього одягу для автомобільних доріг IV категорії вирізняється нижчими витратами матеріалів порівняно з іншими варіантами. Це дозволяє скоротити час виконання робіт, зменшити витрати на техніку та робочу силу. Реалізація цього варіанту також є менш складною і менш технологічно вимогливою, що спрощує процес виконання робіт і сприяє скороченню термінів будівництва. Різниця між четвертим і третім варіантами становить приблизно 7,7 %, що свідчить на користь третього варіанту з економічної точки зору. Його вибір забезпечує оптимальне використання ресурсів, зниження матеріальних витрат і спрощення виробничих процесів, що позитивно впливає на реалізацію проєкту.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ УЛАШТУВАННІ ДОРОЖНІХ ОСНОВ

4.1 Загальні вимоги безпеки

Основна мета — забезпечення безпеки працівників, мінімізація ризиків травматизму та збереження здоров'я персоналу, задіяного в процесах будівництва доріг [19].

Працівники мають проходити обов'язковий інструктаж з охорони праці перед початком робіт, а також регулярно навчання та перевірку знань з безпечного виконання робіт [20]. До виконання робіт допускаються особи, які мають необхідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд та інструктаж із техніки безпеки [21].

На майданчику повинні бути організовані місця для відпочинку, забезпечені питною водою, аптечками першої допомоги та засобами для екстреної евакуації у разі нещасного випадку [19].

Усі технічні засоби, машини та механізми мають бути сертифікованими, технічно справними та відповідати стандартам безпеки [21]. Операторів машин потрібно навчити правилам роботи з технікою, а також забезпечити доступ до експлуатаційних інструкцій. Зони роботи будівельної техніки повинні бути чітко визначені, а небезпечні ділянки огорожені [20].

Усі працівники зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), зокрема:

- Захисні каски — для запобігання травмам голови [19].
- Високоякісне спецвзуття — для захисту від проколів, падіння важких предметів [21].
- Світловідбивний одяг — для підвищення видимості на майданчику [20].
- Респіратори — при роботі в запиленому середовищі [19].
- Захисні окуляри — для захисту очей від механічних пошкоджень [21].

Роботодавець повинен регулярно перевіряти стан ЗІЗ та забезпечувати їх заміну у разі пошкодження [20]. На кожному об'єкті має бути призначена відповідальна особа за охорону праці, яка здійснює постійний контроль за дотриманням вимог безпеки. Роботи повинні виконуватися згідно з розробленим

та затвердженим планом виконання робіт (ПВР), який включає заходи з охорони праці [21].

Робочі зони слід забезпечити належним освітленням, особливо у вечірній та нічний час. Забороняється виконання робіт у несприятливих погодних умовах, які можуть створити загрозу для життя працівників (сильний вітер, дощ, ожеледиця) [19]. У разі аварійної ситуації всі роботи мають бути негайно зупинені, працівники евакуйовані, а відповідальні особи повідомлені [20].

4.2 Охорона праці при роботі бульдозера

Бульдозери є одними з основних машин для виконання земляних робіт у будівництві, які включають розробку ґрунту, переміщення матеріалів, створення траншей і насипів, а також планування будівельних майданчиків. Основні види робіт, що виконуються бульдозерами, включають зняття рослинного шару ґрунту, формування виїмок, засипання траншей і планування поверхонь для подальшого будівництва. Відповідно до даних, наведених у навчальному посібнику “Земляні роботи”, бульдозери широко застосовуються на промислових об’єктах завдяки їх високій продуктивності та можливості працювати з різними типами ґрунтів, включаючи скельні й мерзлі маси [22].

Перед початком земляних робіт важливим етапом є підготовка будівельного майданчика, яка включає очищення території від чагарників, каменів, коріння дерев і іншого сміття. Відповідно до [19], роботи повинні виконуватися з урахуванням технологічних процесів і нормативів охорони праці. Для забезпечення безпеки працівників територія будівельного майданчика повинна бути огорожена, а робочі місця – облаштовані згідно з вимогами безпеки [19].

Правила експлуатації бульдозерів включають регулярний технічний огляд машини. Перед початком роботи оператор повинен перевірити справність усіх вузлів і агрегатів, зокрема гальмівної системи, освітлювального обладнання, сигналізації та системи управління. Несправна техніка не допускається до експлуатації. Крім того, необхідно забезпечити періодичне технічне обслуговування, яке включає заміну мастильних матеріалів, перевірку стану гідравлічних систем і діагностику двигуна [22].

