

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: Науково-технічний супровід на етапі проектування реконструкції автомобільної дороги

за освітньою програмою: Автомобільні дороги

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

Виконав: студент групи: ДА 2221 Павло ШЛЯХОВИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)


(підпис студента)

Керівник: Професор Микола КУРГАН
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)


(підпис)

Нормоконтролер: Доцент Сергій БАЙДАК
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)


(підпис)

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


(підпис)

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

Студент


(підпис)

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

Faculty of «Construction, Architecture and Infrastructure»

(faculty)

Department of Transport Infrastructure

(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis

magistr

(higher education degree)

on the topic: Scientific and technical support during the design stage of the reconstruction
of a highway

according to educational curriculum: Construction and civil engineering

in the Speciality: 192 Motor roads and airfields

Done by the student

of the group: ДА2221

/ Pavlo Shliakhovyi /

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Professor Mykola Kurhan /

(position, name, surname)

Normative controller:

/ Associate Professor Sergiy Baidak /

(position, name, surname)

Supervisors:

/ Senior teacher Oleg Luzhitsky /

(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 і аеродроми

Спеціальність: Будівництво та цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Олексій ТЮТКІН

(підпис)

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу _____ магістр _____
(ступінь вищої освіти)

студенту Шляховому Павлу Юрійовичу

1. Тема роботи: Науково-технічний супровід на етапі проектування реконструкції 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 науково-технічного супроводу будівництва
- 1.3. Основні задачі, що стоять перед науково-технічним супроводом у будівництві
- 1.4. Порядок виконання робіт з науково-технічного супроводу
- 1.5. Використання результатів науково-технічного супроводу
- 1.6. Норми проектування реконструкції плану, поздовжнього профілю та дорожнього одягу автомобільної дороги
- 1.7. Техніко-економічна задача проектування профілю й плану
- 1.8. Проектування дорожнього одягу при реконструкції 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.	Вимоги безпеки для працівників під час відсіпки земляного полотна під автомобільну дорогу		
4.2.	Організація робочих місць		
4.3.	Порядок виконання робіт		
4.4.	Спеціальні методи виконання робіт		
4.5.	Вимоги безпеки праці при виконанні планування і ущільненні земляного полотна		
4.6.	Укріплювальні роботи		
4.7.	Вимоги безпеки та дії працівників під час втраті стійкості ґрунту		
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	Курган М. Б., професор		
2,	Лужицький О.Ф., ст. викл.		
3, п.3.1-3.3	Лужицький О.Ф., ст. викл.		
3, п. 3.4-3.6	Курган М. Б., професор		
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.	01.11.2023	10
2	Вимоги і норми проектування плану, профілів під'їзних автодоріг і майданчиків	15.11.2023	10
3	Проект реконструкції автомобільної дороги Н-08 Бориспіль – Дніпро – Запоріжжя (через м. Кременчук) – Маріуполь	30.11.2023	25
4	Розробка варіантів дорожнього одягу	07.12.2023	15
5	Техніко-економічне порівняння варіантів дорожнього одягу. Обґрунтування рекомендованого варіанту	30.12.2023	20
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища	07.01.2024	10
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	14.01.2022	10
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	25.12.2022	

Студент

Павло ШЛЯХОВИЙ

(підпис)

Керівник роботи

Микола КУРГАН

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

(рівень освіти)

109 с., 22 рис., 7 табл., 2 додатки, 31 джерело.

Об'єкт дослідження – реалізація наукового дослідження в проекті автомобільної дороги Н-08 Бориспіль – Дніпро – Запоріжжя (через м. Кременчук) – Маріуполь.

Предмет дослідження – науково-технічний супровід на етапі проектування реконструкції автомобільної дороги.

Мета роботи – проведення науково-технічного супроводу при впровадженні нових технологій, методик та матеріалів в дорожньому будівництві.

Методи дослідження. У роботі використовувалися статистичний аналіз і натурні спостереження для визначення параметрів плану, поздовжнього профілю і технічного стану автомобільної дороги. Розрахунки виконувались за програм Excel та Radon UA.

Одержані результати. У магістерській роботі проведено огляд наукових досліджень щодо науково-технічного супроводу, роботи дорожнього покриття із застосуванням відходів промисловості. Наведено результати розрахунку різних типів дорожнього одягу на етапі проектування із застосуванням як природніх матеріалів, так і відходів промислових підприємств. Проаналізовано технічні та економічні аспекти чотирьох варіантів дорожнього одягу. За результатами виконаних розрахунків наведено рекомендації щодо обґрунтування найбільш раціонального варіанту дорожнього одягу та надана оцінка надійності їхньої роботи.

Ключові слова: план автомобільної дороги, поздовжній профіль, автодорожнє покриття, надійність дорожнього покриття, золо-винос, шлаковий щебінь

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	11
1.1. Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи.....	11
1.2. Загальні положення науково-технічного супроводу будівництва	13
1.3. Основні задачі, що стоять перед науково-технічним супроводом у будівництві... 14	14
1.4. Порядок виконання робіт з науково-технічного супроводу	15
1.5. Використання результатів науково-технічного супроводу.....	17
1.6. Норми проектування реконструкції плану, поздовжнього профілю та дорожнього одягу автомобільної дороги.....	17
1.7. Техніко-економічна задача проектування профілю й плану	23
1.8. Проектування дорожнього одягу при реконструкції автомобільної дороги.....	25
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	29
2.1 Характеристика об'єкту проектування реконструкції автомобільної дороги Н-08 Бориспіль – Дніпро – Запоріжжя (через м. Кременчук) – Маріуполь.....	29
2.2 Технічні рішення з реконструкції ділянки автомобільної дороги	31
2.3 Коротка кліматична характеристика об'єкта проектування	32
2.4 План траси	34
2.5 Поздовжній профіль проектованої ділянки автомобільної дороги.....	35
2.6 Земляне полотно	36
2.7 Розробка варіантів дорожнього одягу при реконструкції автомобільної дороги.....	37
3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	42
3.1 Науково-технічний супровід при будівництві дорожнього одягу.	42
3.2 Влаштування основ оброблених неорганічними в'язучими, в тому числі матеріалами промислових відходів	43
3.3 Виконання робіт при застосуванні неорганічних в'язучих	44
3.4 Розрахункові варіанти конструкцій	46
3.5 Техніко-економічне порівняння варіантів конструкцій дорожніх одягів	49
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	51
4.1. Вимоги безпеки для працівників під час відсіпки земляного полотна під автомобільну дорогу	51
4.2. Організація робочих місць	53
4.3. Порядок виконання робіт	55
4.4. Спеціальні методи виконання робіт	56
4.5. Вимоги безпеки праці при виконанні планування і ущільненні земляного полотна.....	56
4.6. Укріплювальні роботи	57
4.7. Вимоги безпеки та дії працівників під час втраті стійкості ґрунту	57
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	62
ДОДАТОК А.....	66
ДОДАТОК Б.....	70

ВСТУП

Транспорт є однією з базових галузей економіки України, яка включає розвинену мережу автомобільних доріг, що створює необхідні умови для задоволення потреб користувачів транспорту щодо надання транспортних послуг та розвитку бізнесу.

Національна транспортна стратегія України до 2030 року [1] передбачає покращення стану автомобільних доріг шляхом:

- збільшення кількості проектів будівництва доріг;
- впровадити незалежну систему контролю якості дорожніх проектів;
- впровадження сучасної технології будівництва доріг;
- збільшити пропускну спроможність дорожньої мережі шляхом впровадження інтелектуальних транспортних систем.

Згідно зі статистичними даними Національного бюро статистики України, у 2020 році обсяг вантажних перевезень автомобільним транспортом становив 18,3% від загального обсягу вантажів, а пасажироперевезення – 33,9%, що на 5,5% більше, ніж залізничним транспортом [2].

Якість побудованої або відремонтованої дороги видно і безпосередньо оцінюється користувачем, тому дорожники повинні мати достатні знання при виборі та застосуванні необхідних матеріалів і методів роботи з урахуванням конкретних погодно-кліматичних умов, а також економічних факторів [3].

Будівництво, реконструкція, утримання та експлуатація автомобільних доріг завжди базуються на науково-технічних досягненнях та базуються на оновленій нормативно-правовій базі. Разом з тим, у процесі дослідно-конструкторського будівництва було вирішено багато нагальних науково-технічних проблем, які потребують вирішення. Важливість науково-технічного супроводу відображається не лише на етапах проектування, будівництва та експлуатації швидкісних доріг, а й у моніторингу доріг та штучних споруд, моніторингу їх залишкового ресурсу, своєчасному запобіганні аварійним та надзвичайним ситуаціям під час експлуатації.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи

Науково-технічний супровід при будівництві та ремонті автомобільної дороги є важливою частиною впровадження новітніх науково-технічних досягнень і оновлених нормативних документацій. При цьому багато питань новітніх проектних та будівельних рішень, або впровадження закордонного досвіду будівництва, вирішуються в процесі експериментального будівництва [3]. Дослідження впливу науково-технічного супроводу дають розуміння його значення в розвитку науки в галузі та при будівництві.

Аналіз робіт сучасних вчених. В роботі [4] дослідження стосується ролі науково-технічного супроводу при будівництві автомобільних доріг. Авторами стверджується, що науково-технічний супровід є основою для отримання нового досвіду, що далі повинно бути впроваджено в нові нормативні документи та дати поштовх до нових наукових досліджень. Також обґрунтовано необхідність проведення науково-технічного супроводу організаціями, що приймають участь у розробці нормативних документів та наведено досвід Державного підприємства «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» дослідження проблематики розвитку науки галузі.

Питання науково-технічного супроводу розглядається нашими вченими вже достатньо тривалий час. Так Кривошеєвим П.І. в роботі [5] висвітлюються науково-технічні проблеми будівництва та розглянуто результати науково-технічного супроводу створення об'єктів будівництва, особливо таких, що мають важливе стратегічне значення для суспільства та економіки. В роботі [5] також зазначається, що аналіз економічних показників показує загальний економічний ефект від частини впроваджених у виробництво результатів науково-технічного прогресу сягає 582 млн грн станом на 2003 рік. Згідно висновків, це свідчить про ефективність науково-технічного супроводу та доцільність продовження роботи з розвитку наукової підтримки будівельної галузі.

Також науковим товариством розглядаються інші проблемні питання

будівництва, які прямо не стосуються безпосередньо науково-технічного супроводу самого будівництва, але мають опосередкований вплив на нього. Серед таких робіт можна виділити роботу [6], в якій розкриваються проблеми модернізації будівельної сфери, яка має стати пріоритетною в майбутній розбудові України. Вказується, що при аналізі наукових досліджень в роботі [6] відмічена необхідність удосконалення навчання майбутніх кваліфікованих фахівців-будівельників. Увагу при цьому необхідно приділити закладам професійно-технічної освіти, які є основним постачальником фахівців будівельної справи. Також наголошується про наступність на використанні учнівського потенціалу цих закладів як майбутніх здобувачів вищої освіти. Такі наукові роботи також мають вплив на розвиток будівельної галузі, оскільки обґрунтовується існуючий «кадровий голод» будівельних організацій в умовах військової агресії країни-агресора проти України.

За кордоном також приділяють багато уваги дослідженню науково-технічного спостереження за будівництвом. Так авторами роботи [7] розглядається динамічна природа та зростаюча складність будівельних проектів, що створює виклики на планування та контроль за проектом. Протягом багатьох років триває дискусія щодо успіху будівельних проектів та шляхів його досягнення. В цій роботі [7] було проведено бібліометричне дослідження на основі 750 наукових статей про успіх проекту, системи підтримки прийняття рішень, оптимізацію та ефективність проекту. Для цієї мети були проаналізовані дані з баз даних Scopus і Web of Science за період з січня 2000 року по лютий 2022 року. Було проведено кілька видів аналізів: інформаційний аналіз даних, аналіз зростання досліджень, визначення найбільш продуктивних країн та установ, визначення найважливіших джерел, впливових авторів, співпраця між країнами, установами, авторами, визначення найбільш важливої чи найцитованішої публікації, аналіз найвищої частоти та появи ключових слів. У роботі [7] вказано важливих авторів та журнали, і вказано напрямки подальших досліджень. Дослідження виявило, що будівельна галузь є однією з найменш цифровізованих галузей у світі. Є велика потреба в додаткових дослідженнях

щодо організаційних змін, необхідних для цифровізації, та оцінки та впровадження цифрових технологій для підтримки бізнесу на будівельних майданчиках.

Невелика кількість досліджень впливу науково-технічного супроводу на ефективність будівництва вказує на слабе вивчення даної теми і потребує більш детального вивчення.

1.2. Загальні положення науково-технічного супроводу будівництва

Науково-технічний супровід будівельних об'єктів нормуються відповідними державними будівельними нормами [8]. Згідно норм [8], метою науково-технічного супроводу є знаходження шляхів вирішення питань, які є експериментальними та не мають нормативного підкріплення в українському законодавстві, а також можуть виникнути на різних етапах в процесі експлуатації об'єкта будівництва.

Основним завданням супроводу є забезпечення того, щоб проблеми містобудування, архітектури та технології будівництва вирішувалися з мінімальним ризиком виникнення помилок в умовах, що не регламентовані чинними нормами та стандартами та без достатнього досвіду чи прямих аналогів у національній та міжнародній практиці.

Основними видами науково-технічного супроводжувальних робіт є [8]:

- обстеження, науково-дослідні роботи;
- моніторинг технічного стану об'єктів;
- прогнози, пошуки, розробка проекту технічних і будівельно-технічних рішень;
- визначення характеристик будівельних матеріалів;
- перевірка відповідності вимогам будівельних нормативно-технічних документів окремих споруд;
- використання конструктивних рішень, інженерних вишукувань, аналізу технічних рішень, що відповідають встановленим вимогам, тощо.

Супровід безпосередньо можуть здійснювати проектувальники об'єктів у сфері будівництва, промисловості будівельних матеріалів, будівництва,

містобудування або базові науково-технічні установи центрального органу виконавчої влади, які мають ліцензію на виконання певних видів робіт. Обов'язки виконавців супроводу та замовників визначаються чинним законодавством України [8].

1.3. Основні задачі, що стоять перед науково-технічним супроводом у будівництві

Супровід будівництва – науково-технічна діяльність однієї або кількох організацій, пов'язана з виконанням певного комплексу робіт на різних етапах життєвого циклу побудованих об'єктів, у тому числі тих, що належать до культурної спадщини, потенційно небезпечних, з точки зору конструктивних рішень або за унікальних і складних інженерно-геологічних умов [8].

Необхідність в супроводі на етапі будівництва підтверджуються для відповідної будівлі або споруди під час виконання проекту. Витрати на технічну підтримку відшкодовуються замовниками проектування на основі кошторису, розробленого відповідно до встановлених процедур. Главі 9 зведеного кошторисного розрахунку будівництва розглядає фінансування для покриття конкретних витрат, які належним чином обґрунтовані [8].

Для об'єктів, які не підлягають обов'язковому супроводу, науково-технічний супровід може здійснюватися за ініціативою відповідного державного наглядового органу, власника будівлі або споруди, страхової компанії зі страхування майна, страхової компанії, генерального проектувальника та організації, що виконує будівництво.

Науково-технічна діяльність передбачає інформаційне забезпечення, проведення повірок та перерахунків, розробку та затвердження конструктивних та/або технічних рішень, обстеження, моніторинг та діагностику об'єктів, контроль якості матеріалів, виробів та конструкцій, усунення проблем, що виникли або негативні процеси, які можуть виникнути в майбутньому [8].

1.4. Порядок виконання робіт з науково-технічного супроводу

При виконанні науково-технічного супроводу, в залежності від характеру їх участі, поділяються на виконавця та замовника [8].

Супровід здійснюється одним або кількома виконавцями в залежності від складності та об'ємів робіт. Якщо для виконання супроводу залучено декілька виконавців, визначається серед них основний виконавець. Решта виконують функції виконавців окремих робіт (складових частин забезпечення) та є співвиконавцями забезпечення.

Замовник супроводу в основному виконує наступні завдання [8]:

- виконання цих робіт починається на етапі супроводу шляхом подачі в довільній формі замовлення на виконання цих робіт;
- публікувати вихідні дані для розробки планів науково-технічного забезпечення окремих етапів життєвого циклу об'єкта;
- у разі необхідності організувати конкурсний розгляд заявок на підтримку реалізації, розглянути результати та визначити головного виконавця проекту підтримки;
- переглядати та затверджувати плани науково-технічної підтримки на вимогу головного виконавчого директора;
- приймати рішення та укладати договори з ключовими виконавцями для реалізації проекту;
- організаційний контроль за виконанням допоміжних робіт, приймання окремих етапів цих робіт і результатів роботи в цілому;
- забезпечити виробничо-матеріальні заходи, необхідні для реалізації супроводжувальних проектів;
- забезпечує виконання доручень, отриманих за результатами робіт з науково-технічного супроводу.

Основні виконавці супроводу виконують такі роботи [8]:

- подання заявок на виконання супровідних робіт;
- згідно із завданням та на основі вихідних даних замовника розробити план науково-технічного супроводу певного етапу життєвого циклу об'єкта, узгодити

із зацікавленими організаціями та подати його на затвердження замовнику;

- робота зі співвиконавцями для визначення змісту програми щодо компонентів підтримки та виконання функцій замовника, що мають відношення до співвиконавців;

- готувати та подавати клієнтам матеріали для укладання контрактів на технічну підтримку;

- виконувати супровід відповідно до завдань і термінів, визначених планом науково-технічного забезпечення та договором із замовником;

- домовлятися та координувати роботу співвиконавців супроводу;

- приймати окремі етапи роботи та роботу в цілому від співвиконавців.

Роботи з супроводу проводяться згідно з планом науково-технічного супроводу, який розробляється відповідно до вимог чинних нормативних документів України і в основному містить такі частини [8]:

- причини проведення допоміжних робіт;

- мета та призначення робіт із супроводу;

- вихідні дані для виконання допоміжних робіт;

- суб'єкти, які виконують допоміжні роботи;

- етапи супровідних робіт та терміни їх виконання;

- перелік матеріалів, які повинні бути надані клієнту під час та після завершення супровідних робіт та/або їх компонентів;

- процедури приймання виконаних допоміжних робіт.

У ході виконання супровідних завдань можливе створення технологічних прототипів, моделей або експериментальних зразків конкретних конструкцій та інженерних систем. Вони можуть включати різні компоненти, такі як з'єднувальні вузли та армовані конструкції. Необхідність їх розробки та випробувань, а також кількість зразків і документація, необхідна для їх створення, визначаються в рамках програми науково-технічного забезпечення [8].

1.5. Використання результатів науково-технічного супроводу

У процесі проектування об'єкта результати супроводу використовуються для прийняття проектно-будівельних рішень із застосуванням сучасних матеріалів і керуючись передовими будівельно-монтажними технологіями [8].

У процесі будівництва об'єкта в поєднанні з реальною ситуацією виконання робіт результати супроводу використовуються для формулювання конструктивних рішень по кожному вузлу і елементу, своєчасного вирішення проблем організації виробничого процесу.

На етапі експлуатації результати ремонтних робіт використовуються для підтримання в робочому стані об'єкта, його окремих елементів або конструкцій та розробки конструктивно-технічних рішень щодо його ремонту чи реконструкції.

На етапі виведення з експлуатації та ліквідації об'єкта результати супроводу використовуються для застосування ефективних і безпечних прийомів очищення, розробки заходів щодо підтримання його окремих елементів у працездатному стані, необхідних під час ліквідації об'єкта тощо [8].

Основним же результатом науково-технічного обстеження є накопичення досвіду застосування у будівництві експериментальних та новітніх технологій, матеріалів для створення та удосконалення нормативної документації України для покращення технічних та економічних показників будівництва.

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

Загальні положення.

Такий вид будівництва як реконструкція передбачає обов'язкове підвищення існуючої категорії в залежності від інтенсивності руху транспорту. Для проектування автомобільної дороги були використані основні нормативні документи такі як [9], [10], [11], [12] і [13].

