

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

**Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»**

**Кафедра «Транспортна інфраструктура»**

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи  
бакалавр  
(ступінь вищої освіти)

**на тему:** Капітальний ремонт вулиці загальноміського значення з обґрунтуванням параметрів поперечного профілю

**за освітньою програмою:** Автомобільні дороги і аеродроми  
**зі спеціальності:** 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)

**Виконав:**

студент групи: ДА22120

Кирило ПЕРЕВ'ЯЗКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

**Керівник:**

б/с, б/з Родіон ІВАНОВ

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Нормоконтролер:**

Ст. викладач Олег ЛУЖИЦЬКИЙ

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Дніпро – 2025 рік

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

---

Construction, Architecture and Infrastructure

---

(faculty)

Transport Infrastructure

---

(department)

Explanatory note  
to qualification work  
bachelor's degree  

---

(higher education degree)

Capital repair of a street of city-wide importance with substantiation of cross-sectional profile parameters

---

according to educational curriculum: Highways

in the Speciality: 192 Construction and Civil Engineering

Done by the student of the group: DA22120 / Kyrylo Pereviazko /  

---

(name, surname)

Scientific Supervisor: / Assistant Rodion Ivanov /  
(position, name, surname)

Normative controller: / Art. teacher Oleg Luzhytskyi /  
(position, name, surname)

Supervisors: Art. teacher Oleg Luzhytskyi  
(position, name, surname)

Dnipro – 2025

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

**Факультет:** Будівництво, архітектура та інфраструктура  
**Кафедра:** Транспортна інфраструктура  
**Рівень освіти:** перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
**Освітня програма:** Автомобільні дороги  
**Спеціальність:** Будівництво та цивільна інженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Олексій ТЮТКІН  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу \_\_\_\_\_ бакалавр  
(ступінь вищої освіти)

студенту *Перевязку Кирилу Валерійовичу*

**1. Тема роботи:** Капітальний ремонт вулиці загальноміського значення з обґрунтуванням параметрів поперечного профілю

**Керівник роботи:** Іванов Родіон Вікторович, без звання, без ступеню

Затверджена наказом № 328 ст від 03.03.2025

**2. Строк подання** студентом роботи – 13 червня 2024 р.

**3. Вихідні дані до роботи:**

Район проектування – м. Миколаїв	Існуюча категорія дороги – вулиця загальноміського значення
Довжина ділянки проектування – 0,8 км	Дорожній одяг – встановлюється згідно ДБН В 2.3-4 та інших нормативних документів
Розрахункова швидкість – згідно ДБН В 2.3-4	Кількість транспортних одиниць: 742 авт/добу

**4. Зміст пояснювальної записки:**

**1 Аналітична частина**

1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи.

1.2 Вимоги й норми проектування

**2 Основна частина**

2.1 Характеристика проектного об'єкту для капітального ремонту житлової вулиці в місті Миколаїв

2.2 Проектні рішення для капітального ремонту ділянки автомобільної дороги

2.3 Поздовжній та поперечні профілі

2.4 Дорожній одяг

2.5 Пересічення та примикання

**3 Економічна частина**

3.1 Порівняння типів поперечних профілів			
3.2 Встановлення технічних показників			
3.3 Висновок до порівняння типів поперечного профілю			
3.4 Методика визначення вартості варіантів дорожнього одягу			
3.5 Визначення вартості матеріалів, що застосовуються в будівництві дорожнього одягу			
<b>4 Охорона праці та безпека руху в надзвичайних ситуаціях</b>			
<b>4. Перелік графічного матеріалу: Схема й характеристики ділянки проектування.</b>			
<b>5. Консультанти розділів роботи:</b>			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав:	Завдання прийняв:
		(підпис, дата)	(підпис, дата)
1	Іванов Р.В., б/с, б/з		
2	Лужицький О.Ф., ст. викл		
3	Лужицький О.Ф., ст. викл		
4	Іванов Р.В., б/с, б/з		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відсотки
1	Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи.	20.03.2023	15
2	Вимоги й норми проектування	17.04.2023	15
3	Загальна характеристика району проектування	02.05.2023	20
4	Основні проектні рішення. Дорожній одяг.	15.05.2023	20
5	Розробка та порівняння варіантів поперечних профілів та дорожніх одягів	05.06.2023	20
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	13.06.2023	10
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	<b>25.06.2023</b>	

**Студент**

\_\_\_\_\_ Кирило ПЕРЕВЯЗКО

(підпис)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ Родіон ІВАНОВ

(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:  
(рівень освіти)

55 с., 12 рис., 7 табл., 14 джерел.

Об'єкт дослідження – капітальний ремонт вул. Шептицького у м. Миколаєві.

Метою роботи є визначення найбільш економічно доцільного варіанту дорожнього одягу при реконструкції вулиці.

Одержані результати. Проведений аналіз наукової та нормативної літератури показує достатньо високий рівень досліджень капітального ремонту вулиці. Виконано капітальний ремонт вулиці Шептицького у м. Миколаєві. Розроблені план, поперечні профілі, варіанти конструкцій дорожнього одягу. Також виконано розрахунок вартості варіантів дорожнього одягу, що можливо застосувати на ділянці капітального ремонту вулиці та встановлено економічно доцільний варіант та виконано порівняння запроєктованих поперечних профілів вулиці.