Охорона праці при роботі з бульдозером є важливою складовою для мінімізації ризиків і забезпечення безпеки персоналу. Відповідно до [20], працівники повинні пройти попереднє навчання і регулярну перевірку знань з питань охорони праці. Інструктаж охоплює правила роботи з бульдозером, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), таких як каски, захисні окуляри, спеціальний одяг і взуття, що відповідає умовам будівельного майданчика [19, 20].

Робота бульдозера повинна виконуватися з дотриманням безпечної відстані від інших машин і працівників. Заборонено перебувати під піднятими робочими органами машини або залишати її без нагляду із працюючим двигуном. У місцях проведення робіт необхідно встановлювати знаки безпеки та огорожувальні конструкції згідно з вимогами ДСТУ. Для роботи в умовах поганої видимості чи у нічний час бульдозер має бути обладнаний додатковим освітленням [19, 20].

Земляні роботи часто виконуються в умовах підвищеного ризику через фактори навколишнього середовища, такі як нестабільний ґрунт, можливість обвалу укосів або зіткнення з підземними комунікаціями. Для уникнення таких ситуацій необхідно забезпечити попереднє дослідження ґрунтів і складання проектної документації, яка враховує характеристики місцевості. Додатково необхідно проводити моніторинг стану укосів і траншей під час виконання робіт [20, 22].

Відповідно до чинних нормативів, роботодавці зобов'язані забезпечити працівників усіма необхідними ЗІЗ і проводити медичні огляди. Особливу увагу слід приділяти контролю за дотриманням вимог техніки безпеки під час роботи з паливно-мастильними матеріалами, оскільки вони є джерелами підвищеної небезпеки. Для попередження аварійних ситуацій робітники повинні дотримуватися правил зберігання та транспортування цих речовин [20].

Таким чином, організація безпечної роботи бульдозерів на будівельних майданчиках передбачає комплексний підхід, що включає дотримання технологічних процесів, виконання вимог нормативних документів і забезпечення належного рівня підготовки працівників. Це не тільки сприяє

підвищенню продуктивності, але й знижує ризики для здоров'я та життя людей.

4.3 Охорона праці при роботі котка

Котки є спеціалізованими машинами, які використовуються в будівництві для ущільнення ґрунту, асфальту та інших матеріалів. Основні види робіт із застосуванням котків включають ущільнення дорожніх покриттів, підготовку основи для будівництва, а також ущільнення насипів і траншей. Завдяки своїй конструкції, котки забезпечують рівномірне ущільнення поверхні, що сприяє збільшенню її несучої здатності та довговічності. Як зазначено в навчальному посібнику "Земляні роботи", котки класифікуються за типом приводу (статичні, вібраційні, комбіновані) та призначенням (ґрунтові, асфальтові, універсальні) [22].

Перед початком робіт з котком необхідно виконати підготовчі заходи, включаючи огляд робочої території, видалення перешкод і забезпечення безпечного доступу до робочих зон. Відповідно до вимог [19], робочі місця повинні бути облаштовані відповідно до стандартів безпеки, а зона виконання робіт – огорожена попереджувальними знаками. Під час роботи в умовах поганої видимості або в нічний час коток повинен бути оснащений додатковим освітленням [19].

Експлуатація котків потребує суворого дотримання правил безпеки. Перед початком роботи оператор зобов'язаний перевірити технічний стан машини, включаючи систему гальмування, гідравлічні механізми, робочі вали й освітлювальні пристрої. Несправна техніка не допускається до використання. Крім того, необхідно проводити регулярне технічне обслуговування, що включає заміну зношених деталей, мастильних матеріалів та перевірку рівня робочих рідин [22].

Охорона праці при роботі з котками є ключовим аспектом для забезпечення безпеки працівників і запобігання нещасним випадкам. Відповідно до [20], працівники повинні пройти попереднє навчання, включаючи інструктаж з охорони праці, який охоплює правила роботи з котком, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), таких як каски, захисне взуття, рукавиці та

сигнальні жилети. Особливу увагу слід приділяти інструктажу щодо роботи на схилах, оскільки є ризик перекидання машини [19, 20].

Основними ризиками при роботі котка є перекидання машини, контакт з обертовими частинами, здавлювання працівників і зіткнення з іншими транспортними засобами. Для мінімізації цих ризиків необхідно забезпечити належну підготовку водіїв і чітке зонування території. Робоча зона котка повинна бути вільною від сторонніх осіб, а оператор зобов'язаний підтримувати постійний візуальний контакт із навколишнім середовищем [19, 20].