Згідно [9-11] реконструкцією називають перебудову існуючої автомобільної дороги зі зміною параметрів плану, поперечного та поздовжнього профілів для збільшення пропускної здатності. В залежності від інтенсивності руху

автомобільного транспорту за добу на автомобільних дорогах визначено 5 технічних категорій (табл. 1.1) [9].

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.

Прийняті проектні рішення мають передбачати під час будівництва безпеку всіх учасників дорожнього руху, у тому числі пішоходів на перехрестях доріг, а також відповідність експлуатаційних властивостей дороги та її окремих елементів вимогам нормативних документів під час будівництва [3, 9].

Поперечний профіль.

Поперечний профіль автомобільної дороги є основною складовою проекту на будівництво. Основні параметри визначаються згідно таблиці 1.2 [9-11]. Також, за необхідності при відповідному обґрунтуванні, ширину смуг руху, кількість смуг та інші параметри поперечного профілю можна збільшувати. Приклад поперечного профілю автомобільної дороги наведено на рисунку 1.1.

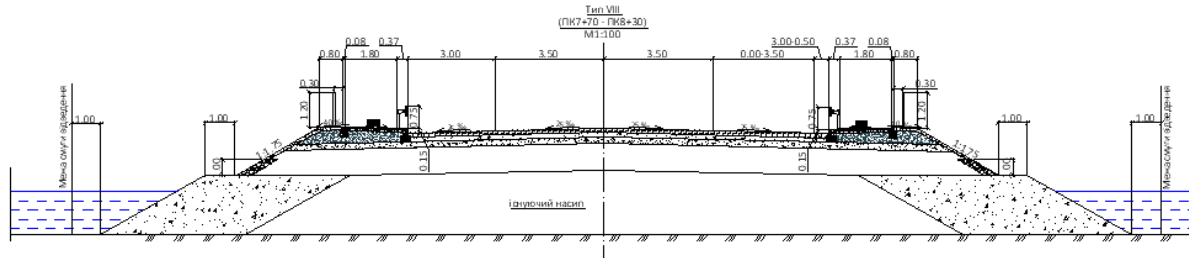


Рисунок 1.1 – Приклад поперечного профілю автомобільної дороги

Таблиця 1.2 – Параметри поперечного профілю автомобільних доріг [9-10]

№	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	0,50	0,50	-
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 розділювальної 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 [9-11]:

- 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 [9-11]:

- матеріали, укріплені в'язучими – 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 проєктної швидкості необхідно влаштовувати віраж та призначати похил згідно номограми (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Номограма для визначення похилу віражу [9-11].

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 [9-11]. 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
[9-11]

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

Якщо довжина ділянки для II категорії автомобільної дороги при середньому поздовжньому ухилі 30‰-40‰ становить більше 1 км та при середньому ухилі більше 40‰ на ділянці від 0,5 км, враховуючи середню інтенсивність руху транспорту більше 3500 авт/добу, то необхідно влаштовувати додаткову смугу на підйом. Відгон смуги повинен становити для II категорії 60 м. Ширина такої смуги – 3,5 м по всій довжині [9-11].

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 [7-9].

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

При проектуванні реконструкції автомобільної дороги II категорії необхідно призначити наступні основні параметри плану та поздовжнього профілю [9-11]:

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

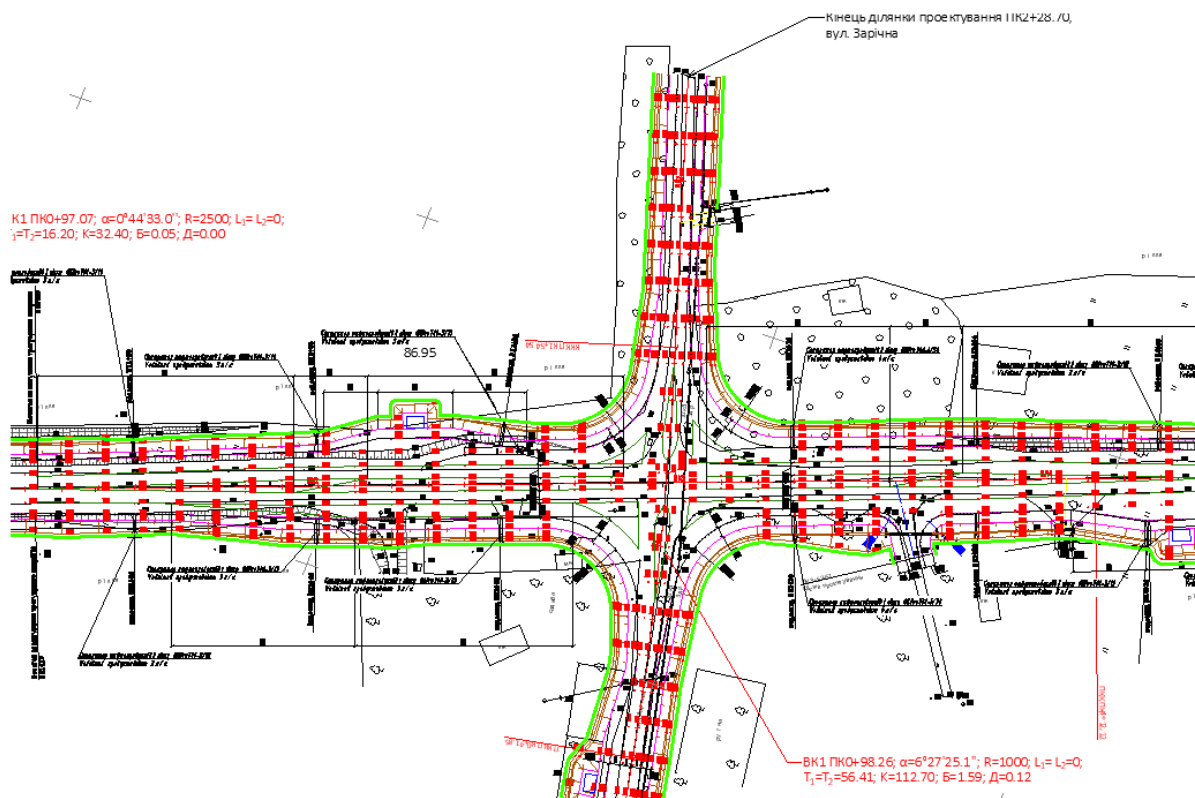


Рисунок 1.3 – Фрагмент плану проекту реконструкції автомобільної дороги.

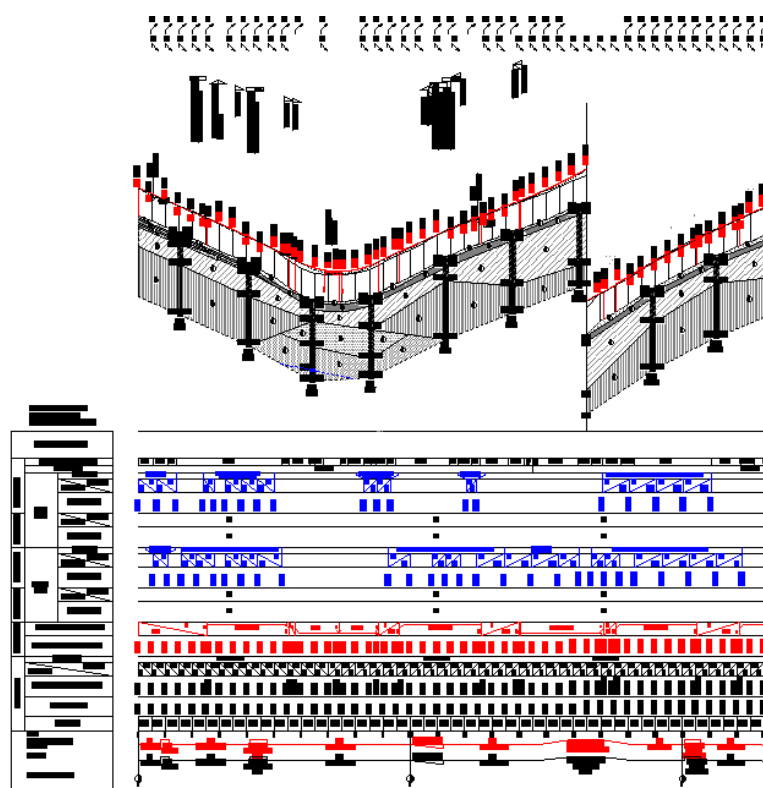


Рисунок 1.4 – Фрагмент поздовжнього профілю проекту реконструкції автомобільної дороги.

- 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 [9-11].

Таблиця 1.4 – Параметри елементів плану і поздовжнього профілю, що залежать від розрахункових швидкостей [9-11]

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	-

1.7. Техніко-економічна задача проектування профілю й плану

Згідно роботи [3], при проектуванні поздовжнього профілю і плану лінії проектувальник завжди стикається з тим, що виникають різні варіанти параметрів, які можна застосувати в проєкті. Остаточне рішення слід визначати

на основі техніко-економічних розрахунків. Сценарій із використанням максимально допустимого ухилу для даної категорії доріг показаний на рисунку 1.5 і 1.6.

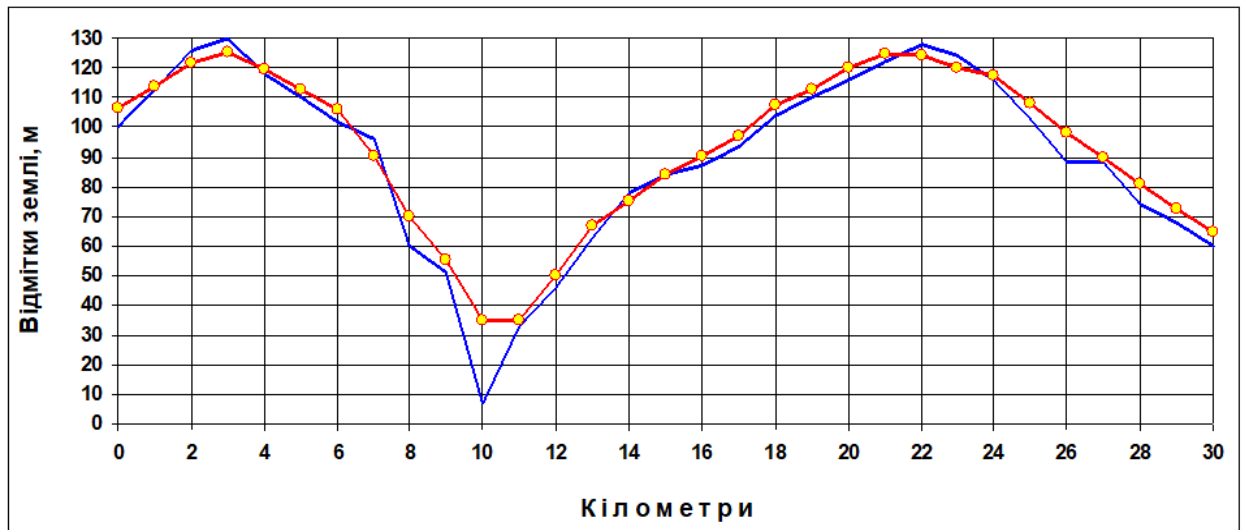


Рисунок 1.5 – Поздовжній профіль автодороги (найбільший похил 18%) [1].

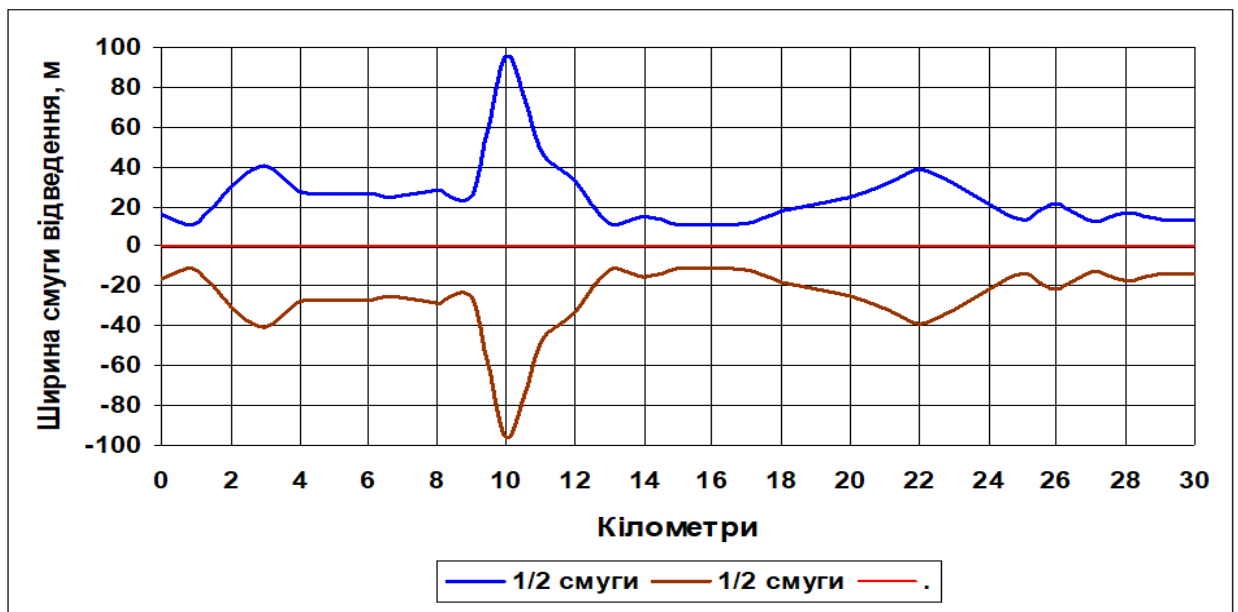


Рисунок 1.6 – Смуга відведення під автодорогу площею 153,9 га [3]

За результатами дослідження в роботі [3] встановлено, що мінімальна будівельна відмітка насипів і виїмок, а отже, і мінімальна допустима ширина смуги відведення під автомобільну дорогу можуть бути досягнуті при проектуванні поздовжніх ділянок з гранично допустимими ухилами (до 18% у прикладі).

При проектуванні поздовжнього профілю, коли об'єм насипу та виїмки

збалансовано (ухил у цьому прикладі досягає 8‰), ширина смуги відводу збільшується в 1,6 рази, але вартість земляних робіт, як правило, обумовлена використанням вийнятого ґрунту для відсипання насипу (поздовжнього візка), що дозволило зменшити загальну вартість улаштування земляного полотна на 43% [3].

1.8. Проектування дорожнього одягу при реконструкції автомобільної дороги

Загальні положення.

Згідно [9-11, 13] дорожній одяг та тип покриття визначається згідно наступних параметрів:

- транспортно експлуатаційних вимог;
- інтенсивності руху транспорту;
- складу потоку автомобільного транспорту;
- кліматичних умов;
- ґрунтово-геологічних умов;
- санітарно-гігієнічних вимог;
- вимог безпеки руху;
- комфортності та плавності руху;
- наявності місцевих будівельних матеріалів.

При виконанні проєкту реконструкції автомобільної дороги II категорії при варіанті нежорсткого дорожнього одягу згідно [9-11] рекомендовано влаштування покриття з щобеневомастикового асфальтобетонуна полімермодифікованих бітумах або комплексом добавок, а верхній шар основи – з асфальтобетону на основі модифікованого бітуму. Також необхідно такий же тип покриття та верхнього шару основи влаштовувати на розв'язках, в'їздах-виїздах на примиканнях та пересіченнях.

При конструюванні дорожнього одягу необхідно врахувати такі вимоги, як міцність, рівність, стійкість до стирання та до температурних коливань, зберігати суцільність покриття. Також необхідно враховувати будівельне [14] та дорожнє кліматичне районування України.

Проектування конструкції дорожнього одягу повинно передбачати опір навантаженню від автотранспортного потоку, реакцію на зміну температур, вологість і тривалість дії навантаження протягом нормативного строку експлуатації. Показником надійності є коефіцієнт надійності [9-11, 13]. Цей коефіцієнт призначається згідно технічної категорії автомобільної дороги, значення якого наведено в таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Коефіцієнт надійності [9-11, 13]

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

Нежорсткий дорожній одяг

При конструюванні нежорсткого дорожнього одягу визначають [13]:

- тип дорожнього одягу, матеріал дорожнього покриття;
- кількість конструктивних шарів, матеріали, розміщення шарів у конструкції, а також попередньо призначають їх товщини;
- необхідність влаштування додаткового морозозахисного шару з урахуванням дорожньо-кліматичної зони, виду ґрунту та схеми зволоження робочого шару земляного полотна;
- необхідність призначення заходів з осушення конструкції дорожнього одягу;
- необхідність призначення заходів з підвищення тріщиностійкості конструкції;
- доцільність укріплення верхньої частини робочого шару земляного полотна;
- альтернативні варіанти з урахуванням місцевих умов влаштування та експлуатації дорожнього одягу.

Варіанти конструкцій дорожнього одягу приймаються типовими або розробляються індивідуально для кожної ділянки або ділянок дороги, характеризуються однаковими показниками інтенсивності і складу руху і

призначені для експлуатації в схожих природних умовах. Надається перевага перевіреним конструкціям дорожнього одягу [13]. Типові конструкції в залежності кліматичного районування, категорії автомобільної дороги та ступеню руйнування існуючого дорожнього одягу можна приймати згідно Альбому типових конструкцій нежорсткого дорожнього одягу [15].

Під час проектування нового дорожнього одягу слід враховувати наступні фактори [13]:

- категорія дороги;
- інтенсивність руху та склад транспортного потоку;
- дорожньо-кліматичні зони та райони проектування;
- очікувані властивості ґрунту для робочого шару ґрунтового шару;
- підвищення дорожнього покриття над поверхневими або ґрунтовими водами;
- тип рельєфу за умов зволоження ґрунту земляного полотна.

Дорожній одяг, що конструюється при реконструкції або капітальному ремонті також повинен враховувати [13]:

- транспортно-експлуатаційний стан існуючих доріг;
- відомості про будівельно-відновлювальні заходи об'єкта;
- розрахунок загального модуля пружності дорожнього одягу на розрахунковий період згідно [16].

При конструюванні дорожнього одягу необхідно передбачити влаштування дренажних конструкцій згідно розрахунків для відведення води, що потрапляє до основи дорожнього одягу у весняний період. В цей період відбувається перезволоження основи дорожнього одягу, що призводить до зниження модуля пружності всієї конструкції та зменшення періоду експлуатації всієї конструкції.

На дорогах II категорії при конструюванні дорожнього одягу заборонено використовувати неукріплені матеріали, влаштованих способом заклинки [13].

Підсилення дорожнього одягу.

Підсилення дорожнього одягу виконується при реконструкції та капітальному ремонті автомобільної дороги [12]. Саме підсилення дорожнього

одягу виконується з ціллю збільшення міцнісних характеристик існуючого покриття способом збільшення товщини або заміною одного або декількох шарів конструкції [9-11].

Спосіб виконання підсилення визначається за станом автомобільної дороги. При нормальних характеристиках існуючого стану дорожнього покриття може виконуватись вирівнювання поздовжнього та поперечного профілів. При значних руйнуваннях слід виконувати попередньо фрезування покриття дорожньої конструкції або холодний ресайклінг [9-11].

Якщо проєктом передбачено виконання розширення дорожньої конструкції, то необхідно передбачити ув'язування існуючого дорожнього одягу з конструкцією розширення для забезпечення рівномірної міцності та технологічності влаштування. Для цього влаштовують уступи шириною 0,5 м та товщиною, рівною товщині шару, в якому влаштовується уступ (рис. 1.7).

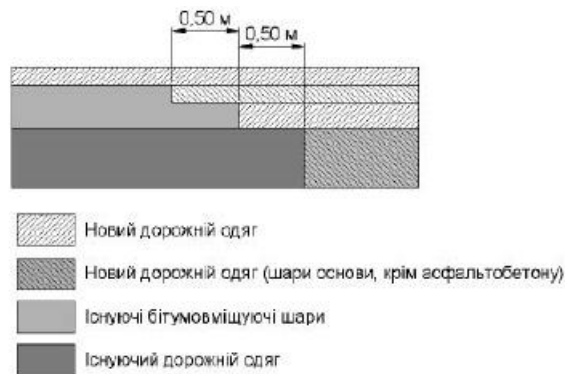


Рисунок 1.7 – Схема ув'язки дорожнього одягу при розширенні [9]

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту проєктування реконструкції автомобільної дороги Н-08 Бориспіль – Дніпро – Запоріжжя (через м. Кременчук) – Маріуполь

За шириною земляного полотна та горизонтальними кривими існуюча ділянка проєктованої автомобільної дороги задовольняє вимоги автомобільної дороги II технічної категорії. За вертикальними кривими існуюча ділянка проєктованої автомобільної дороги не задовольняє вимоги автомобільної дороги II технічної категорії.

Існуючий дорожній одяг проєктованої ділянки автомобільної дороги – дрібнозернистий асфальтобетон. Існуюча конструкція дорожнього одягу:

- насипний супісок, твердий, із включеннями щебню до 5%, буд. сміття, прошарками суглинку та грудками чорнозему, ущільнений товщиною 0,5 м;
- гравійно-щебениста подушка, місцями із супіщаним заповнювачем товщиною 0,23 м;
- асфальтобетон товщиною 8 см.

Для існуючого дорожнього одягу характерні наступні дефекти та руйнування (рис. 2.1 – 2.3):

- колійність асфальтобетонного покриття;
- руйнування кромки асфальтобетонного покриття;
- проломи по смузі накату;
- нерівності асфальтобетонного покриття;
- поперечні тріщини;
- вибоїни покриття;
- несплановані узбіччя.



Рисунок 2.1 – Колійність асфальтобетонного покриття. Руйнування кромки асфальтобетонного покриття. Проломи по смузі накату.



Рисунок 2.2 – Нерівності асфальтобетонного покриття, колійність, поперечні тріщини.



Рисунок 2.3 – Колійність асфальтобетонного покриття, руйнування кромки, вибоїни покриття, несплановані узбіччя.

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 II 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.

Проектом передбачається комплекс робіт з влаштування поверхневого водовідведення, а саме влаштування бортового каменю на ділянках, де поздовжній похил становить 30 % і більше; на ділянках, де висота насипу більше 2,0 м; на ділянках з зустрічними похилами. Висота бортового каменю передбаченого в проекті становить 0,07 м. Бордюром поперечним профілем вода направляється до водоскидів та скидається в проєктовані кювети автомобільної дороги або на схил. На ділянках проєктованої автомобільної дороги, де не передбачено влаштування бордюрного поперечного профілю передбачається влаштування узбіч з поперечним похилом 40 % та укріплення їх фрезованим асфальтобетоном.

В кривих ділянках автомобільної дороги згідно п.5.1.10 [9] влаштовано віражі з поперечним похилом віражу 25%.

Проектом передбачається влаштування технічних засобів організації дорожнього руху, а саме: металевого бар'єрного огороження, дорожньої розмітки та дорожніх знаків. Бар'єрне огороження 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 1:1,75.

При виконанні реконструкції, згідно вимог [9-11], проектом передбачено

заміна труб (на ПК0+55, ПК12+46,20, ПК25+40) на нові діаметром 1,25 м.

В межах населеного пункту передбачено влаштування 9 зупинок громадського транспорту з влаштуванням автопавільйонів та заїзними кишенями: 5 влаштовуються на основному проїзді, 3 – на примиканнях.

Проектом передбачається влаштування 16 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.

В результаті реконструкції ділянки автомобільної покращиться 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

Згідно [14] район проектування належить до II південно-східної будівельно-кліматичної зони (рис. 2.4).

Для ділянки забудови властиві наступні природно-кліматичні показники:

- річна кількість опадів – 520 мм;
- сніговий покрив лежить протягом 64-х днів;
- середня висота снігового покриву 16 см;

- кількість днів в році з туманами – 60;
- кількість днів в році з хуртовинами – 15;
- кількість днів в році з ожеледдю – 25;
- кількість днів в році з градом – 4;
- кількість днів в році з грозами – 27;
- кількість днів в році з пиловими бурями – 3,8;
- середньорічна температура повітря – 8,7°C;
- абсолютно мінімальна температура повітря – -32°C;
- абсолютно максимальна температура повітря – +39°C;
- домінуючий напрямок вітру східний та південно-східний;
- середня швидкість вітру у січні – 5,2 м/с; у липні – 3,8 м/с.

Нормативна глибина сезонного промерзання розрахована згідно [17] становить для суглинків та глин 0,79 м; для супісків, пісків дрібних та пиловатих 0,96 м; для пісків гравіюватих, крупних та середньої крупності 1,03 м; для великоуламкових ґрунтів 1,16 м.

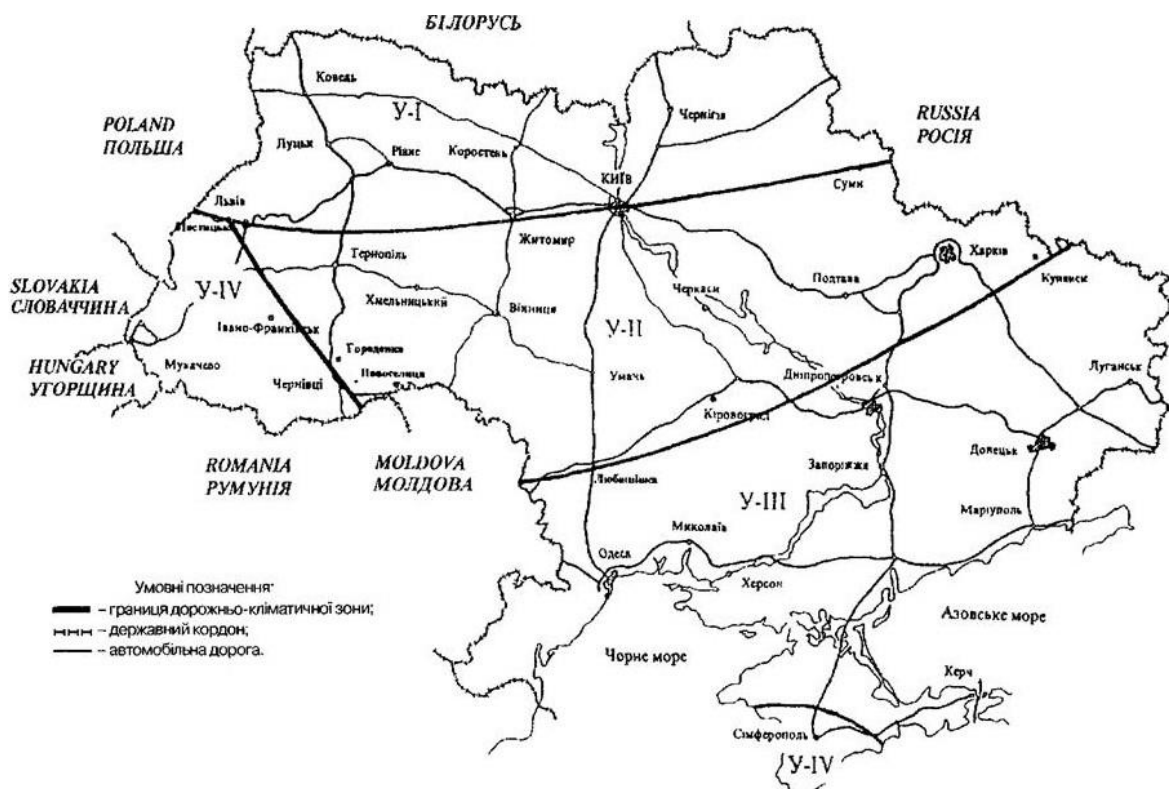


Рисунок 2.4 – Карта кліматичного районування України

2.4 План траси

Проектована ділянка автомобільної дороги має параметри автомобільної, які не відповідають II технічній категорії. Проектом передбачається зміна геометричних параметрів ділянки автомобільної дороги з доведенням їх до параметрів, які відповідають II технічній категорії та розрахунковій швидкості 90 км/год.

Ділянка проектування проходить в межах населеного пункту Пушкарівка на ділянках ПК1+91 – ПК14+50 та ПК29+50 – ПК31+53, усі інші ділянки проекрованої дороги проходять поза межами населеного пункту.

Ділянка автомобільної дороги розташована частково в межах населеного пункту. Параметри проекрованої ділянки відповідають вимогам [9-11].

Траса проектування прокладена з врахуванням існуючого рельєфу. Проектована ділянка автомобільної дороги розташована в межах існуючої смуги відводу та не потребує додаткового відведення земельних ділянок. План дороги запроектовано для розрахункової швидкості 90 км/год.

Основні технічні параметри траси:

- найменший радіус горизонтальної кривої – 450 м .
- мінімальний радіус випуклої кривої – 10 000 м .
- мінімальний радіус увігнутої кривої – 3 000 м.
- найбільший поздовжній ухил – 60 ‰

Параметри ділянки проектування відповідають вимогам, для розрахункової швидкості 90 км/год. Фрагмент запроектованої ділянки наведено на рисунку 2.5.

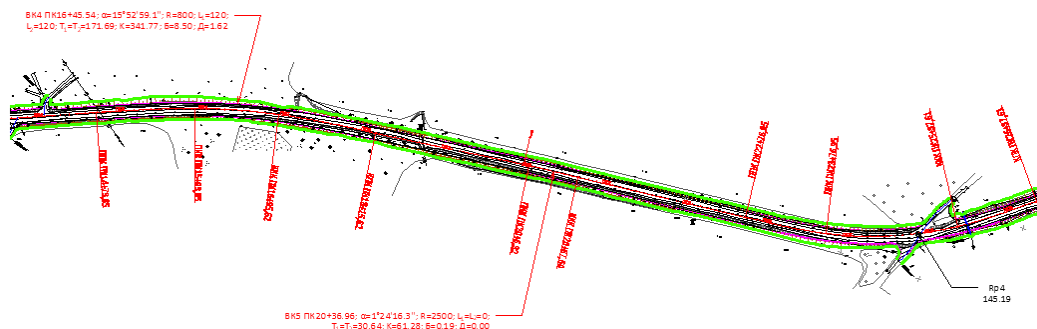


Рисунок 2.5 – Фрагмент запроектованої ділянки плану

2.5 Поздовжній профіль проектованої ділянки автомобільної дороги

Поздовжній профіль запроєктований, згідно вимог [9-11]. Чорну лінію поздовжнього профілю побудовано на основі даних плану траси, матеріалів інженерних вишукувань, даних тахеометричної зйомки, пікетажної розбивки, характерних точок між пікетами.

Проектна лінія узгоджена з відмітками контрольних точок, відмітками початку і кінця траси, мінімальними відмітками брівки земляного полотна. Ухили поздовжнього профілю забезпечують відведення поверхневих вод. Проектна лінія ув'язана з існуючим рельєфом. Видимість в поздовжньому профілі для розрахункових швидкостей забезпечена.

Поперечні ухили проїзної частин становлять 25%, узбіччя – 40%, тротуарів - 15% в сторону проїзної частини.

Проектом передбачено відведення зливових вод за допомогою поздовжніх та поперечних ухилів. Для запобігання розмиву укосів насипу проектом передбачено укріплення засівом багаторічних трав по рослинному шару ґрунту товщиною 0,1 м та влаштування комплексу поверхневого водовідведення. Запроєктований поздовжній профіль наведено на рисунку 2.6.

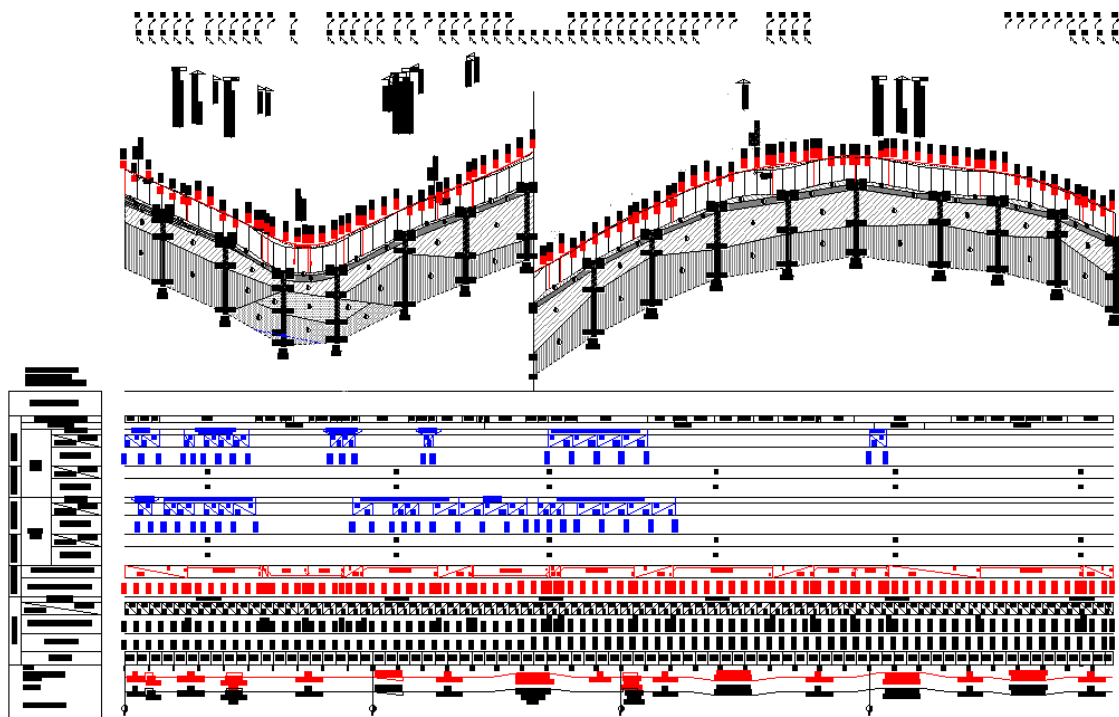


Рисунок 2.6 – Поздовжній профілю запроєктованої ділянки автомобільної дороги.

2.6 Земляне полотно

Земляне полотно запроєктоване з урахуванням рельєфу місцевості, кліматичних умов району прокладання траси з вимогами [9-11].

Для будівництва насипу земляного полотна передбачається використання ґрунту від влаштування виїмок. Розрахунковий модуль пружності ґрунту насипу 69 МПа.

Параметри поперечних профілів ділянок проектування наведені на рисунку 2.7.

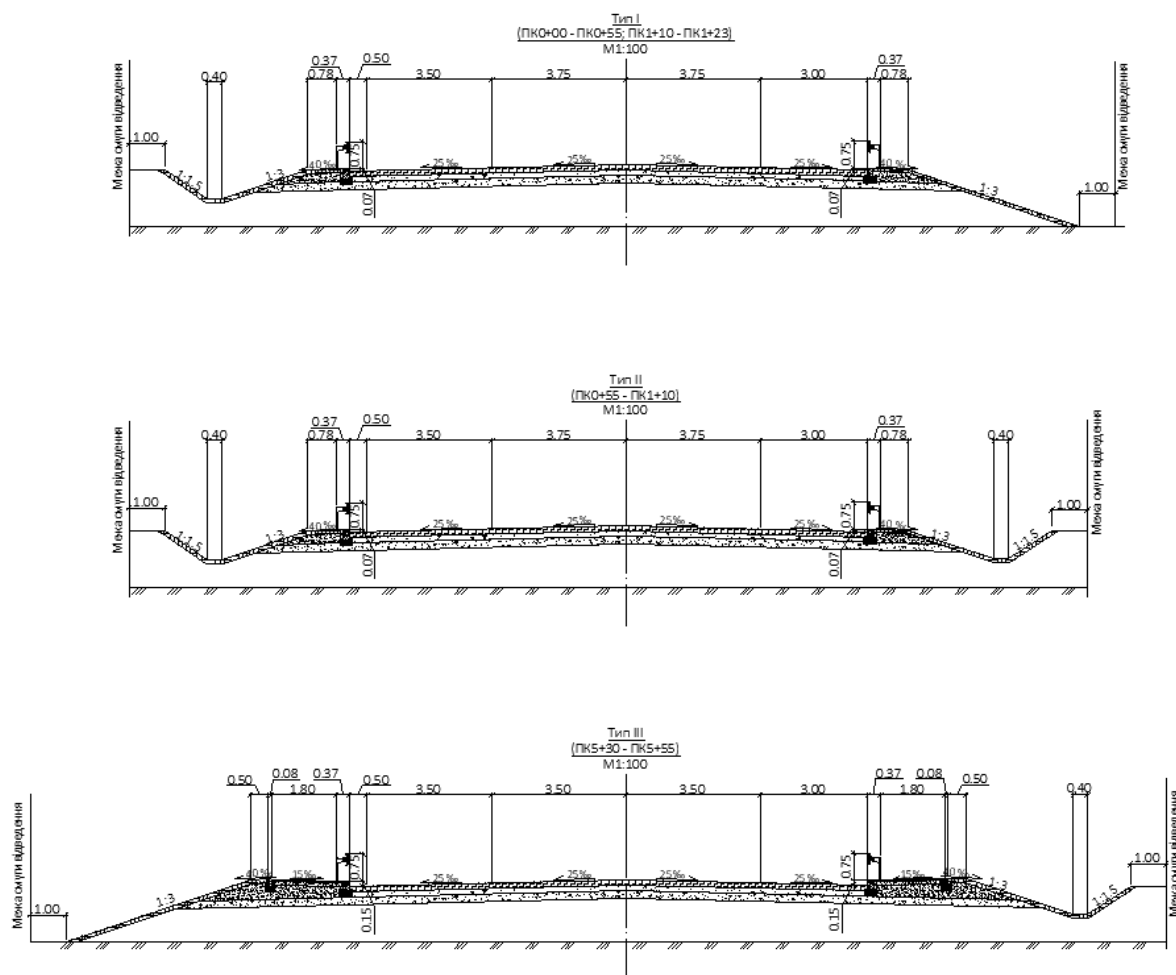


Рисунок 2.7 – Поперечні профілі запроєктованої ділянки автомобільної дороги.

2.7 Розробка варіантів дорожнього одягу при реконструкції автомобільної дороги

Науково-технічний супровід, як сказано вище, передбачає впровадження та апробацію в будівництві новітніх технологій та матеріалів, результати якого згодом стають основою нормативних документів та актів. Так було з технологією «холодний ресайклінг», який передбачає повторне використання асфальтового зрізу в дорожньому будівництві та підсиленні дорожнього одягу. Це дає змогу економити на шарі основи дорожнього одягу. Науково-технічний супровід проєктування та будівництва дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу виконувався протягом останніх 10 років, що потім стало основою Національного стандарту [18].

Сьогодні дослідження активно проводяться в напрямку використання відходів промисловості, а саме використання шлаків та золи-винесення в дорожньому будівництві. Так в роботі [19] авторами підняте питання переробки вторинної сировини відходів промисловості, що спрямоване на збереження природних ресурсів та зменшення кількості відходів, які необхідно захоронювати у спеціальних могильниках. Переробка наполегливо заохочується в багатьох країнах ЄС і включена в усі директиви щодо поводження з відходами. Ключовим елементом заохочення переробки відходів є принцип «забруднювач платить», який включено до всіх директив Співтовариства щодо безпечного та небезпечного поводження з відходами. Щоб стимулювати переробку, багато держав-членів прийняли спеціальні екологічні закони, зокрема податки на утилізацію відходів.

В умовах ринкової економіки, недостатності коштів у дорожньому господарстві, екологічних проблем та виснаження природних ресурсів першочерговим завданням будівництва автомобільних доріг є утилізація промислових відходів із забезпеченням експлуатаційної надійності шару дорожнього одягу та впровадженням ресурсо- та енергозберігаючих заходів. В Україні промислові відходи планується використовувати як сировину разом із природними матеріалами, зокрема металургійними шлаками, золовидаленням

теплових електростанцій, переробленим поліетиленом та гумовою крихтою [19].