Під час виконання ущільнення особливу увагу слід приділити контролю за укусами та краями дорожніх полотен. Роботи на цих ділянках повинні виконуватися з мінімальною швидкістю і максимальною обережністю. Відповідно до [19], роботи на схилах понад 20 градусів вимагають додаткових заходів безпеки, таких як використання додаткових стабілізаторів або спеціальної техніки [20].

Роботодавець зобов'язаний забезпечити працівників усіма необхідними засобами індивідуального захисту, організувати періодичні медичні огляди, а також стежити за дотриманням правил зберігання та транспортування паливно-мастильних матеріалів. Особливу увагу слід приділити екологічним аспектам роботи котків, зокрема зниженню рівня шуму та викидів [20].

Таким чином, дотримання нормативних вимог, правил експлуатації та охорони праці при роботі котків сприяє підвищенню ефективності будівельних робіт, забезпеченню безпеки працівників і зменшенню впливу на навколишнє середовище.

4.4 Охорона праці при роботі асфальтоукладальника

Асфальтоукладальники є спеціалізованою дорожньо-будівельною технікою, яка використовується для укладання асфальтобетонних покриттів на дорогах, майданчиках і тротуарах. Основними завданнями асфальтоукладальника є рівномірне розподілення асфальтобетонної суміші та забезпечення її попереднього ущільнення. Згідно з навчальним посібником "Земляні роботи", асфальтоукладальники класифікуються за типом приводу (гусеничні та колісні)

і продуктивністю, що дозволяє використовувати їх для роботи на об'єктах різного масштабу [22].

Перед початком роботи асфальтоукладальника необхідно виконати підготовчі заходи, включаючи перевірку технічного стану машини, огляд робочої території та забезпечення безпеки навколо зони виконання робіт. Відповідно до [19], робочі місця повинні бути облаштовані відповідно до стандартів безпеки, а зони виконання робіт – огорожені попереджувальними знаками. Під час роботи в умовах обмеженої видимості або в нічний час асфальтоукладальник повинен бути оснащений додатковим освітленням [19].

Експлуатація асфальтоукладальника вимагає суворого дотримання правил безпеки. Перед початком зміни оператор зобов'язаний перевірити стан основних систем машини, таких як двигун, система подачі асфальтобетонної суміші, гідравлічні приводи та освітлювальні прилади. Техніка, яка має несправності, не допускається до експлуатації. Також необхідно регулярно проводити технічне обслуговування машини, включаючи перевірку та заміну мастильних матеріалів, очищення бункерів і транспортних механізмів [22].

Охорона праці при роботі асфальтоукладальника включає обов'язковий інструктаж працівників, відповідно до вимог [20]. Працівники повинні пройти навчання, яке охоплює правила роботи з асфальтоукладальником, техніку безпеки та використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). До ЗІЗ входять каски, захисні окуляри, спеціальний одяг, взуття та рукавички, що відповідають умовам роботи на будівельних майданчиках. Особливу увагу слід приділяти заходам безпеки під час завантаження гарячої асфальтобетонної суміші, оскільки існує ризик опіків [19, 20].

Основними ризиками при роботі асфальтоукладальника є контакт працівників з рухомими частинами машини, опіки від гарячої асфальтобетонної суміші, а також небезпека зіткнення з іншими транспортними засобами. Для мінімізації цих ризиків необхідно забезпечити чітке зонування робочої території, використовувати сигнальні жилети та підтримувати постійний зв'язок між членами команди. У разі роботи в умовах високої температури необхідно

забезпечити додаткові заходи безпеки, такі як регулярні перерви та доступ до питної води [19,20].

Під час укладання асфальтобетону необхідно суворо дотримуватися правил роботи на ухилах і поворотах. Згідно з [19] під час роботи на крутих схилах слід застосовувати спеціальні методи укладання, щоб уникнути зсуву асфальтобетонної суміші та пошкодження дорожнього полотна. Оператор повинен уважно стежити за рівномірністю укладання і забезпечувати точне дотримання проектною товщини покриття [20].

Роботодавці зобов'язані забезпечити працівників усіма необхідними ЗІЗ, організувати періодичні медичні огляди та проводити регулярні інструктажі з охорони праці. Особливу увагу слід приділяти екологічним аспектам роботи асфальтоукладальника, включаючи контроль за рівнем шуму та викидів, а також належне зберігання паливно-мастильних матеріалів [20].