Авторами роботи [19] викладений висновок, що аналіз джерел інформації про утилізацію промислових відходів при будівництві доріг показує, що промислові відходи повністю утилізуються в країнах світу і в більшості випадків використовуються при будівництві доріг. Виявлено, що утилізація різних видів відходів під час будівництва доріг є життєздатним варіантом, який потребує подальших досліджень.

Використання золо-виносу актовно досліджується в Україні не тільки з точки зору технічних характеристик, а й з екологічної сторони. Так у роботі [20] розглядається практика використання золи ТЕС і золи-винесення для будівництва доріг як одного із методів поводження з промисловими відходами.

Метою дослідження [20] є визначення хімічного складу золошлаків ТЕС для вивчення можливості їх використання як сировини для будівництва доріг. Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання: визначити основні фізико-хімічні властивості золи та золошлаків ТЕС та дати екологічну оцінку використання цих відходів у будівництві доріг.

Хімічний аналіз зольних залишків Зміївської, Криворізької, Трипільської, Слов'янської ТЕС визначив основні компоненти: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , Na_2O та K_2O . Вміст важких металів (ВМ) визначали за допомогою атомно-адсорбційного аналізу [20].

В роботі [20] досліджено міграційну здатність сполук важких металів із дорожнього полотна при використанні золошлаків при будівництві автомобільних доріг за допомогою побудови концентраційно-логарифмічних діаграм. Для прогнозування міграції сполук важких металів у довкілля при їх використанні у дорожньому будівництві побудовано окремо залежність концентрації найбільш вірогідних іонів (на прикладі купруму) $[\text{Cu}(\text{OH})_{n-2}]^{2-n}$ від рН середовища. Доведено відсутність міграції сполук купруму у нейтральному та лужному середовищі, що робить їх використання безпечним. Аналогічні розрахунки виконано для інших важких металів.

Згідно розрахунків економічної ефективності використання золо-виносу

станом на 2021 рік, проведеного авторами статті [21], використання його в дорожньому будівництві може заощадити більше 1 млрд гривень. У Європейському Союзі основним методом позбавлення від золошлаків є використання їх у виробництві цементу та бетону. В Україні ці галузі вже використовують максимально можливу кількість золошлакової продукції за сучасного рівня будівельних робіт. В Україні нехтують використанням золинесення при будівництві доріг, як зазначено в [21]. Таким чином, будівництво доріг має величезний потенціал в Україні, оскільки це дає чудову можливість максимального використання золошлакових матеріалів. Цей конкретний проспект багатообіцяючий, особливо враховуючи амбітні зусилля країни щодо реконструкції своїх занепалих автомагістралей, приголомшливі 95% яких наразі вважаються незадовільними.

В умовах військової агресії росії проти України це питання дещо уповільнилось в своєму дослідженні, але це дуже перспективний напрямок, оскільки повоєнна відбудова України потребуватиме швидкого та недорогого будівництва та відбудови інфраструктури транспорту.

В рамках даної магістерської роботи розроблено чотири варіанти конструкцій дорожнього одягу.

Варіант 1:

- ЩМА-20 згідно ДСТУ Б В.2.7-127:2015, на бітумі комплексно модифікованому полімерною та адгезійною добавкою на бітумі БМПА 70/100-55 згідно ДСТУ 9116:2021 – 0.05 м;
- Розлив бітумної емульсії ЕКШМ-50 згідно ДСТУ Б В.2.7-129:2013 - 0.40 л/м²;
- АБ/БМП Кр.Щ.А.НП згідно ДСТУ 8959:2019 на полімермодифікованому бітумі БМПА 70/100-55 згідно ДСТУ 9116:2021 – 0.10 м;
- Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 згідно ДСТУ Б В.2.7-129: 2013 – 1.3 л/м²;
- ЩПС .Кр.Ц.М20.ДСТУ 9177-3:2022 – 0.15 м;
- ЩПС С-5 згідно ДСТУ 9177-2:2022 – 0.21 м;
- Суглинок легкий, укріплений цементом М10 – 0.30 м;

- Ґрунт земполотна – суглинок легкий пилюватий.

Варіант 2:

- ЩМА-20 згідно ДСТУ Б В.2.7-127:2015, на бітумі комплексно модифікованому полімерною та адгезійною добавкою на бітумі БМПА 70/100-55 згідно ДСТУ 9116:2021 – 0.05 м;
- Розлив бітумної емульсії ЕКШМ-50 згідно ДСТУ Б В.2.7-129:2013 – 0.40 л/м²;
- АБ/БМП Кр.Щ.А.НП згідно ДСТУ 8959:2019 на полімермодифікованому бітумі БМПА 70/100-55 згідно ДСТУ 9116:2021 – 0.10 м;
- Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 згідно ДСТУ Б В.2.7-129: 2013 – 1.3 л/м²;
- ДХР.КВ.Кз.М20 згідно ДСТУ 8976 – 0.15 м;
- ЩПС С-5 згідно ДСТУ 9177-2:2022 – 0.21 м;
- Суглинок легкий, укріплений цементом М10 – 0.30 м;
- Ґрунт земполотна – суглинок легкий пилюватий.

Варіант 3:

- ЩМА-20 згідно ДСТУ Б В.2.7-127:2015, на бітумі комплексно модифікованому полімерною та адгезійною добавкою на бітумі БМПА 70/100-55 згідно ДСТУ 9116:2021 – 0.05 м;
- Розлив бітумної емульсії ЕКШМ-50 згідно ДСТУ Б В.2.7-129:2013 – 0.40 л/м²;
- АБ/БМП Кр.Щ.А.НП згідно ДСТУ 8959:2019 на полімермодифікованому бітумі БМПА 70/100-55 згідно ДСТУ 9116:2021 – 0.10 м;
- Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 згідно ДСТУ Б В.2.7-129: 2013 – 1.3 л/м²;
- Суміш оптимального складу з щебеню зі шлаку активного укріплений цементом М20 – 0.15 м;
- Шлак з підібраним складом слабо активний – 0.21 м;
- Суглинок легкий, укріплений золо-виносом – 0.30 м;
- Ґрунт земполотна – суглинок легкий пилюватий.

Варіант 4:

- ЩМА-20 згідно ДСТУ Б В.2.7-127:2015, на бітумі комплексно

модифікованому полімерною та адгезійною добавкою на бітумі БМПА 70/100-55 згідно ДСТУ 9116:2021 – 0.05 м;

- Розлив бітумної емульсії ЕКШМ-50 згідно ДСТУ Б В.2.7-129:2013 – 0.40 л/м²;

- АБ/БМП Кр.Щ.А.НП згідно ДСТУ 8959:2019 на полімермодифікованому бітумі БМПА 70/100-55 згідно ДСТУ 9116:2021 – 0.10 м;

- Розлив бітумної емульсії ЕКШ-50 згідно ДСТУ Б В.2.7-129: 2013 – 1.3 л/м²;

- Золошлакова суміш із щебенем (1:1), укріплена цементом 5 % – 0.15 м;

- Золошлакова суміш із щебенем (1:1) – 0.21 м;

- Суглинок легкий, укріплений золовиносом – 0.30 м;

- Ґрунт земполотна – суглинок легкий пілуватий.

Основна відмінність варіантів між собою полягає в застосуванні різної основи в конструкціях дорожнього одягу. Перший варіант передбачає використання в основі дорожнього одягу природні викопні матеріали, такі як щебінь та пісок. Другим варіантом передбачено повторне використання фрезованого матеріалу за допомогою холодного ресайклінгу. Третій варіант передбачає застосування промислових відходів зі шлакового щебеню та укріплення ґрунту золо-виносом з ТЕС. Четвертий варіант передбачає застосування золошлакових сумішей та укріплення ґрунту золовиносом.

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Науково-технічний супровід при будівництві дорожнього одягу.

Науково-технічний супровід в дорожньому будівництві стосується будь-якої з частин дорожнього комплексу і стосуються питань підвищення безпеки і зниження вартості будівництва без зниження якісних параметрів.

Найбільше питань стосується найдорожчої з частин автомобільної дороги – дорожнього одягу. Дослідження стосуються як технології укладання, так і питання пошуку та застосування більш дешевших матеріалів та добавок.

Авторами в роботі [22] проаналізовано можливість використання в будівництві доріг шлаку, золи, золивиносів та інших відходів, що утворюються при спалюванні різних видів твердого палива. Рекомендується використовувати золу, яка проявляє активність у структурі матеріалу та має власні адгезивні властивості. Це дає можливість покращити структуру пор, міцність, водонепроникність і опір зсуву армованих ґрунтів.

У роботі [23] також розглядається питання використання відходів промисловості в дорожньому будівництві. Будівництво, особливо реконструкція та ремонт доріг, потребує великих обсягів щебеню. Широка утилізація промислових відходів і вторинних ресурсів дозволяє задовольнити потребу в щебені. Одними з найбільш придатних шлаків для будівництва транспорту є шлаки чорної та кольорової металургії. Вирішенню цих проблем і присвячена дана стаття. Детально проаналізовано необхідність та актуальність використання шлаків у дорожньо-будівельній галузі. В даній роботі встановлено можливість використання шлаків електроплавки металобрухту для приготування асфальтобетонних сумішей.

Робота [24] містить детальну характеристику відходів вугільної промисловості та теплових електростанцій (тобто золи-винесення). Відзначено властивості утворення, хімічного складу, фізичні властивості та класифікацію золи. Розглядаються питання, пов'язані з утилізацією техногенних відходів ТЕС у всьому світі. Вказано основні напрями використання матеріалів з найбільш позитивними результатами. Досліджено зручність використання золи в різних

галузях промисловості та особливості її застосування. Всі напрямки використання виправдані позитивними якостями, які розвиваються при використанні золи. Розумне та доцільне використання золи-винесення позитивно впливає на економію матеріалів та покращує екологічну обстановку. Відзначено вплив вмісту золи на кожен використаний метод. Проаналізовано проблеми, які виникають при використанні цього матеріалу. Вказано на механізми, за допомогою яких зола-винесення взаємодіє з іншими матеріалами, і наслідки, що виникають. Вплив на екологічні умови та способи використання золи для поліпшення екологічної обстановки.

Є ще ряд робіт, які досліджують питання використання промислових відходів в будівництві. В Україні ж тільки в кінці 2019 року дозволили використовувати відходи промисловості, а саме золошлаки та зола-виноси, на автомобільних дорогах державного значення [25]. До цього ці матеріали допускалось використовувати тільки на мережі місцевих автомобільних доріг.

Зола-винесення утворюється в процесі затвердіння вихлопних газів і збирається фільтром. Зола-винос, як правило, тонша за портландцемент і вапно. Товщина золи тісно пов'язана з умовами роботи вугільної дробарки та дрібністю самого вугілля. Для золи-винесення, яка використовується в бетонах, тонкість визначається як масовий відсоток матеріалу, що залишається на ситі 0,044 мм. Завдяки високій швидкості твердіння частинок, як правило, вони мають сферичну форму з розмірами від 0,5 мкм до 300 мкм [26]. Швидке охолодження дає аморфне загартоване скло, але частина тугоплавкої фази не плавиться повністю і залишається кристалічною.

3.2 Влаштування основ оброблених неорганічними в'язучими, в тому числі матеріалами промислових відходів

Металургійний подрібнений шлак, шлак мокрому уловлювання ТЕС і зола повинні зберігатися на відкритому повітрі. При зберіганні більше півроку шлак і зола необхідно перевірити на активність перед використанням в якості сполучного. Для підвищення активності металургійного шлаку його необхідно попередньо подрібнити в кульовому млині і висушити в сушильному барабані.

Для отримання композиційного в'язучого в кульовий млин подають порошкоподібні активатори (цемент, вапно, луг та ін.). Подрібнені матеріали слід зберігати в критих складських приміщеннях. Оптимальна вологість суміші при ущільненні повинна становити 0,75-1,25. При температурі вище 20 °С самоскид під час транспортування повинен бути накритим брезентом. Розчини поверхнево-активних речовин і хлоридних солей слід готувати на розчинному вузлі змішувального пристрою, використовуючи при необхідності підігріту воду. Технічний проміжок між приготуванням і ущільненням цементно-мінеральної суміші не повинен перевищувати 2 годин [31].

При використанні в якості в'язучого подрібненого шлаку і цементних добавок технічний зазор може збільшуватися до 3-4 годин при введенні вапна, а при використанні золи-винесення або неподрібненого гранульованого шлаку - до 2 діб. Фундаменти з каменю, обробленого неорганічними в'язучими, слід закладати в суху погоду із середньодобовою температурою не нижче 5°С. Після ущільнення поверхню необхідно обробити грейдером або контурною машиною для згладжування нерівностей і додатково ущільнити гладким котком масою 6-8 тонн за 2-4 проходу по колії. Відразу після ущільнення пускають будівельну техніку і встановлюють наступний шар з використанням шлаку і золи без добавок цементу. Рух будівельної техніки та влаштування наступного шару на основі цементу як основного в'язучого або добавки дозволяється тільки після досягнення міцності не менше 70% [31].

3.3 Виконання робіт при застосуванні неорганічних в'язучих

Взагалі влаштування фундаментів у ґрунті, укріпленому неорганічними клеями, слід проводити при температурі повітря не нижче 5°С. При температурі повітря вище 30 ° С необхідно підтримувати стабільність водоцементного співвідношення в суміші зволоженням матеріалу або посиленням поливу при догляді за шаром укладання. Як альтернатива, до суміші можна додати органічні в'язучі (бітумну емульсію, рідкий бітум, гудрон або сиру нафту) у кількості від 1% до 3% від маси ґрунту, або можна додати поверхнево-активні речовини з відповідними сертифікованими протоколами випробувань. Перед ущільненням

глинистого ґрунту (важкого супіску, суглинку, глини) його слід подрібнити і спочатку зволожити до вологості граничної текучості 0,3-0,4. При подрібненні маловологих (вологість текучості нижче 0,3) важких суглинків і глин в умовах сухого клімату з температурою повітря вище 30 °С добавки поверхнево-активних речовин необхідно вводити у вигляді водних розчинів [31].

При змішуванні великих уламкових, супіщаних і піщаних ґрунтів в установці в суху погоду і при температурі повітря вище 20 °С допускається вологість суміші не більше оптимальної вологості (2-3)% і (1). - 2) При температурі нижче 10 °С і випаданні опадів % менше оптимального значення. При використанні цементу в поєднанні з органічним в'язучим для зміцнення ґрунту, органічне в'язуче слід спочатку внести в ґрунт, змішати з ґрунтом, а потім послідовно додати цемент і воду. При укріпленні ґрунту такими добавками, як цемент або вапно, змішані на місці з золою-винесенням, зольною сумішшю або іншими мінеральними добавками, добавку необхідно спочатку внести і змішати з ґрунтом до однорідного стану, зволожуючи суміш, після чого шар наноситься. слід стругати. Суміш необхідно обробити цементом або вапном через 24 години після внесення мінеральних добавок, при цьому даючи суміші досягти оптимальної вологості [31].

Укладання і ущільнення суміші повинні проводитися при оптимальній вологості. При застосуванні цементу максимальне ущільнення суміші повинно бути досягнуто не пізніше 3 годин, а при температурі повітря нижче 10 °С не пізніше 5 годин після введення в суміш води або розчину солі. При армуванні крупнозернистого ґрунту і піску цементом з додаванням поверхнево-активних речовин або органічних в'язучих речовин суміш слід завершити не пізніше ніж через 8 годин після змочування. Остаточний час між введенням води і закінченням ущільнення визначається в лабораторії. При ущільненні ґрунту вапном або золою-винесенням як окремим в'язучим ущільнення слід проводити не пізніше доби після зволоження суміші.

Коефіцієнт ущільнення ґрунту, укріпленого неорганічними в'язучими, визначають як відношення щільності сухої проби укріпленого ґрунту, взятої з

шару ущільнення, до щільності сухої ґрунтової суміші з ущільненим в'язучим згідно з ДСТУ Б Б. .2.1-12 (для крупнозернистих ґрунтів) і малі стандартні ущільнювачі (для інших типів ґрунтів). Щойно укладений ґрунт, укріплений неорганічними в'язучими речовинами, через 24 години після ущільнення його слід зволожувати водою 3-4 рази на день протягом 7 днів. Витрата заливки від 4 л/м² до 5 л/м². Для збереження вологи поверхню можна посипати шаром плівкоутворювача, поліетиленовою плівкою або шаром піску товщиною 5 см. При цьому лосьйон або дьоготь необхідно освітлити, додавши освітлюючі речовини.

Рух будівельної техніки по закріпленій матеріальній базі повинен бути відкритим: не раніше ніж через 7 днів після монтажу

- шар, що відповідає вимогам міцності класу і, товщиною не менше 15 см, або

- шар, що відповідає вимогам іі класу міцності, товщиною не менше 20 см, не раніше ніж через 14 днів після укладання:

- шари, що відповідають вимогам міцності класу ііі.

Зверху допускається викладати наступні шари:

- на наступний день після влаштування шару армування в процесі ущільнення зв'язного ґрунту;

- дві доби після влаштування армованих незв'язних ґрунтових основ з використанням поверхнево-активних речовин (ПАР), бітумних емульсій, гудронних добавок.

3.4 Розрахункові варіанти конструкцій

На рисунках 3.1-3.4 показані розрахункові значення варіантів дорожніх одягів, що наведені в Розділі 2 магістерської роботи.

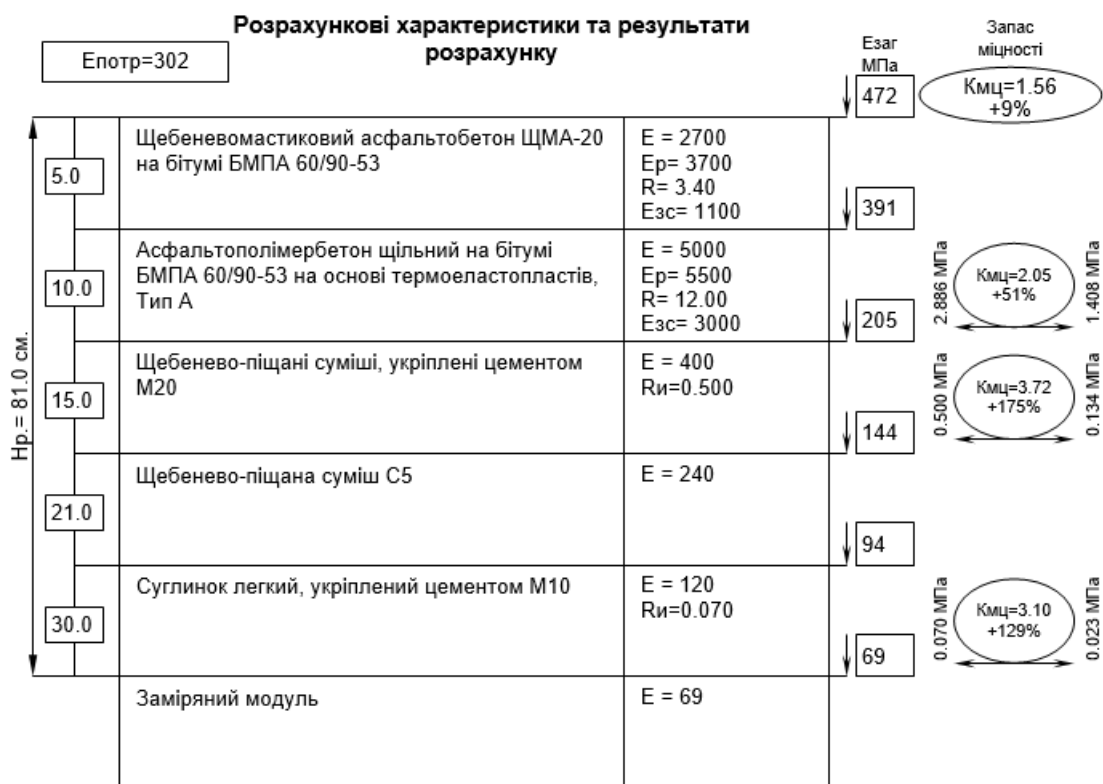


Рисунок 3.1 – Розрахунок варіанту 1 конструкції дорожнього одягу

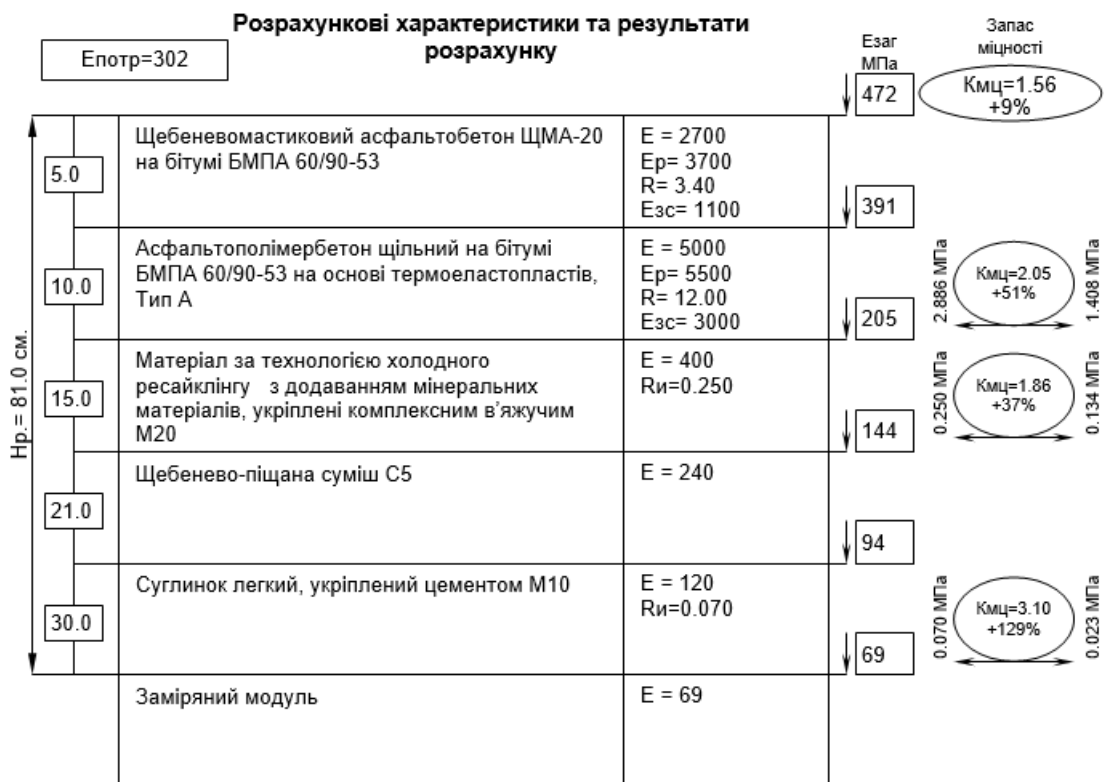


Рисунок 3.2 – Розрахунок варіанту 2 конструкції дорожнього одягу

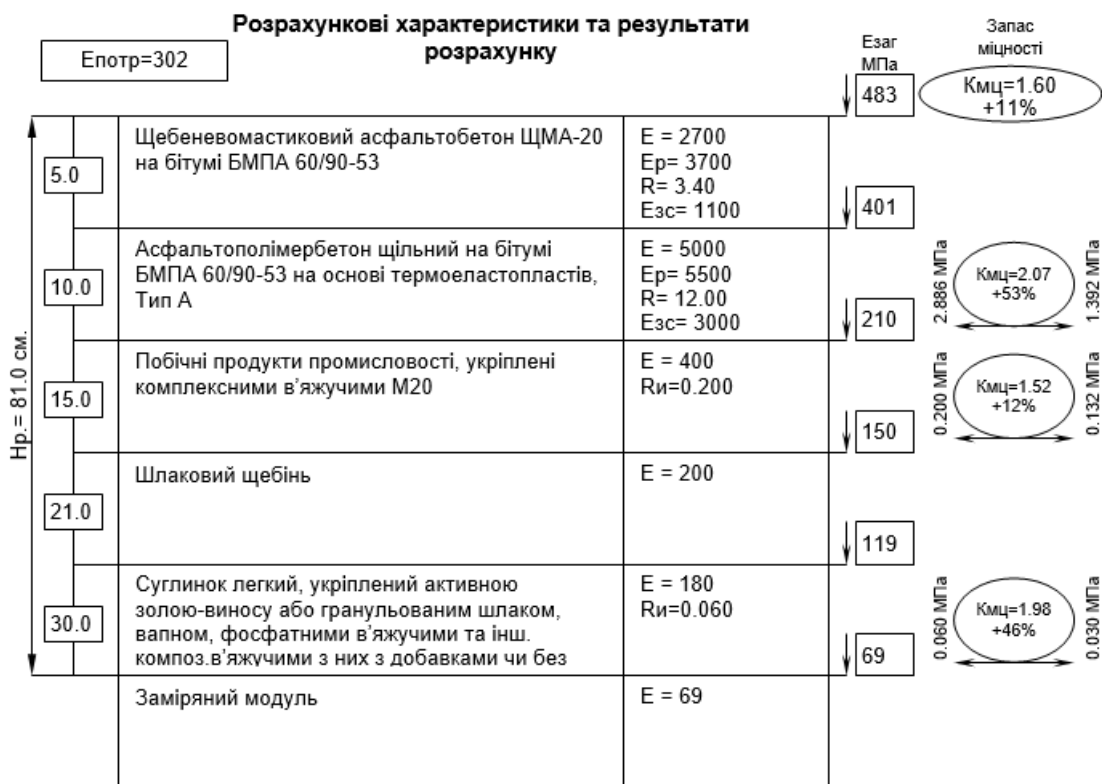


Рисунок 3.3 – Розрахунок варіанту 3 конструкції дорожнього одягу

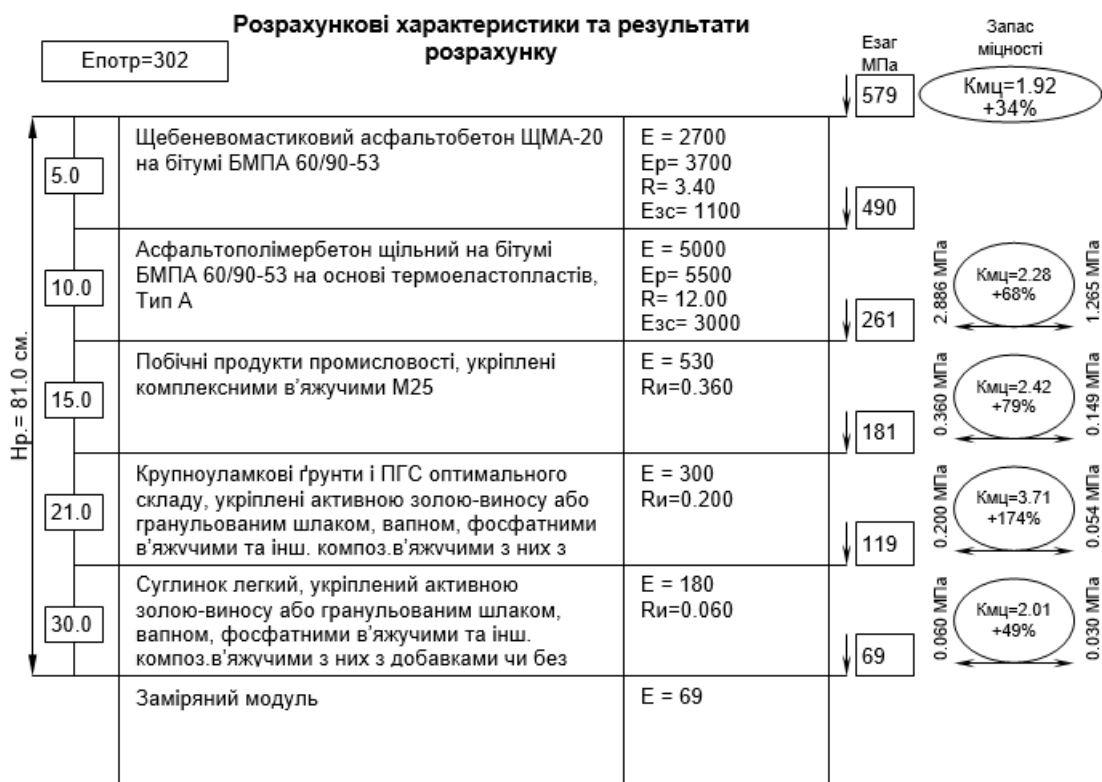


Рисунок 3.4 – Розрахунок варіанту 4 конструкції дорожнього одягу

Згідно проведених розрахунків встановлено, що при однакових об'ємах використаного матеріалу найбільшого значення модуля пружності має варіант 4

(табл. 3.1, рис.3.5), в шарах основи якого застосовується золо-винос. Тобто, цей варіант має найбільш запас міцності конструкції, в порівнянні з іншими конструкціями. Інші три конструкції вважаються рівноцінними, оскільки різниця між цими варіантами становить менше 5%.

Таблиця 3.1 – Розрахункові значення по варіантам
конструкцій дорожнього одягу

	Модуль пружності, МПа	Коефіцієнт запасу міцності
Варіант 1	472	1,56
Варіант 2	472	1,56
Варіант 3	483	1,6
Варіант 4	579	1,92

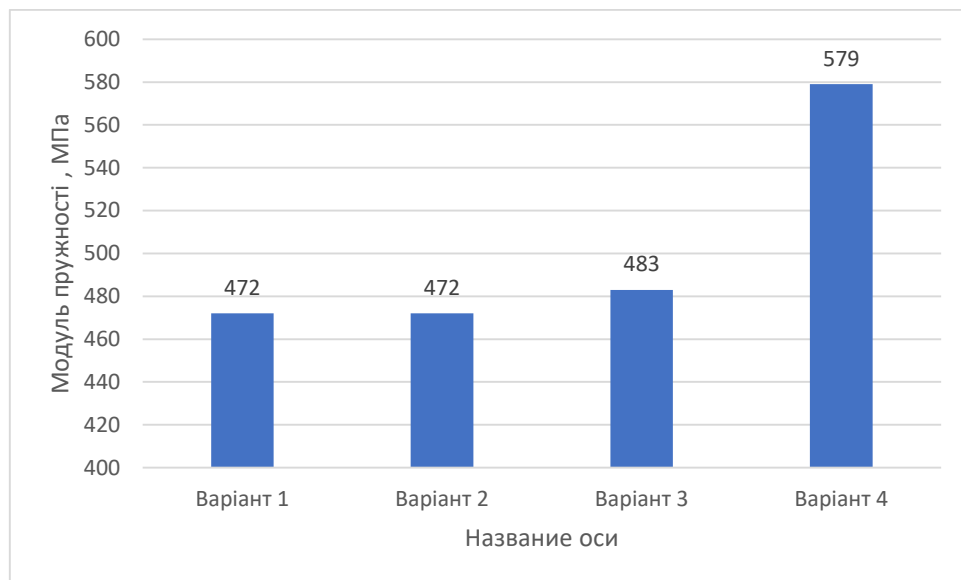


Рисунок 3.5 – Графік порівняння значень модулів пружності дорожніх одягів за варіантами 1-4

3.5 Техніко-економічне порівняння варіантів конструкцій дорожніх одягів

Порівняння варіантів проведено з урахуванням вартості основних матеріалів кожного з варіантів дорожніх одягів згідно цін на дорожньо-будівельні матеріали за моніторинговими даними ДП ДерждорНДІ ім. Шульгіна. Використовуючи дані моніторингу та результати дослідження зі статті [32], виконані розрахунки вартості матеріалів 1 м² кожного з варіантів дорожніх одягів, результати якого

наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вартість матеріалів 1 м² по варіантам
конструкцій дорожнього одягу

	Вартість 1 м ² конструкції дорожнього одягу, грн
Варіант 1	3417
Варіант 2	2855
Варіант 3	2550
Варіант 4	2565

Для наочного порівняння вартостей кожної з чотирьох конструкцій за результатами розрахунків побудований графік порівняння вартості дорожніх одягів (рис. 3.5).

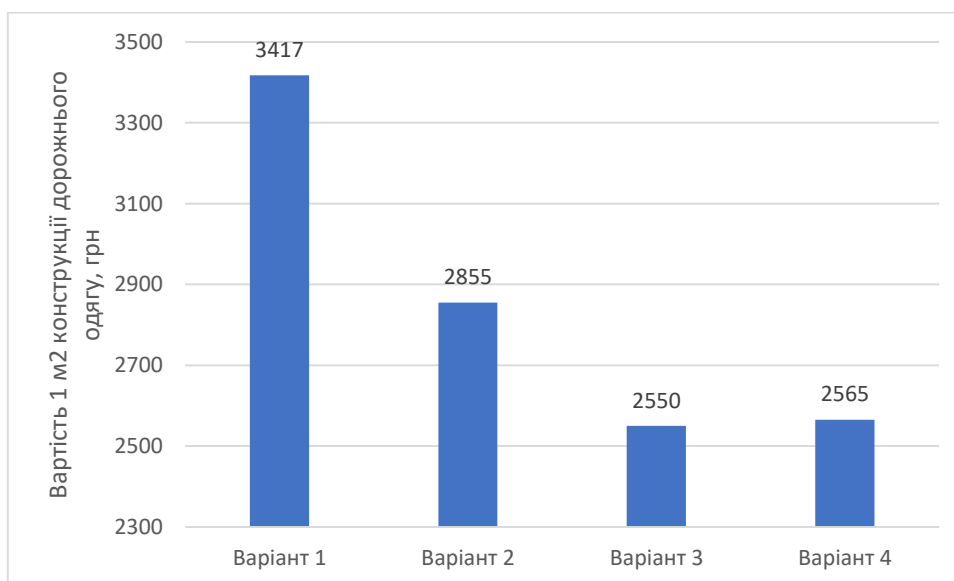


Рисунок 3.5 – Графік порівняння вартості дорожніх одягів за варіантами 1-4

Згідно графіку (рис. 3.5) найдешевшими варіантами влаштування дорожнього одягу є варіанти 3 та 4. Різниця між вартостями знаходиться в межах 5%, що дозволяє вважати їх рівноцінними варіантами.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Вимоги безпеки для працівників під час відсіпки земляного полотна під автомобільну дорогу

Вимоги безпеки, планування, організацію і виконання земляних робіт необхідно здійснювати, основні положення. Згідно з НПАОП 45.2-7.02-12 Охорона праці і промислова безпека у будівництві [27].

Машина які використовуються під час спорудження земляного полотна [28]:

- Скрéпер – самохідна землерийна машина циклічної дії з підйомно-обертним ковшем, призначена для зачерпування, переміщення та розвантаження ґрунту (гірничих мас). При відкритих гірничо-земляних роботах проводять пошарове відгрібання.

- Котóк – машини для трамбування та ущільнення ґрунту, асфальту та ін.

- Автосамоскід – автомобіль із самоскидним кузовом, призначений для переміщення важких сипучих вантажів, особливо в кар'єрах і шахтах. Самоскиди володіють високою механічною міцністю і маневреністю, можуть розвантажуватися шляхом нахилу кузова автомобіля назад або вбік. За типом приводу самоскиди поділяються на дизельні та дизель-електричні. Для гірничих підприємств самоскиди поділяються на підземні та кар'єрні.

- Бульдóзер – трактор або тягач (гусеничний або колісний), обладнаний навісним неповоротним або обертним робочим органом, відомий як відвал.

Для запобігання ерозії ґрунту, зсувів і обвалу стінок траншей на місцях будівництва земляних робіт перед початком робіт необхідно забезпечити відведення поверхневих і ґрунтових вод.



Рисунок 4.1 – Робота машин під час будівництва автомобільної дороги

Під час виконання земляних робіт необхідно дотримуватись вимог безпеки та гігієни праці відповідних рішень цього документа, проектно-технічної документації (ПОБ, ПВР тощо), зокрема [29]:

- визначити безпечну крутизна небезпечних укосів котлованів і траншей з урахуванням навантажень на машини і ґрунт;
- обмежувальна конструкція для кріплення стінок паза;
- конкретні типи і місця установки огорожень виїмок, перехідних містків і сходів для спуску працівників на робочий майданчик або евакуації; типи машин, вибраних для розробки ґрунту, і місця їх установки;
- додаткові заходи щодо забезпечення стійкості схилу внаслідок сезонних змін щільності ґрунту та контролю.

Місця робіт необхідно очищати від валунів, каміння, дерев, будівельного сміття, насипного ґрунту на схилах. Під час виконання земляних робіт необхідно постійно контролювати стан укосів, щоб обмежити вплив динамічних навантажень на укоси під час ущільнення ґрунту, забивання паль і вибухових робіт.

Земляні роботи, що проводяться у високовольтних кабелях, газопроводах та інших захищених комунікаційних зонах, повинні бути схвалені експлуатаційним підрозділом і виконуватися відповідно до директиви.

Перед початком земляних робіт у місцях, де ґрунт може бути забруднений хвороботворними мікроорганізмами (сміттєзвалища, скотомогильники, кладовища тощо), необхідно отримати дозвіл органів санітарного нагляду. Роботи в цих умовах повинні проводитися під безпосереднім керівництвом керівника робіт і в охоронній зоні кабелів під напругою або діючих газопроводів і, крім того, під наглядом працівників організації, що експлуатує ці комунікації [29].

У місцях з активними газами, таких як шахти та траншеї, необхідно проводити безперервний газовий контроль і забезпечити засоби захисту органів дихання для працівників.

При виконанні земляних робіт поблизу або в перетині існуючих підземних комунікацій необхідно забезпечити незмінність просторового розташування та зберегти цілісність цих комунікацій. При цьому допускається механізована розробка ґрунту на відстані не ближче 2,0 м від бічних стін і не ближче 0,4 м від верху труб, кабелів тощо. Застосування землерийної техніки дозволяється в місцях, де траншеї перетинають існуючі комунікації і не захищені від механічних пошкоджень, за погодженням з організацією, якій належать комунікації.

Вийнятий з траншеї ґрунт необхідно розміщувати на певній відстані від краю траншеї, щоб уникнути загрози обвалення стінок траншеї.

У разі виявлення під час проведення земляних робіт комунікацій, підземних споруд або вибухових речовин, не зазначених у проектній чи технічній документації, земляні роботи повинні бути припинені до отримання дозволу відповідних структурних підрозділів [29].

4.2. Організація робочих місць

У разі розміщення в котлованах, траншеях, виїмках на робочих місцях вони повинні мати достатні розміри для розміщення конструкцій, обладнання та обладнання. Також повинен бути забезпечений доступ із зазором шириною не менше 0,6 м на робочому місці і в робочому місці, а також необхідний простір у межах робочого місця - робочої зони.

Земляні роботи, які проводяться на вулицях, проїздах, у дворах населених

пунктів та в інших місцях перебування і пересування людей і транспортних засобів, повинні бути огорожені огорожею. На огорожі повинні бути встановлені попереджувальні знаки, а вночі - сигнальні ліхтарі [29].

Для полегшення проходу людей через виїмку слід встановити перехідний місток, який освітлюється вночі. Для розміщення та евакуації людей в котловани і траншеї повинні бути передбачені сходи шириною не менше 0,6 м з огороженнями або приставні драбини (дерев'яні драбини - довжиною не більше 5,0 м).

Допускаються роботи, пов'язані з перебуванням працівників у виробках без нерухомих вертикальних стінок у піщаних, пілувато-глинистих і талих ґрунтах над рівнем ґрунтових вод і без прилеглих підземних споруд, при глибині виїмки не більше м: 1,0 - у насипних і природних умовах. піщаних ґрунтах; 1,25 – у дюнах; 1,50 – у суглинках і глинах [29].

Шпунтове огороження необхідно в тих випадках, коли складні гідрогеологічні умови, присутні водонасичені ґрунти або неможливо влаштувати схили. Шпунтові огорожі придатні для закладання паль на глибину понад 6,0 м і в щільному твердому ґрунті.

Вибір типу кріплення для виїмки на глибину до 3,0 м залежить від типу ґрунту та його вологості.

Тип ґрунту – тип кріплення.

Природної вологості (крім пухкої) – укладають горизонтально з зазорами на одну дошку.