Таким чином, дотримання нормативних вимог, правил експлуатації та охорони праці при роботі асфальтоукладальника сприяє забезпеченню безпеки працівників, підвищенню ефективності робіт і зниженню ризиків для здоров'я та навколишнього середовища.

4.5 Дії при надзвичайній ситуації - травмування працівника при роботі дорожніх машин.

Травмування працівників під час роботи з дорожніми машинами є одним із найбільш поширених ризиків у будівництві та експлуатації доріг. Для забезпечення безпеки та ефективного реагування на надзвичайні ситуації необхідно враховувати вимоги нормативних документів і дотримуватися чітко визначених процедур.

Травми, які можуть виникнути під час роботи з дорожніми машинами, включають механічні, термічні, хімічні та електротравми. Механічні травми, такі як удари, переломи, порізи, можуть статися через зіткнення з рухомими частинами техніки або інструментами, затискання кінцівок у вузлах машин чи падіння з висоти. Термічні травми виникають при контакті з гарячими елементами машин, такими як двигуни або гарячий асфальт, а також унаслідок

переохолодження в несприятливих погодних умовах. Хімічні травми пов'язані з отруєннями парами палива чи мастильних матеріалів або контактом із хімічними реагентами. Електротравми можуть статися при роботі з несправним електрообладнанням.

Щоб запобігти таким травмам, необхідно дотримуватися ряду заходів безпеки, визначених нормативними документами. Згідно з [19], "працівники повинні проходити обов'язковий інструктаж перед початком робіт з використанням дорожньо-будівельних машин". Також зазначено: "Обладнання має бути перевірене та підготовлене до роботи, включаючи огляд стану механізмів, систем освітлення та сигналізації" [19].

Згідно з [21], "всі працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), такими як каски, рукавички, спецодяг, захисні окуляри, а також респіратори при роботі в умовах підвищеної загазованості або запиленості". Норматив також вимагає: "Робоча зона повинна бути огорожена, а всі небезпечні ділянки позначені відповідними знаками" [21].

Перед початком роботи з дорожніми машинами необхідно проводити регулярну перевірку технічного стану обладнання. Зокрема, слід перевіряти справність двигунів, гальмівних систем, гідравлічних вузлів, систем освітлення і сигналізації. Усі роботи мають виконуватися відповідно до затвердженого плану виконання робіт (ПВР), що враховує умови місцевості, потенційні ризики і вимоги охорони праці. Робоча зона повинна бути очищена від сторонніх предметів, а доступ до небезпечних зон обмежено.

У разі травмування працівника першочерговим завданням є зупинка роботи техніки та евакуація постраждалого з небезпечної зони. Далі необхідно оцінити стан постраждалого, включаючи наявність свідомості, дихання та пульсу, а також характер травми. Залежно від ситуації надається перша допомога. Наприклад, у разі механічних травм слід зупинити кровотечу, накладити стерильну пов'язку та іммобілізувати пошкоджену кінцівку. При опіках уражене місце необхідно охолодити під проточною водою та накладити стерильну пов'язку. У разі хімічного ураження уражену ділянку слід ретельно промити водою, а при

електротравмі необхідно вимкнути джерело струму й за потреби виконати серцево-легеневу реанімацію.

Відповідно до [20], усі надзвичайні ситуації мають бути задокументовані. У документі зазначено: "Акт розслідування нещасного випадку складається упродовж доби після інциденту та передається до відповідних органів для подальшого розгляду" [20]. Відповідальна особа проводить розслідування причин інциденту, складає акт розслідування та вносить відповідні дані до журналу реєстрації нещасних випадків. Крім того, роботодавець повинен впроваджувати заходи для запобігання повторенню таких ситуацій у майбутньому, зокрема проводити навчання працівників, переглядати робочі процедури та покращувати технічне оснащення.

Для ефективного запобігання травмам важливим є впровадження системного підходу до безпеки. Це включає регулярні інструктажі, контроль за дотриманням вимог охорони праці, впровадження сучасних технологій для моніторингу стану техніки та організацію тренінгів для працівників із наголосом на практичних навичках дій у надзвичайних ситуаціях. Завдяки цьому можливо мінімізувати ризики, забезпечити безпечні умови праці та оперативно реагувати на можливі інциденти.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Аналіз наукових і нормативних документів свідчить про важливість, трудомісткість і тривалість процесу науково-технічного супроводу проектування, будівництва та експлуатації доріг. Цей процес спрямований на розробку нових і оновлення існуючих нормативних актів і документації. Наприклад, у сфері використання промислових відходів, таких як шлаки промислових підприємств і золо-виноси вугільних теплоелектростанцій, аналіз наукових публікацій і нормативних матеріалів свідчить про недостатній рівень їх вивчення та застосування в Україні. Науково-технічний супровід у цьому напрямку стає рушійною силою для розробки методик їх використання, створення нових і вдосконалення чинних нормативних документів та інструкцій.