Висока вологість і сипучі – вертикальні або горизонтальні тверді

Всі типи при великому припливі ґрунтових вод – металева огорожа, забита на глибину не менше 0,75 м в шарі, який служить підстильним вологозахисним бар'єром.

Зимові земляні роботи можна проводити за таких умов [29]:

а) при постійній негативній середньодобовій температурі допускається збільшення глибини вертикальних стінок траншеї (за винятком нещільно промерзлих траншей);

- б) у при змінних температурах, за відсутності Роботи проводяться з урахуванням тимчасового промерзання, тобто за так званим «літнім» прийомом;
- в) сухі піщані ґрунти завжди розробляються «літнім» прийомом.

У природно вологих ґрунтах кріпильні конструкції вертикальних стінок траншей глибиною не більше 3,0 м необхідно виконувати згідно з нормативною технікою. При великій глибині залягання і складних гідрогеологічних умовах ущільнення необхідно проводити за конкретним проектом. Перед допуском працівників до траншеї глибиною понад 1,3 м стійкість укосу або надійність кріплення стінки траншеї повинна перевірити особа, відповідальна за безпеку земляних робіт. Вхід робітників у котловани на вологих схилах допускається лише після огляду відповідальним за безпеку робіт виїмки, стану ґрунту на схилі, розташування «сонцезахисних козирок» або «обвалу нестійкого ґрунту». Виявлені тріщини (луцнення). Глибина траншей для виїмки вертикальної стінки без кріплення роторних і траншейних екскаваторів у зв'язних ґрунтах (суглинках і глинах) не повинна перевищувати 3,0 м. Там, де працівники повинні перебувати в траншеї, стінки траншеї повинні бути укріплені або всередині траншеї повинні бути передбачені ухили [29].

4.3.Порядок виконання робіт

У разі використання двох і більше самохідних або причіпних машин (скребоків, грейдерів, бульдозерів) для розробки, транспортування, розвантаження, вирівнювання та ущільнення земляних робіт одна за одною відстань між ними повинна бути не менше 10,0 м.

При розвантаженні автосамоскидами вантажів на насипах і насипних котлованах місце установки повинно бути віддалено від природного укосу не менше ніж на 1,0 м, розвантаження з естакад без захисних (відбивних) стовпів забороняється. Місце розвантаження транспортних засобів має визначити контролюючий орган [29].

Забороняється використовувати бульдозер і лопату для розкопування ґрунту при схилі під гору або коли ухил перевищує ухил підйому, зазначений у паспорті машини [29].

4.4. Спеціальні методи виконання робіт

Під час фрезування поблизу під'їзних доріг, проходів і в умовах щільної забудови необхідно встановити переносні огорожі, щоб запобігти розльоту мерзлого ґрунту.

Операторам та іншому персоналу забороняється наближатися на ближче 200 м до зон, де використовуються вибухові речовини для розробки ґрунту [29].

4.5. Вимоги безпеки праці при виконанні планування і ущільненні земляного полотна

Коли автогрейдер або автогрейдер знаходиться в кінці ділянки спеціальної форми і робить різкий поворот, його рух повинен відбуватися на першій швидкості.

Застосування для зворотного ущільнення необоротних котків, не обладнаних спеціальними пристроями для контролю ущільнення на місці, не допускається.

Забороняється застосовувати дизельні трамбовки, якщо поздовжній ухил перевищує 20°, а поперечний — 15°. Рух дизель-трамбівки під час ущільнення ґрунту не повинен здійснюватися у напрямку потоку вихлопних газів. Працівникам категорично забороняється працювати на насипі в зоні розподілу відпрацьованих газів.

Забороняється наближатися до трактора, обладнаного тяговим робочим механізмом для ущільнення ґрунту, зовнішня поверхня гусениці (колеса) знаходиться на відстані ближче 0,5 м від краю насипу, при цьому робочий орган може безпосередньо ущільнювати ґрунт на край насипу [29].

Під час ущільнення ґрунту, а також розпушування ґрунту за допомогою машини з опускаючою пластиною біля краю насипу не можна дозволяти нижньому кінці подовжувальної штанги виходити за межі фіксатора трамбівної пластини. Забороняється використовувати плиту, що падає, для ущільнення ґрунту на горизонтальному або вертикальному ухилі більше 7°, а плиту, що падає, — у виїмку, розташовану на відстані більше 0,5 м від горизонтальної поверхні стоянки трактора.

На неуцільненому ґрунті не допускаються різкі повороти пневматичним

катком.

Катки, обладнані пневматичними шинами, дозволяється транспортувати на причепі до автомобіля тільки після зняття баласту з баласту.

Відчіплювати одновісний коток на пневматичних шинах від тягача дозволяється тільки після вивантаження баласту. При зміні напрямку руху всіх типів самохідних котків необхідно подавати попереджувальний звуковий сигнал [29].

4.6. Укріплювальні роботи

При укріпленні ґрунтових укосів гідропосівом усі працівники повинні залишити зону дії гідромоніторингових обприскувачів.

Гідравлічні сівалки на базі зрошувальних машин і шайб повинні мати драбини та огорожі для доступу до робочої площадки.

Після монтажу на місці, перед введенням в експлуатацію, а також після проміжного або капітального ремонту гідрологічні монітори, зовнішні і внутрішні лінії трубопроводів повинні пройти гідравлічне випробування тиском, що перевищує 50% робочого.

Забороняється кидати каміння на схили без використання піддонів чи подібного обладнання. Піддони, що використовуються для подачі каменів (блоків) уздовж укосів, повинні забезпечувати їх невилітання за бічні межі цих пристроїв.

Безанкерну арматуру, що складається з окремих елементів, допускається укладати тільки в напрямку від низу до верху укосу. Кладка всередині бетонного короба і каркаса плити повинна виконуватися в тому ж порядку.

Висівний агрегат під час калібрування повинен бути встановлений на спеціальній платформі. Вносити мінеральні добрива в агрегат можна тільки з використанням засобів індивідуального захисту.

4.7. Вимоги безпеки та дії працівників під час втраті стійкості ґрунту

Причинами зсувів можуть бути: надмірне зволоження ґрунту внаслідок опадів, танення снігу, землетрусів, змиву схилів пагорбів та непередуманої діяльності людини (вибухи та земляні роботи, вирубка лісів на схилах пагорбів

тощо). Виникнення зсувів залежить від потужності живлення ґрунтових і поверхневих вод. Об'єм ґрунту, який переміщується під час зсуву, може становити від сотень до десятків мільйонів кубічних метрів зі швидкістю від кількох метрів на рік до кількох метрів на секунду.

Очікується, що зсуви спричинять пошкодження потенційно небезпечних об'єктів, інженерних та дорожніх споруд, магістральних трубопроводів та ліній електропередач, систем життєзабезпечення та загибель людей. Крім того, зсуви створюють умови для засмічення річок, що призводить до ймовірності катастрофічних повеней [30].



Рисунок 4.2 – Приклад обвалу ґрунту на автомобільній дорозі.

Готуйтеся до виникнення зсуву:

- Уважно слухайте та вивчайте інформацію про обстановку, можливі місця та приблизні межі зсувів, а також інструкції про порядок дій у випадку загрози виникнення зсуву.
- Повідомте при появі ознак зсуву органи місцевого самоврядування та органи цивільного захисту. Ознакою зсуву є: просочування води на зсувонебезпечних схилах та зміщення ґрунту.
- Зберігайте спокій, уникайте паніки.

Дії під час зсуву:

- При отриманні інформації про дане стихійне лихо, дійте залежно від ступеня загрози та швидкості зміщення зсуву.
- Зберігайте спокій, уникайте паніки.
- Підготуйтеся до евакуації, з'ясуйте у місцевих органів державної влади та місцевого самоврядування місце збору мешканців для евакуації.
- Дійте негайно! Терміново евакуюйтеся у безпечне місце при швидкості руху зсуву понад 0,5 – 1,0 м на добу.

Дії після зсуву

- Зберігайте спокій, оцініть ситуацію.
- Допоможіть, по можливості, постраждалим, викличте медичну допомогу для тих, хто її потребує. Допоможіть при необхідності рятувальникам у відкопуванні та визволенні постраждалих із завалів.
- Перевірте зовнішнім оглядом стан мереж електро-, газо- та водопостачання.
- Перевірте чи немає загрози пожежі. Не користуйтеся відкритим вогнем, освітленням, і не вмикайте їх до того часу, доки не будете впевнені, що немає витoku газу. Не користуйтеся без потреби телефоном, щоб він був вільним для зв'язку з вами. З'ясуйте у місцевих органах державної влади та місцевого самоврядування адреси організацій, які відповідають за надання допомоги потерпілому населенню [30].

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведений аналіз наукової та нормативної документації показує, що питання науково-технічного супроводу проектування, будівництва та експлуатації доріг є надзвичайно важливим, трудомістким та тривалим процесом, який передбачає своїм результатом створення нових та оновлення існуючих нормативних актів та документації. Так, на прикладі використання в дорожньому будівництві промислових відходів таких як шлак промислових підприємств та золо-виноси вугільних теплоелектростанцій, проаналізувавши наукові статті та нормативну документацію з цього питання, виникає висновок, що на сьогодні в Україні їх використання недостатньо вивчене. Науково-технічний супровід в цьому випадку стає рушієм та основою розробки методики їх застосування, укладання нових та удосконалення існуючих нормативних документів та інструкцій по їх експлуатації.

В роботі розглянуто 4 варіанти конструкцій дорожніх одягів при реконструкції автомобільної дороги Н-08 Бориспіль – Дніпро – Запоріжжя (через м. Кременчук) – Маріуполь II проектної технічної категорії (додаток А) та виконано їх техніко-економічне порівняння. Основна відмінність варіантів між собою полягає в застосуванні різної основи в конструкціях дорожнього одягу. Перший варіант передбачає використання в основі дорожнього одягу природні викопні матеріали, такі як щебінь та пісок. Другим варіантом передбачено повторне використання фрезованого матеріалу за допомогою холодного ресайклінгу. Третій варіант передбачає застосування промислових відходів зі шлакового шебеню та укріплення ґрунту золо-виносом з ТЕС. Четвертий варіант передбачає застосування золошлакових сумішей та укріплення ґрунту золовиносом.

Низька вартість варіантів 3 та 4 полягає у використанні промислових відходів та їхньої низької вартості. Згідно даних статті [21], рівень утилізації промислових відходів вугільних ТЕС в Україні станом на 2021 рік становить 8-11%, в той час, як в Європейському Союзі це показник коливається в залежності від країни співдружності від 43% до 100%. Великою проблемою застосування золи в

дорожньому будівництві є відсутність нормативної документації для застосування промислових відходів. Для цього необхідно провести експериментальне будівництво ділянки автомобільної дороги, на якому впроваджується науково-технічний супровід на всіх етапах життєвого циклу – від проектування автомобільної дороги до будівництва та експлуатації такої ділянки. Такий процес вже триває, оскільки в Україні є вже ряд наукових робіт, що стосуються утилізації та використання золи-виносу в дорожньому будівництві, таких як [19-26].

Згідно проведених розрахунків, використання промислових відходів дозволяє економити значну частину коштів. Доля економії на цих матеріалах становить від 17% до 26%. Згідно статті [21], сумарний річний економічний ефект для України станом на 2021 рік може досягати 1,05 млрд грн. Також, зважаючи на агресію зі сторони росії проти України та післявоєнну відбудову, використання відходів промисловості стає надзвичайно перспективним, економічно доцільним та екологічним важливим ресурсом у будівництві.

Варто зазначити, що питання використання відходів промисловості позитивно впливає на екологічну сторону утилізації шлаку та золи-виносу промислових підприємств та теплоелектростанцій.

Також в магістерській роботі розкрито питання охорони праці при спорудженні земляного полотна автомобільної дороги та дії працівників під час втраті стійкості ґрунту земляного полотна під час спорудження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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>.
2. Статистичні дані транспортних перевезень України [Електронний ресурс] // Державна служба статистики – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
3. Строменко Є. О. Науково-технічний супровід на етапі проектування реконструкції автомобільної дороги : дипломна робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра : спец. 192 – Будівництво та цивільна інженерія / наук. керівник О. Ф. Лужицький ; Укр.ий держ. ун-т науки і технологій. Дніпро, 2021. 116 с.
4. Єрмакова І. А., Нечипоренко М. В. Роль науково-технічного супроводу при будівництві автомобільних доріг // Дороги і мости. Київ, 2020. Вип. 22. С. 106-113.
5. Кривошеєв, П.І. Науковий супровід будівельного об'єкта -запорука вирішення проблем подовження ресурсу та реконструкції будинків і споруд [Текст]/ П.І.Кривошеєв// Реконструкція житла. -2003. -С.35-39. 7. Кульчицкий, В.А. Аэродромные покрытия. Современный взгляд
6. Туранов Ю., Сорока Т., Сокотов, Ю., І Монько, р. 2023. Проблема кадрового забезпечення західного регіону України працівниками робітничих професій галузі будівництва. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка. 1, 1 (Лип 2023), 149–157. DOI:<https://doi.org/10.25128/2415-3605.23.1.19>.
7. Galjanić K, Marović I, Jajac N. Decision Support Systems for Managing Construction Projects: A Scientific Evolution Analysis. Sustainability. 2022; 14(9):4977. <https://doi.org/10.3390/su14094977>
8. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. ДБН В.1.2-5:2007. –К.: Мінрегіонбуд, 2007. – 91 с.

9. 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.
10. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Зміна №1. ДБН В.2.3-4-2015. [Текст] – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 28 с.
11. 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.
12. 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.
13. Галузеві будівельні норми України. Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. ГБН В.2.3-37641918-559:2019. [Текст]. – 2019. – 62 с.
14. 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.
15. Альбом конструкцій дорожнього одягу / Укравтодор, ДП «ДержДорНТІ». Київ, 2022
16. 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.
17. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівельних споруд. Основні положення – К.: Мінрегіонбуд, 2018. – 40 с.

18. 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.
19. 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.
20. 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>.
21. 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>.
22. Фоменко, О.О & Сєдов, А.В. (2023). Використання зольних відходів при будівництві ґрунтових основ автомобільних доріг. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 174-182. 10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-18.
23. Белятинський А.О., Краюшкіна К.В. Використання відвальних шлаків різних виробництв в дорожньому будівництві. Дороги і мости. Київ, 2010. Вип. 12. С. 24-30.
24. 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.
25. 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>

26. 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.
27. НПАОП 45.2-7.02-12 Охорона праці і промислова безпека у будівництві
28. 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.
29. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва – К.: державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», 2016. – 54 с.
30. Заїченко 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. Заїченко; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 98 с.
31. Проектування та будівництво аеродромних комплексів : монографія / За заг. ред. Карпова В. В. - Херсон : Олді+, 2022. - 336 с. ISBN 978-966-289-620-6
32. Безуглий А. О. Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту конструкцій дорожнього одягу / А. О. Безуглий, С. І. Іллящ, О. Ю. Тимощук. // Дороги і мости. – 2015. – №15. – С. 27–34.

ДОДАТОК А
Креслення планів та профілів

ДОДАТОК Б
Розрахунки конструкцій дорожнього одягу

Розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу за методикою ГБН В.2.3-37641918-559(Посилення)

Найменування дороги	Н-08
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	ДО вар 1 (ЩПС)

1. Кліматичні характеристики

Дорожньо-кліматична зона	3
Підзона	У III Р.12
Схема зволоження робочого шару	3
Кількість розрахункових днів у році, днів	130
Глибина промерзання ґрунту, см	90

2. Дані про дорогу

Загальні дані:	
Категорія дороги	II
Кількість смуг руху	2
Номер розрахункової смуги	1
Тип конструкції дорожнього одягу	Капітальний
Термін служби покриття, років	14
Коефіцієнт надійності	0.95
Основа:	
Основа конструкції	Замірний модуль
Значення виміряного модуля, МПа	69

3. Склад автомобільного потоку

Склад руху	Відомий
Коефіцієнт зростання інтенсивності, частки од.	1.040

Склад потоку заданий	В автомобілях
Зростання інтенсивності	Загальний для потоку
Інтенсивність руху на перший рік служби, авт/добу.	3401
Інтенсивність руху на розрахунковий рік служби, авт/добу.	5659
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на початковий рік служби, авт/добу.	732
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на кінець останнього року служби, авт/добу.	1219.01
Сумарне розрахункове число прикладень на смугу за весь термін служби, авт.	1815771
Необхідний модуль пружності, МПа	301.77

Таблиця 1. Склад і характеристики автомобілів в транспортному потоці

Марка автомобіля	Вантаж., т	%	Кількість, авт.	Коеф. вантаж.	Коеф. пробігу	Зростання інт.	Коеф. привед.
Легковий автомобіль	-	-	1898	1.0	1.0	1.040	0.000
Мікроавтобус	-	-	240	1.0	1.0	1.040	0.000
ЛАЗ 4207	15.0	-	377	1.0	1.0	1.040	0.403
NEOPLAN N 123 Skyliner	26.0	-	106	1.0	1.0	1.040	1.147
IVECO Daily 35 S 12 V	3.5	-	146	1.0	1.0	1.040	0.001
IVECO EuroCargo ML 80E18	8.6	-	264	1.0	1.0	1.040	0.065
SCANIA P94 4x2 220	20.5	-	132	1.0	1.0	1.040	3.559
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42.0	-	59	1.0	1.0	1.040	2.725
RENAULT Premium HR 385.18 + Kassbohrer SB 12-20	38.0	-	179	1.0	1.0	1.040	2.288

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на перший рік служби з урахуванням коефіцієнту, що враховує кількість смуг руху:

Ошибка! $0.55 * (1898*0.000 + 240*0.000 + 377*0.403 + 106*1.147 + 146*0.001 + 264*0.065 + 132*3.559 + 59*2.725 + 179*2.288) = 732.11$ авт/добу

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на останній рік служби:

$$N_t = N_{1p} * q_{Тсл}^{-1} = 732.11 * 1.040^{14-1} = 1219.01 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження:
Ошибка!Ошибка! 1815771 авт.

де коефіцієнт суми:

Ошибка!Ошибка! 18.29

Обчислюємо потрібний модуль пружності:

Ошибка! = Ошибка! = 301.77 МПа

4. Розрахункове навантаження

Навантаження визначається	по ДБН В.2.3-4
Розрахункове навантаження	Стандартна
Вид розрахункового навантаження	Динамічна
Тип колеса	Двобалоних
Нормативне статичне навантаження на вісь, $Q_{розр}$ /вісь кН	115.00
Тиск в шинах p , МПа	0.80
Діаметр штампа D , м	0.3450

Визначення параметрів розрахункового навантаження:

Розрахунок динамічного навантаження:

$$Q_{розр} = Q_i * K_{дин} = 57.50 * 1.3 = 74.75 \text{ кН}$$

Розрахунок діаметра штампу:

Ошибка! = Ошибка! = 0.3450 м

Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

- 1) Розрахунок виконується для шару Суглинок легкий, укріплений цементом М10
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.57; Ошибка! = 0.87; Ошибка! 0.786; Ошибка! = 0.786 * 120.00 = 94.29 МПа;

- 2) Розрахунок виконується для шару Щебенево-піщана суміш С5
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.39; Ошибка! = 0.61; Ошибка! 0.601; Ошибка! = 0.601 * 240.00 = 144.13 МПа;

- 3) Розрахунок виконується для шару Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М20
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.36; Ошибка! = 0.43; Ошибка! 0.512; Ошибка! = 0.512 * 400.00 = 204.85 МПа;

- 4) Розрахунок виконується для шару Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.04; Ошибка! = 0.29; Ошибка! 0.078; Ошибка! = 0.078 * 5000.00 = 391.12 МПа;

- 5) Розрахунок виконується для шару Щебеневомастиковий асфальтобетон ЦМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.14; Ошибка! = 0.14; Ошибка! 0.175; Ошибка! = 0.175 * 2700.00 = 472.21 МПа;

Ошибка! = Ошибка! = 1.5648

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{тр;пр} = 1.43$

$1.5648 > 1.43$ - умова виконана

Запас міцності = Ошибка! = Ошибка!+9%

Розрахунок конструкції дорожнього одягу на опір монолітних шарів втомного руйнування від розтягу при згині.

- 1) Розрахунок на згин виконується для шару Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А

Середньозважений модуль пружності шарів:

Ошибка! = Ошибка! = 4900.00 МПа

За відношеннями: Ошибка! = Ошибка! = 23.920 u Ошибка! = Ошибка! = 0.43

За номограмою визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 2.071$ МПа

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * \rho * k_B = 2.071 * 0.80 * 0.85 = 1.408$ МПа

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$R_{ze} = R_p * k_m * k_T * k_{кп} = 10.153 * 1.00 * 0.90 * 0.316 = 2.886$ МПа

де $R_p = R_{лаб} * (1 - t * V_m) = 12.00 * (1 - 1.71 * 0.09) = 10.153$ МПа

Коефіцієнт, який враховує вплив повторних навантажень у нерозрахунковий період, $K_{кп}$:

Ошибка! = 0.316

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 2.0493$$

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{\text{потр;мц}} = 1.35$
 $2.0493 > 1.35$ - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = +51\%$$

Розрахунок за умовою згину монолітних основ (напівжорстких).

1) Розрахунок на згин виконується для шару Суглинок легкий, укріплений цементом М10

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 1657.65 \text{ МПа}$$

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:
 $E_2 = 120.00 \text{ МПа}$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:
 $E_3 = 69.00 \text{ МПа}$

За відношеннями: $\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 13.814$, $\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 1.739$ и
 $\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 2.35$

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 0.028 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * p * k_g = 0.028 * 0.80 * 1.0 = 0.023 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:
 $R_{3z} = R_p = 0.070 \text{ МПа}$

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 3.1007$$

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{\text{потр;мц}} = 1.35$
 $3.1007 > 1.35$ - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = +129\%$$

2) Розрахунок на згин виконується для шару Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М20

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 4900.00 \text{ МПа}$$

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:
 $E_2 = 400.00 \text{ МПа}$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:
 $E_3 = 144.13 \text{ МПа}$

За відношеннями: $\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 12.250$, $\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 2.775$ и
 $\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 0.87$

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 0.168 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * p * k_g = 0.168 * 0.80 * 1.0 = 0.134 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:
 $R_{32} = R_p = 0.500 \text{ МПа}$

Ошибка! = Ошибка! = 3.7194

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{потр;мц} = 1.35$
 $3.7194 > 1.35$ - умова виконана

Запас міцності = **Ошибка! = Ошибка! = +175%**

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару Г	Найменування матеріалу шару	Розрахунок товщина шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езаг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Rзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gг, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %					
1	Щебеневомастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	5.0	472	Пружний прогин	1.56	+9%	-	-	-	-	-
2	Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А	10.0	391	Розтяг	2.05	+51%	-	-	2.886	1.408	-
3	Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М20	15.0	205	Розтяг	3.72	+175%	-	-	0.500	0.134	-
4	Щебенево-піщана суміш С5	21.0	144	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Суглинок легкий, укріплений цементом М10	30.0	94	Розтяг	3.10	+129%	-	-	0.070	0.023	-
6	Замірний модуль	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумарна товщина конструкції:		81.0	Підсумкова вартість конструкції:								

6. Інформація

* Розрахунок виконаний. Зауважень немає.

Розрахункові характеристики та результати розрахунку		Езаг МПа	Запас міцності
Епотр=302		472	Кмц=1.56 +9%
5.0	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	391	
10.0	Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А	205	2.886 МПа Кмц=2.05 +51%
15.0	Щебеново-піщані суміші, укріплені цементом М20	144	0.500 МПа Кмц=3.72 +175%
21.0	Щебеново-піщана суміш С5	94	
30.0	Суглинок легкий, укріплений цементом М10	69	0.070 МПа Кмц=3.10 +129%
	Замірний модуль	Е = 69	

Нр.= 81.0 см.

Е, С, R - МПа; F - град.

Розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу за методикою ГБН В.2.3-37641918-559(Посилення)

Найменування дороги	Н-08
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	ДО вар 2 (МДХР)

1. Кліматичні характеристики

Дорожньо-кліматична зона	3
Підзона	У III Р.12
Схема зволоження робочого шару	3
Кількість розрахункових днів у році, днів	130
Глибина промерзання ґрунту, см	90

2. Дані про дорогу

Загальні дані:	
Категорія дороги	II
Кількість смуг руху	2
Номер розрахункової смуги	1
Тип конструкції дорожнього одягу	Капітальний
Термін служби покриття, років	14
Коефіцієнт надійності	0.95
Основа:	
Основа конструкції	Замірний модуль
Значення виміряного модуля, МПа	69

3. Склад автомобільного потоку

Склад руху	Відомий
Коефіцієнт зростання інтенсивності, частки од.	1.040

Склад потоку заданий	В автомобілях
Зростання інтенсивності	Загальний для потоку
Інтенсивність руху на перший рік служби, авт/добу.	3401
Інтенсивність руху на розрахунковий рік служби, авт/добу.	5659
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на початковий рік служби, авт/добу.	732
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на кінець останнього року служби, авт/добу.	1219.01
Сумарне розрахункове число прикладень на смугу за весь термін служби, авт.	1815771
Необхідний модуль пружності, МПа	301.77

Таблиця 1. Склад і характеристики автомобілів в транспортному потоці

Марка автомобіля	Вантаж., т	%	Кількість, авт.	Коеф. вантаж.	Коеф. пробігу	Зростання інт.	Коеф. привед.
Легковий автомобіль	-	-	1898	1.0	1.0	1.040	0.000
Мікроавтобус	-	-	240	1.0	1.0	1.040	0.000
ЛАЗ 4207	15.0	-	377	1.0	1.0	1.040	0.403
NEOPLAN N 123 Skyliner	26.0	-	106	1.0	1.0	1.040	1.147
IVECO Daily 35 S 12 V	3.5	-	146	1.0	1.0	1.040	0.001
IVECO EuroCargo ML 80E18	8.6	-	264	1.0	1.0	1.040	0.065
SCANIA P94 4x2 220	20.5	-	132	1.0	1.0	1.040	3.559
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42.0	-	59	1.0	1.0	1.040	2.725
RENAULT Premium HR 385.18 + Kassbohrer SB 12-20	38.0	-	179	1.0	1.0	1.040	2.288

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на перший рік служби з урахуванням коефіцієнту, що враховує кількість смуг руху:

Ошибка! $0.55 * (1898*0.000 + 240*0.000 + 377*0.403 + 106*1.147 + 146*0.001 + 264*0.065 + 132*3.559 + 59*2.725 + 179*2.288) = 732.11$ авт/добу

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на останній рік служби:

$$N_t = N_{1p} * q_{Tсл}^{-1} = 732.11 * 1.040^{14-1} = 1219.01 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження:
Ошибка!Ошибка! 1815771 авт.

де коефіцієнт суми:

Ошибка!Ошибка! 18.29

Обчислюємо потрібний модуль пружності:

Ошибка! = Ошибка! = 301.77 МПа

4. Розрахункове навантаження

Навантаження визначається	по ДБН В.2.3-4
Розрахункове навантаження	Стандартна
Вид розрахункового навантаження	Динамічна
Тип колеса	Двобалоних
Нормативне статичне навантаження на вісь, $Q_{розр}$ /вісь кН	115.00
Тиск в шинах p , МПа	0.80
Діаметр штампа D , м	0.3450

Визначення параметрів розрахункового навантаження:

Розрахунок динамічного навантаження:

$$Q_{розр} = Q_i * K_{дин} = 57.50 * 1.3 = 74.75 \text{ кН}$$

Розрахунок діаметра штампу:

Ошибка! = Ошибка! = 0.3450 м

Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

- 1) Розрахунок виконується для шару Суглинок легкий, укріплений цементом М10
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.57; Ошибка! = 0.87; Ошибка! 0.786; Ошибка! = 0.786 * 120.00 = 94.29 МПа;

- 2) Розрахунок виконується для шару Щебенево-піщана суміш С5
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.39; Ошибка! = 0.61; Ошибка! 0.601; Ошибка! = 0.601 * 240.00 = 144.13 МПа;

- 3) Розрахунок виконується для шару Матеріал за технологією холодного ресайклінгу з додаванням мінеральних матеріалів, укріплені комплексним в'язучим М20
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.36; Ошибка! = 0.43; Ошибка! 0.512; Ошибка! = 0.512 * 400.00 = 204.85 МПа;

- 4) Розрахунок виконується для шару Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.04; Ошибка! = 0.29; Ошибка! 0.078; Ошибка! = 0.078 * 5000.00 = 391.12 МПа;

- 5) Розрахунок виконується для шару Щебеневомастиковий асфальтобетон ЦМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53
(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.14; Ошибка! = 0.14; Ошибка! 0.175; Ошибка! = 0.175 * 2700.00 = 472.21 МПа;

Ошибка! = Ошибка! = 1.5648

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{ТР;ПР} = 1.43$

$1.5648 > 1.43$ - умова виконана

Запас міцності = Ошибка! = Ошибка!+9%

Розрахунок конструкції дорожнього одягу на опір монолітних шарів втомного руйнування від розтягу при згині.

- 1) Розрахунок на згин виконується для шару Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А

Середньозважений модуль пружності шарів:

Ошибка! = Ошибка! = 4900.00 МПа

За відношеннями: Ошибка! = Ошибка! = 23.920 u Ошибка! = Ошибка! = 0.43

За номограмою визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 2.071$ МПа

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * p * k_B = 2.071 * 0.80 * 0.85 = 1.408$ МПа

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$R_{зг} = R_p * k_m * k_T * k_{КП} = 10.153 * 1.00 * 0.90 * 0.316 = 2.886$ МПа

де $R_p = R_{Лаб} * (1 - t * V_m) = 12.00 * (1 - 1.71 * 0.09) = 10.153$ МПа

Коефіцієнт, який враховує вплив повторних навантажень у нерозрахунковий період, $K_{КП}$:

Ошибка! = 0.316

Ошибка! = **Ошибка!** = 2.0493

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{потр;мц} = 1.35$
 $2.0493 > 1.35$ - умова виконана

Запас міцності = **Ошибка!** = **Ошибка!** = +51%

Розрахунок за умовою згину монолітних основ (напівжорстких).

1) Розрахунок на згин виконується для шару Суглинок легкий, укріплений цементом М10

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

Ошибка! = **Ошибка!** = 1657.65 МПа

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:

$$E_2 = 120.00 \text{ МПа}$$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:

$$E_3 = 69.00 \text{ МПа}$$

За відношеннями: **Ошибка!** = **Ошибка!** = 13.814, **Ошибка!** = **Ошибка!** = 1.739 и

Ошибка! = **Ошибка!** = 2.35

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 0.028 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * \rho * k_B = 0.028 * 0.80 * 1.0 = 0.023 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{3z} = R_p = 0.070 \text{ МПа}$$

Ошибка! = **Ошибка!** = 3.1007

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{потр;мц} = 1.35$
 $3.1007 > 1.35$ - умова виконана

Запас міцності = **Ошибка!** = **Ошибка!** = +129%

2) Розрахунок на згин виконується для шару Матеріал за технологією холодного ресайклінгу з додаванням мінеральних матеріалів, укріплені комплексним в'язучим М20

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

Ошибка! = **Ошибка!** = 4900.00 МПа

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:

$$E_2 = 400.00 \text{ МПа}$$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:

$$E_3 = 144.13 \text{ МПа}$$

За відношеннями: **Ошибка!** = **Ошибка!** = 12.250, **Ошибка!** = **Ошибка!** = 2.775 и

Ошибка! = **Ошибка!** = 0.87

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 0.168 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * \rho * k_B = 0.168 * 0.80 * 1.0 = 0.134 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:
 $R_{32} = R_p = 0.250 \text{ МПа}$

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 1.8597$$

Необхідний коефіцієнт міцності $K^{\text{потр;мц}} = 1.35$
 $1.8597 > 1.35$ - умова виконана

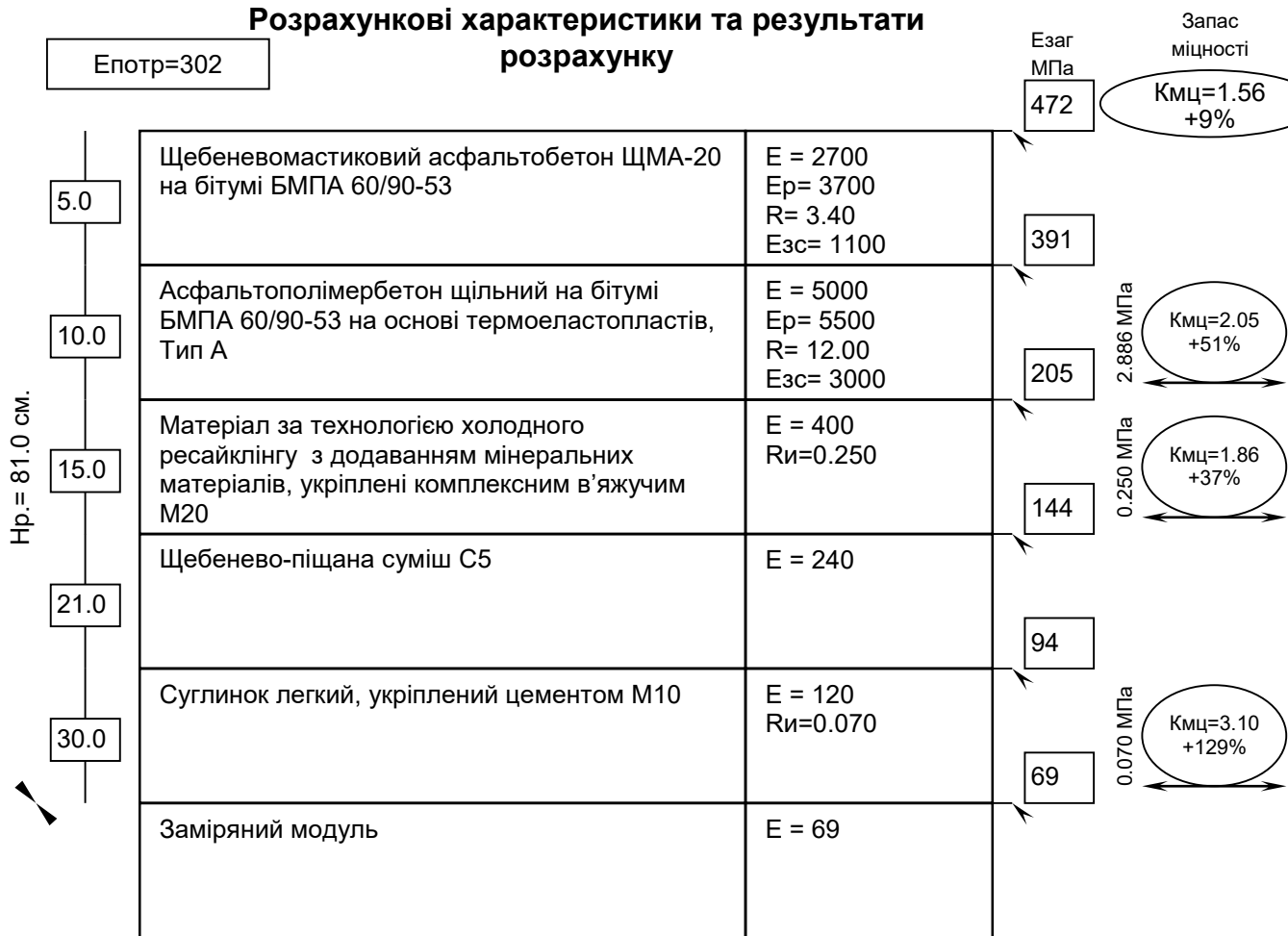
$$\text{Запас міцності} = \text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = +37\%$$

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару Г	Найменування матеріалу шару	Розрахунок товщина шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езаг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Rзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gr, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %					
1	Щебеневомастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	5.0	472	Пружний прогин	1.56	+9%	-	-	-	-	-
2	Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А	10.0	391	Розтяг	2.05	+51%	-	-	2.886	1.408	-
3	Матеріал за технологією холодного ресайклінгу з додаванням мінеральних матеріалів, укріплені комплексним в'язучим М20	15.0	205	Розтяг	1.86	+37%	-	-	0.250	0.134	-
4	Щебенево-піщана суміш С5	21.0	144	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Суглинок легкий, укріплений цементом М10	30.0	94	Розтяг	3.10	+129%	-	-	0.070	0.023	-
6	Замірний модуль	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумарна товщина конструкції:		81.0	Підсумкова вартість конструкції:								

6. Інформація

* Розрахунок виконаний. Зауважень немає.



E, C, R - МПа; F - град.

Розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу за методикою ГБН В.2.3-37641918-559(Посилення)

Найменування дороги	Н-08
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	ДО вар 3 (Шлак)

1. Кліматичні характеристики

Дорожньо-кліматична зона	3
Підзона	У III Р.12
Схема зволоження робочого шару	3
Кількість розрахункових днів у році, днів	130
Глибина промерзання ґрунту, см	90

2. Дані про дорогу

Загальні дані:	
Категорія дороги	II
Кількість смуг руху	2
Номер розрахункової смуги	1
Тип конструкції дорожнього одягу	Капітальний
Термін служби покриття, років	14
Коефіцієнт надійності	0.95
Основа:	
Основа конструкції	Замірний модуль
Значення виміряного модуля, МПа	69

3. Склад автомобільного потоку

Склад руху	Відомий
Коефіцієнт зростання інтенсивності, частки од.	1.040

Склад потоку заданий	В автомобілях
Зростання інтенсивності	Загальний для потоку
Інтенсивність руху на перший рік служби, авт/добу.	3401
Інтенсивність руху на розрахунковий рік служби, авт/добу.	5659
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на початковий рік служби, авт/добу.	732
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на кінець останнього року служби, авт/добу.	1219.01
Сумарне розрахункове число прикладень на смугу за весь термін служби, авт.	1815771
Необхідний модуль пружності, МПа	301.77

Таблиця 1. Склад і характеристики автомобілів в транспортному потоці

Марка автомобіля	Вантаж., т	%	Кількість, авт.	Коеф. вантаж.	Коеф. пробігу	Зростання інт.	Коеф. привед.
Легковий автомобіль	-	-	1898	1.0	1.0	1.040	0.000
Мікроавтобус	-	-	240	1.0	1.0	1.040	0.000
ЛАЗ 4207	15.0	-	377	1.0	1.0	1.040	0.403
NEOPLAN N 123 Skyliner	26.0	-	106	1.0	1.0	1.040	1.147
IVECO Daily 35 S 12 V	3.5	-	146	1.0	1.0	1.040	0.001
IVECO EuroCargo ML 80E18	8.6	-	264	1.0	1.0	1.040	0.065
SCANIA P94 4x2 220	20.5	-	132	1.0	1.0	1.040	3.559
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42.0	-	59	1.0	1.0	1.040	2.725
RENAULT Premium HR 385.18 + Kassbohrer SB 12-20	38.0	-	179	1.0	1.0	1.040	2.288

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на перший рік служби з урахуванням коефіцієнту, що враховує кількість смуг руху:

Ошибка! $0.55 * (1898*0.000 + 240*0.000 + 377*0.403 + 106*1.147 + 146*0.001 + 264*0.065 + 132*3.559 + 59*2.725 + 179*2.288) = 732.11$ авт/добу

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на останній рік служби:

$$N_t = N_{1p} * q_{Tсл}^{-1} = 732.11 * 1.040^{14-1} = 1219.01 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження:
Ошибка!Ошибка! 1815771 авт.