У роботі розглянуто чотири варіанти конструкцій дорожнього одягу для реконструкції автомобільної дороги Королівка – Казначеївка IV проектної категорії, з проведенням техніко-економічного порівняння. Основна різниця між варіантами полягає у використанні різних матеріалів для основи дорожнього одягу. Перший варіант: використання природних матеріалів, таких як щебінь і пісок. Другий варіант: повторне використання фрезерованого матеріалу шляхом холодного ресайклінгу. Третій варіант: застосування шлакового щебеню та укріплення ґрунту золо-виносом з ТЕС. Четвертий варіант: використання золошлакових сумішей і золо-виносу для укріплення ґрунту.

Економічна привабливість третього і четвертого варіантів зумовлена використанням промислових відходів, що мають низьку собівартість. Однією з основних перешкод для застосування золи в дорожньому будівництві є відсутність відповідної нормативної бази.

У контексті російської агресії та майбутньої післявоєнної відбудови використання промислових відходів є перспективним, економічно вигідним і екологічно важливим рішенням.

Крім економічних переваг, використання промислових відходів сприяє зменшенню екологічного навантаження через утилізацію шлаків і золо-виносів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Соколов О. В., Желотобрюх А. Д., Копинець І. В., Каськів В. І. Використання відходів промисловості в дорожньому будівництві // Дороги і мости. – 2020. – Вип. 21. – С. 110-119.

2. Крайнюк, О. та ін. 2022. Використання золошлаків у дорожньому будівництві з позиції екологічної безпеки. Транспортні системи і технології. 39 (Чер 2022), 41–50. DOI:<https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-39-5>.

3. Сєдов А. В., Фоменко О.О (2023). Використання зольних відходів при будівництві ґрунтових основ автомобільних доріг. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 174-182. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9\(19\)-21](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9(19)-21).

4. Gao, B.; Yang, C.; Zou, Y.; Wang, F.; Zhou, X.; Barbieri, D.M.; Wu, S. Compaction Procedures and Associated Environmental Impacts Analysis for Application of Steel Slag in Road Base Layer. Sustainability 2021, 13, 4396. <https://doi.org/10.3390/su13084396>

5. Díaz-Piloneta, M.; Terrados-Cristos, M.; Álvarez-Cabal, J.V.; Vergara-González, E. Comprehensive Analysis of Steel Slag as Aggregate for Road Construction: Experimental Testing and Environmental Impact Assessment. Materials 2021, 14, 3587. <https://doi.org/10.3390/ma14133587>

6. Галузеві будівельні норми України. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. ГБН В.2.3-37641918-559:2019. [Текст]. – 2019. – 62 с.

7. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. ДБН В.2.3-4-2015. [Текст] – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015. – 91 с.

8. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/ostn/dorozhniy_odjag_nezhorstkij/38-1-0-1831

9. Шлаковмісні композиційні матеріали для дорожнього будівництва: монографія / А. М. Корогодська, Г. М. Шабанова, В. М. Шумейко [та ін.]; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Одеса: Олді+, 2023. – 120 с. URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/72757>

10. Белятинський А. О., Краюшкіна К. В. Використання відвальних шлаків різних виробництв в дорожньому будівництві. Дороги і мости. Київ, 2010. Вип. 12. С. 24-30.

11. Соколов О. В., Желотобрях А. Д., Копинець І. В., Каськів В. І. Використання відходів промисловості в дорожньому будівництві // Дороги і мости. – 2020. – Вип. 21. – С. 110-119.

12. Alnadish, A.M.; Bangalore Ramu, M.; Kasim, N.; Alawag, A.M.; Vaarimah, A.O. A Bibliometric Analysis and Review on Applications of Industrial By-Products in Asphalt Mixtures for Sustainable Road Construction. Buildings 2024, 14, 3240. <https://doi.org/10.3390/buildings14103240>

13. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. ДБН В.1.2-5:2007. –К.: Мінрегіонбуд, 2007. – 91 с.

14. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Зміна № 2. ДБН В.2.3-4-2015. [Текст] – К.: Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. – 15 с.

15. Галузеві будівельні норми України. Ремонт автомобільних доріг загального користування. Види ремонтів та перелік робіт. Організаційно-методичні, економічні і технічні нормативи [Текст]: ГБН Г.1-218-182:2011. – К.: Укравтодор,, 2011. - 17 с.

16. . Альбом конструкцій дорожнього одягу / Укравтодор, ДП «ДЕРЖДОРНДІ». - К., 2022. – 26 с.

17. Солодкий С. Дорожній одяг. Навчальний посібник / С. Солодкий – Львівська політехніка., 2020 – 220 С.

18. ДСТУ Б В.2.3-33:2016 Автомобільні дороги. Визначення меж смуг відведення. К.: Мінрегіон України, 2016. – 31 с

19. Державні будівельні норми. ДБН А.3.2-2-2009 (НПАОП 45.2-7.02-12). Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення: затв. та введ. в дію наказом від 27.01.2009 № 45 / Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ). – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 120 с.

20. Державні нормативні акти з охорони праці. НПАОП 63.21-1.01-09. Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг: затв. та введ. в дію наказом від 28.12.2009 № 216 / Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – Київ : Міністерство юстиції України, 2010. – 46 с.

21. СОУ 45.2-00018112-006:2006 Порядок огороження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/porjadok_ogorodzhennja_ta_organizacija_dorozhno_go_rukhu_v_miscjakh_provedennja_dorozhnikh_robib/61-1-0-1840

22. Земляні роботи : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 157 с.

23. Національна транспортна стратегія України до 2030 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#n13>.

24. Статистичні дані транспортних перевезень України [Електронний ресурс] // Державна служба статистики – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.

25. Кульчицкий, В.А. Аэродромные покрытия. Современный взгляд

26. Національний стандарт України. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. [Текст] – К.: Мінрегіонбуд, 2011. – 127 с.

27. ДСТУ Б В.2.3-42:2016 Автомобільні дороги. Методи визначення деформаційних характеристик земляного полотна та дорожнього одягу – К.: Національний транспортний університет (НТУ), 2016. – 43 с.

28. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівельних споруд. Основні положення – К.: Мінрегіонбуд, 2018. – 40 с.

29. ДСТУ 8978:2020 Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу – К.: Технічний комітет стандартизації ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди», 2020. – 17 с.

30. Григоренко Ю.З. (2021) З двох зол: Україна може наростити утилізацію золошлаків в 11 разів [of two evils: Ukraine can increase the utilization of ash and slag by 11 times] GMK Center. Режим доступу <https://gmk.center/ua/posts/z-dvoh-zol-ukraina-mozhe-narostiti-utilizaciju-zoloshlakiv-v-11-raziv>.

31. Сєдов А. В., Фоменко О.О (2023). Використання зольних відходів при будівництві ґрунтових основ автомобільних доріг. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 174-182. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9\(19\)-21](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2023-9(19)-21).

32. Савенко, В'ячеслав & Скоропадський, Віктор. (2022). Обґрунтування доцільності використання золи виносу в дорожньому будівництві. *Automobile Roads and Road Construction*. 104-113. 10.33744/0365-8171-2022-112-104-113.

33. Дороги з відходів: в Україні дозволили будувати дороги з шлаків і золи (4.12.2019). Інформаційне агентство УНІАН. Режим доступу: <https://www.unian.ua/society/10780130-dorogi-z-vidhodiv-v-ukrajini-dozvolili-buduvati-dorogi-z-shlakiv-i-zoli.html>

34. Elzbieta Haustein, Aleksandra Kuryłowicz-Cudowska. Department of Mechanics of Materials and Structures, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdansk University of Technology, Narutowicza 11/12, 80-233 Gdansk, Poland. The Effect of Fly Ash Microspheres on the Pore Structure of Concrete. 09.02.2020.

35. НПАОП 45.2-7.02-12 Охорона праці і промислова безпека у будівництві

36. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва – К.: державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», 2016. – 54 с.

37. Заіченко В. І. Конспект лекцій з курсу «Безпека праці в будівництві» (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 – «Будівництво», спеціалізація «Охорона праці в будівництві») / В. І. Заіченко; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 98 с.

38. Проектування та будівництво аеродромних комплексів : монографія / За заг. ред. Карпова В. В. - Херсон : Олді+, 2022. - 336 с. ISBN 978-966-289-620-6

39. Безуглий А. О. Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту конструкцій дорожнього одягу / А. О. Безуглий, С. І. Ілляш, О. Ю. Тимошук. // Дороги і мости. – 2015. – №15. – С. 27–34.