де коефіцієнт суми:

Ошибка!Ошибка! 18.29

Обчислюємо потрібний модуль пружності:

Ошибка! = Ошибка! = 301.77 МПа

4. Розрахункове навантаження

Навантаження визначається	по ДБН В.2.3-4
Розрахункове навантаження	Стандартна
Вид розрахункового навантаження	Динамічна
Тип колеса	Двобалоних
Нормативне статичне навантаження на вісь, $Q_{розр}$ /вісь кН	115.00
Тиск в шинах p , МПа	0.80
Діаметр штампа D , м	0.3450

Визначення параметрів розрахункового навантаження:

Розрахунок динамічного навантаження:

$$Q_{розр} = Q_i * K_{дин} = 57.50 * 1.3 = 74.75 \text{ кН}$$

Розрахунок діаметра штампу:

Ошибка! = Ошибка! = 0.3450 м

Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

1) Розрахунок виконується для шару Суглинок легкий, укріплений активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без ПАР М10

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.38; Ошибка! = 0.87; Ошибка! 0.659; Ошибка! = 0.659 * 180.00 = 118.61 МПа;

2) Розрахунок виконується для шару Шлаковий щебінь

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.59; Ошибка! = 0.61; Ошибка! 0.748; Ошибка! = 0.748 * 200.00 = 149.70 МПа;

3) Розрахунок виконується для шару Побічні продукти промисловості, укріплені комплексними в'язучими М20

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.37; Ошибка! = 0.43; Ошибка! 0.526; Ошибка! = 0.526 * 400.00 = 210.23 МПа;

4) Розрахунок виконується для шару Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.04; Ошибка! = 0.29; Ошибка! 0.080; Ошибка! = 0.080 * 5000.00 = 401.39 МПа;

5) Розрахунок виконується для шару Щебеневомастиковий асфальтобетон ЦМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.15; Ошибка! = 0.14; Ошибка! 0.179; Ошибка! = 0.179 * 2700.00 = 483.08 МПа;

Ошибка! = Ошибка! = 1.6008

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{тр;пр} = 1.43$

$1.6008 > 1.43$ - умова виконана

Запас міцності = Ошибка! = Ошибка!+11%

Розрахунок конструкції дорожнього одягу на опір монолітних шарів втомного руйнування від розтягу при згині.

1) Розрахунок на згин виконується для шару Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А

Середньозважений модуль пружності шарів:

Ошибка! = Ошибка! = 4900.00 МПа

За відношеннями: Ошибка! = Ошибка! = 23.308 u Ошибка! = Ошибка! = 0.43

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 2.047$ МПа

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * p * k_B = 2.047 * 0.80 * 0.85 = 1.392$ МПа

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$R_{зг} = R_p * k_m * k_T * k_{кл} = 10.153 * 1.00 * 0.90 * 0.316 = 2.886$ МПа

де $R_p = R_{лаб} * (1 - t * V_m) = 12.00 * (1 - 1.71 * 0.09) = 10.153$ МПа

Коефіцієнт, який враховує вплив повторних навантажень у нерозрахунковий період, $K_{кр}$:
Ошибка! = 0.316

Ошибка! = **Ошибка!** = 2.0731

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{потр;мц} = 1.35$
 $2.0731 > 1.35$ - умова виконана

Запас міцності = **Ошибка!** = **Ошибка!** = +53%

Розрахунок за умовою згину монолітних основ (напівжорстких).

1) Розрахунок на згин виконується для шару Суглинок легкий, укріплений активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без ПАР М10

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

Ошибка! = **Ошибка!** = 1641.18 МПа

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:
 $E_2 = 180.00$ МПа

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:
 $E_3 = 69.00$ МПа

За відношеннями: **Ошибка!** = **Ошибка!** = 9.118, **Ошибка!** = **Ошибка!** = 2.609 и
Ошибка! = **Ошибка!** = 2.35

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 0.038$ МПа

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * p * k_g = 0.038 * 0.80 * 1.0 = 0.030$ МПа

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:
 $R_{3z} = R_p = 0.060$ МПа

Ошибка! = **Ошибка!** = 1.9780

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{потр;мц} = 1.35$
 $1.9780 > 1.35$ - умова виконана

Запас міцності = **Ошибка!** = **Ошибка!** = +46%

2) Розрахунок на згин виконується для шару Побічні продукти промисловості, укріплені комплексними в'язучими М20

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

Ошибка! = **Ошибка!** = 4900.00 МПа

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:
 $E_2 = 400.00$ МПа

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:
 $E_3 = 149.70$ МПа

За відношеннями: **Ошибка!** = **Ошибка!** = 12.250, **Ошибка!** = **Ошибка!** = 2.672 и
Ошибка! = **Ошибка!** = 0.87

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 0.165 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * \rho * k_e = 0.165 * 0.80 * 1.0 = 0.132 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{32} = R_p = 0.200 \text{ МПа}$$

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 1.5162$$

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{\text{потр;мц}} = 1.35$

$1.5162 > 1.35$ - умова виконана

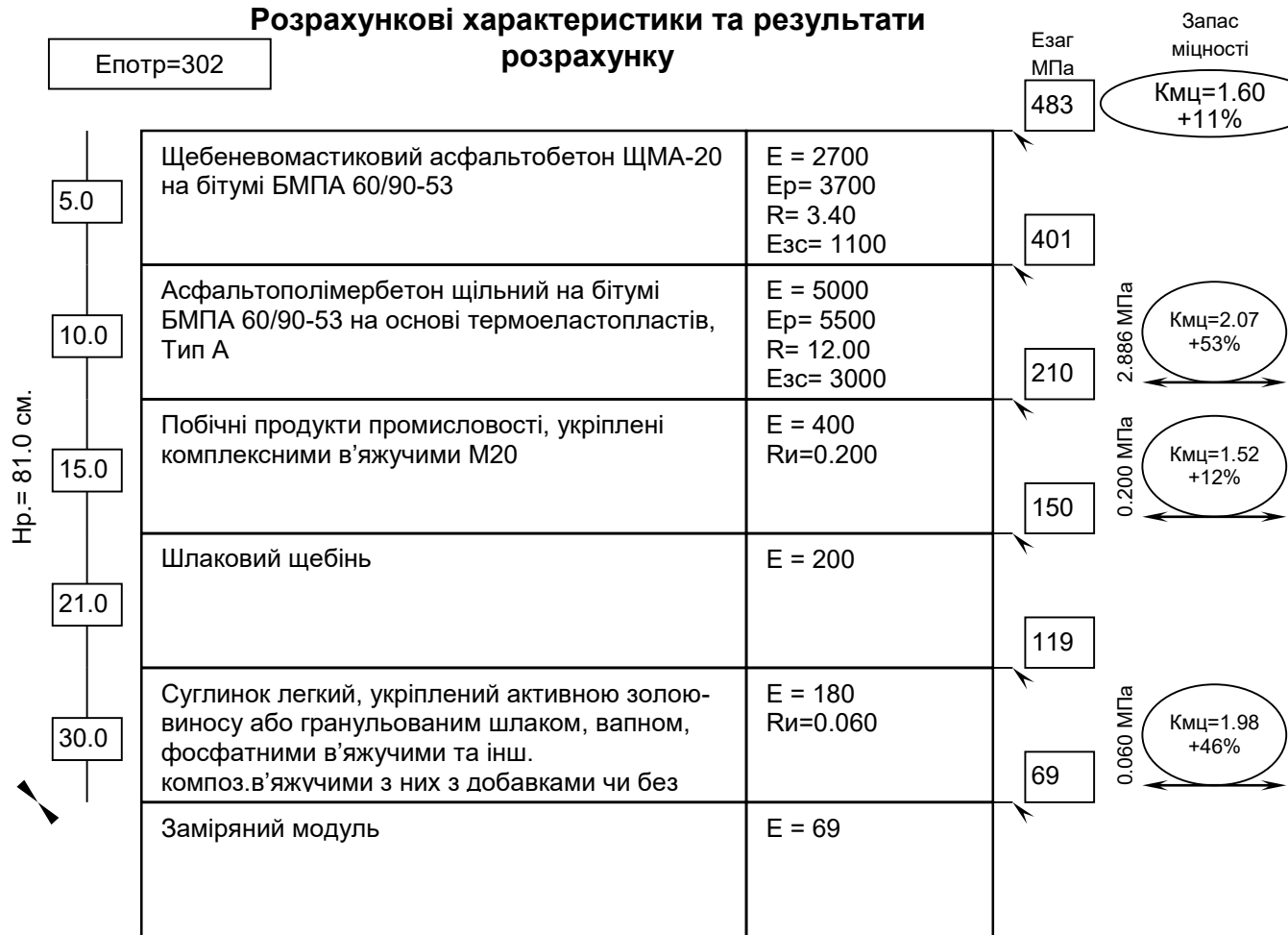
$$\text{Запас міцності} = \text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = +12\%$$

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару Г	Найменування матеріалу шару	Розрахунок товщина шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езаг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Rзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gr, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %					
1	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	5.0	483	Пружний прогин	1.60	+11%	-	-	-	-	-
2	Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А	10.0	401	Розтяг	2.07	+53%	-	-	2.886	1.392	-
3	Побічні продукти промисловості, укріплені комплексними в'язучими М20	15.0	210	Розтяг	1.52	+12%	-	-	0.200	0.132	-
4	Шлаковий щебінь	21.0	150	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Суглинок легкий, укріплений активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без ПАР М10	30.0	119	Розтяг	1.98	+46%	-	-	0.060	0.030	-
6	Замірний модуль	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумарна товщина конструкції:		81.0	Підсумкова вартість конструкції:								

6. Інформація

* Розрахунок виконаний. Зауважень немає.



E, C, R - МПа; F - град.

Розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу за методикою ГБН В.2.3-37641918-559(Посилення)

Найменування дороги	Н-08
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	ДО вар 4 (ЗолоШлак)

1. Кліматичні характеристики

Дорожньо-кліматична зона	3
Підзона	У III Р.12
Схема зволоження робочого шару	3
Кількість розрахункових діб у році, діб	130
Глибина промерзання ґрунту, см	90

2. Дані про дорогу

Загальні дані:	
Категорія дороги	II
Кількість смуг руху	2
Номер розрахункової смуги	1
Тип конструкції дорожнього одягу	Капітальний
Термін служби покриття, років	14
Коефіцієнт надійності	0.95
Основа:	
Основа конструкції	Замірний модуль
Значення виміряного модуля, МПа	69

3. Склад автомобільного потоку

Склад руху	Відомий
Коефіцієнт зростання інтенсивності, частки од.	1.040

Склад потоку заданий	В автомобілях
Зростання інтенсивності	Загальний для потоку
Інтенсивність руху на перший рік служби, авт/добу.	3401
Інтенсивність руху на розрахунковий рік служби, авт/добу.	5659
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на початковий рік служби, авт/добу.	732
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на кінець останнього року служби, авт/добу.	1219.01
Сумарне розрахункове число прикладень на смугу за весь термін служби, авт.	1815771
Необхідний модуль пружності, МПа	301.77

Таблиця 1. Склад і характеристики автомобілів в транспортному потоці

Марка автомобіля	Вантаж., т	%	Кількість, авт.	Коеф. вантаж.	Коеф. пробігу	Зростання інт.	Коеф. привед.
Легковий автомобіль	-	-	1898	1.0	1.0	1.040	0.000
Мікроавтобус	-	-	240	1.0	1.0	1.040	0.000
ЛАЗ 4207	15.0	-	377	1.0	1.0	1.040	0.403
NEOPLAN N 123 Skyliner	26.0	-	106	1.0	1.0	1.040	1.147
IVECO Daily 35 S 12 V	3.5	-	146	1.0	1.0	1.040	0.001
IVECO EuroCargo ML 80E18	8.6	-	264	1.0	1.0	1.040	0.065
SCANIA P94 4x2 220	20.5	-	132	1.0	1.0	1.040	3.559
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42.0	-	59	1.0	1.0	1.040	2.725
RENAULT Premium HR 385.18 + Kassbohrer SB 12-20	38.0	-	179	1.0	1.0	1.040	2.288

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на перший рік служби з урахуванням коефіцієнту, що враховує кількість смуг руху:

Ошибка! $0.55 * (1898*0.000 + 240*0.000 + 377*0.403 + 106*1.147 + 146*0.001 + 264*0.065 + 132*3.559 + 59*2.725 + 179*2.288) = 732.11$ авт/добу

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на останній рік служби:

$$N_t = N_{1p} * q_{Tсл}^{-1} = 732.11 * 1.040^{14-1} = 1219.01 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження:
Ошибка!Ошибка! 1815771 авт.

де коефіцієнт суми:

Ошибка!Ошибка! 18.29

Обчислюємо потрібний модуль пружності:

Ошибка! = Ошибка! = 301.77 МПа

4. Розрахункове навантаження

Навантаження визначається	по ДБН В.2.3-4
Розрахункове навантаження	Стандартна
Вид розрахункового навантаження	Динамічна
Тип колеса	Двобалоних
Нормативне статичне навантаження на вісь, $Q_{розр}$ /вісь кН	115.00
Тиск в шинах p , МПа	0.80
Діаметр штампа D , м	0.3450

Визначення параметрів розрахункового навантаження:

Розрахунок динамічного навантаження:

$$Q_{розр} = Q_i * K_{дин} = 57.50 * 1.3 = 74.75 \text{ кН}$$

Розрахунок діаметра штампу:

Ошибка! = Ошибка! = 0.3450 м

Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

1) Розрахунок виконується для шару Суглинок легкий, укріплений активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без ПАР М10

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.38; Ошибка! = 0.87; Ошибка! 0.659; Ошибка! = 0.659 * 180.00 = 118.61 МПа;

2) Розрахунок виконується для шару Крупноуламкові ґрунти і ПГС оптимального складу, укріплені активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без ПАР М10

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.40; Ошибка! = 0.61; Ошибка! 0.603; Ошибка! = 0.603 * 300.00 = 180.85 МПа;

3) Розрахунок виконується для шару Побічні продукти промисловості, укріплені комплексними в'язучими М25

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.34; Ошибка! = 0.43; Ошибка! 0.492; Ошибка! = 0.492 * 530.00 = 260.62 МПа;

4) Розрахунок виконується для шару Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.05; Ошибка! = 0.29; Ошибка! 0.098; Ошибка! = 0.098 * 5000.00 = 490.38 МПа;

5) Розрахунок виконується для шару Щебеномастиковий асфальтобетон ЦМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53

(Розрахунок виконаний за номограмою ГБН В.2.3-37641918-559)

Ошибка! = 0.18; Ошибка! = 0.14; Ошибка! 0.214; Ошибка! = 0.214 * 2700.00 = 578.94 МПа;

Ошибка! = Ошибка! = 1.9184

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{\text{тр;пр}} = 1.43$

$1.9184 > 1.43$ - умова виконана

Запас міцності = **Ошибка! = Ошибка! +34%**

Розрахунок конструкції дорожнього одягу на опір монолітних шарів втомного руйнування від розтягу при згині.

1) Розрахунок на згин виконується для шару Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А

Середньозважений модуль пружності шарів:

Ошибка! = Ошибка! = 4900.00 МПа

За відношеннями: **Ошибка! = Ошибка! = 18.801** u **Ошибка! = Ошибка! =**
0.43

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 1.861$ МПа

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * p * k_B = 1.861 * 0.80 * 0.85 = 1.265$ МПа

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{32} = R_p * k_m * k_T * k_{кп} = 10.153 * 1.00 * 0.90 * 0.316 = 2.886 \text{ МПа}$$

$$\text{де } R_p = R_{\text{лаб}} * (1 - t * V_m) = 12.00 * (1 - 1.71 * 0.09) = 10.153 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт, який враховує вплив повторних навантажень у нерозрахунковий період, $K_{кп}$:
Ошибка! = 0.316

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 2.2806$$

Необхідний коефіцієнт міцності $K^{\text{потр;мц}} = 1.35$
 $2.2806 > 1.35$ - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = +68\%$$

Розрахунок за умовою згину монолітних основ (напівжорстких).

1) Розрахунок на згин виконується для шару Суглинок легкий, укріплений активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без ПАР М10

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 1720.59 \text{ МПа}$$

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:
 $E_2 = 180.00 \text{ МПа}$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:
 $E_3 = 69.00 \text{ МПа}$

За відношеннями: **Ошибка!** = **Ошибка!** = 9.559, **Ошибка!** = **Ошибка!** = 2.609 и
Ошибка! = **Ошибка!** = 2.35

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 0.037 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * \rho * k_B = 0.037 * 0.80 * 1.0 = 0.030 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:
 $R_{32} = R_p = 0.060 \text{ МПа}$

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 2.0124$$

Необхідний коефіцієнт міцності $K^{\text{потр;мц}} = 1.35$
 $2.0124 > 1.35$ - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = +49\%$$

2) Розрахунок на згин виконується для шару Крупноуламкові ґрунти і ПГС оптимального складу, укріплені активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без ПАР М10

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$\text{Ошибка!} = \text{Ошибка!} = 2715.00 \text{ МПа}$$

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:
 $E_2 = 300.00 \text{ МПа}$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:
 $E_3 = 118.61 \text{ МПа}$

За відношеннями: **Ошибка! = Ошибка! = 9.050, Ошибка! = Ошибка! = 2.529 и**
Ошибка! = Ошибка! = 1.48

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 0.067$ МПа

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * p * k_B = 0.067 * 0.80 * 1.0 = 0.054 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{32} = R_p = 0.200 \text{ МПа}$$

Ошибка! = Ошибка! = 3.7099

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{\text{потр;мц}} = 1.35$

$3.7099 > 1.35$ - умова виконана

Запас міцності = **Ошибка! = Ошибка! = +174%**

3) Розрахунок на згин виконується для шару Побічні продукти промисловості, укріплені комплексними в'язучими М25

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

Ошибка! = Ошибка! = 4900.00 МПа

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:

$$E_2 = 530.00 \text{ МПа}$$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:

$$E_3 = 180.85 \text{ МПа}$$

За відношеннями: **Ошибка! = Ошибка! = 9.245, Ошибка! = Ошибка! = 2.931 и**
Ошибка! = Ошибка! = 0.87

За номограмі визначаємо: $\overline{\sigma}_r = 0.186$ МПа

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r * p * k_B = 0.186 * 0.80 * 1.0 = 0.149 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{32} = R_p = 0.360 \text{ МПа}$$

Ошибка! = Ошибка! = 2.4204

Необхідний коефіцієнт міцності $K_{\text{потр;мц}} = 1.35$

$2.4204 > 1.35$ - умова виконана

Запас міцності = **Ошибка! = Ошибка! = +79%**

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Розрахунок товщина шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езаг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Rзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gг, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %					
1	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	5.0	579	Пружний прогин	1.92	+34%	-	-	-	-	-
2	Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А	10.0	490	Розтяг	2.28	+68%	-	-	2.886	1.265	-
3	Побічні продукти промисловості, укріплені комплексними в'язучими М25	15.0	261	Розтяг	2.42	+79%	-	-	0.360	0.149	-
4	Крупноуламкові ґрунти і ПГС оптимального складу, укріплені активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без ПАР М10	21.0	181	Розтяг	3.71	+174%	-	-	0.200	0.054	-
5	Суглинок легкий, укріплений активною золою-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без ПАР М10	30.0	119	Розтяг	2.01	+49%	-	-	0.060	0.030	-

6	Заміряний модуль	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумарна товщина конструкції:		81.0	Підсумкова вартість конструкції:									

6. Інформація

* Розрахунок виконаний. Зауважень немає.

Розрахункові характеристики та результати розрахунку

Епотр=302		Езаг МПа	Запас міцності
5.0	Щебеневомастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	490	Кмц=1.92 +34%
10.0	Асфальтополімербетон щільний на бітумі БМПА 60/90-53 на основі термоеластопластів, Тип А	261	Кмц=2.28 +68%
15.0	Побічні продукти промисловості, укріплені комплексними в'язучими М25	181	Кмц=2.42 +79%
21.0	Крупноуламкові ґрунти і ПГС оптимального складу, укріплені активною золю-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з	119	Кмц=3.71 +174%
30.0	Суглинок легкий, укріплений активною золю-виносу або гранульованим шлаком, вапном, фосфатними в'язучими та інш. композ.в'язучими з них з добавками чи без	69	Кмц=2.01 +49%
	Замірний модуль	Е = 69	

Нр. = 81.0 см.

Е, С, R - МПа; F - град.