Ключові слова: ДОРОЖНІЙ ОДЯГ, АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ, ВУЛИЦЯ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	9
1.1 Аналіз наукових досліджень за темою. Мета дослідження.....	9
1.2 Вимоги і стандарти проектування.....	14
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА .....	25
2.1 Характеристика проєктованого об'єкту для капітального ремонту житлової вулиці в місті Миколаїв .....	25
2.2 Проектні рішення для капітального ремонту ділянки автомобільної дороги.....	28
2.3 Поздовжній та поперечні профілі .....	29
2.4 Дорожній одяг.....	30
2.5 Пересічення та примикання.....	31
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	32
3.1 Порівняння типів поперечних профілів .....	32
3.2 Встановлення технічних показників .....	33
3.3 Висновок до порівняння типів поперечного профілю.....	34
3.4 Методика визначення вартості варіантів дорожнього одягу .....	34
3.5 Визначення вартості матеріалів, що застосовуються в будівництві дорожнього одягу.....	35
4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	39
4.1 Загальні заходи охорони праці.....	39
4.2 Вимоги безпеки до підготовчих робіт .....	40
4.3 Вимоги безпеки під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг .....	43
4.3.1 Вимоги безпеки під час виконання будівельних робіт.....	43
4.3.2 Вимоги безпеки при виконанні робіт з влаштування дорожнього одягу .....	45
4.3.3 Вимоги безпеки при нанесенні дорожньої розмітки .....	48
4.3.4 Вимоги безпеки під час проведення реконструкції та ремонтних робіт .....	49
4.3.5 Вимоги безпеки при поводженні з токсичними (отруйними) речовинами .....	51
4.4 Заходи щодо забезпечення безпеки будівельних процесів .....	53
ВИСНОВОК ТА ОСНОВНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	58
ДОДАТКИ.....	60

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ДБН – Державні будівельні норми;

УДУНТ – Український державний університет науки і технологій;

ДСТУ – Державний стандарт України;

АБ.Др.Щ.А.НП.І – асфальтобетон дрібнозернистий, щебеновий типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І;

АБ.Кр.Щ.А.НП.І – асфальтобетон крупнозернистий, щебеновий типу А, непереривчастої гранулометрії, марки І;

ЕКЩ – емульсія катіонна швидкорозпадна;

БНД – бітум нафтовий дорожній;

В – клас цементобетону за міцністю на стиск;

В<sub>тб</sub> – клас цементобетону за міцністю на розтяг при згині;

F – марка цементобетону за морозостійкістю;

W – марка цементобетону за водонепроникністю;

h – товщина шару;

АБ – асфальтобетон;

БМП – бітуми нафтові дорожні в'язкі, модифіковані полімерами;

ЩМА – щебенево-мастиковий асфальтобетон;

ЩПС – щебенево-піщана суміш.

## ВСТУП

Розвиток дорожньої інфраструктури в багатьох країнах є найважливішим чинником економічного розвитку та рушійною силою покращення умов життя людей. Важливою частиною соціальної та виробничої інфраструктури дорожнього господарства є транспорт. Разом з іншими складовими транспортний комплекс є запорукою ефективного розвитку економіки та мірилом якості життя людей. Основою розвитку транспортної інфраструктури є забезпечення безпеки та надійності транспортних шляхів, збільшення обсягів пасажирських і вантажних перевезень, захист навколишнього середовища. Для вирішення поставлених завдань необхідна розвинена мережа автомобільних доріг для забезпечення взаємодії різних видів транспорту. Поряд із позитивним зростанням рівня автомобілізації одним із важливих напрямків досліджень є розвиток дорожньо-транспортної інфраструктури.

В умовах нормальної роботи сформованої дорожньої мережі збільшення кількості автомобілів супроводжується збільшенням інтенсивності руху, підвищенням рівня навантаження на магістральні дороги та зниженням середньої швидкості руху. Особливу увагу слід звернути на транспортний потік на дорогах верхнього рівня. Концентрація транспорту на головних дорогах, особливо тих, що у великих містах, ускладнює правильний перерозподіл. Це призводить до зменшення швидкості руху та збільшення часу в дорозі. У зв'язку з цим рух сповільнюється по маршруту. Для покращення умов дорожнього руху необхідно підтримувати дорожні характеристики, що відповідають сучасним вимогам.

В роботі визначено ймовірні варіанти дорожнього одягу та виконано порівняння поперечних профілів вулиці.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз наукових досліджень за темою. Мета дослідження

Процес проектування реконструкції вулиць у межах населених пунктів включає комплекс заходів, спрямованих на перепланування вуличного простору, удосконалення організації руху транспортних засобів і пішоходів, а також підвищення несучої здатності конструктивних шарів дорожнього одягу.

Головна мета даної роботи полягає у визначенні ключових проектних рішень з реконструкції вулиці, а також у розробці та порівняльному аналізі альтернативних конструкцій дорожнього одягу.

У сфері реконструкції автомобільних доріг накопичено значний обсяг досліджень, присвячених різним аспектам проектування. Зокрема, у праці [2] проаналізовано основні проблеми, пов'язані з організацією транспортного і пішохідного потоків у сучасних урбанізованих умовах. Також представлено міжнародний досвід проектування та оновлення вулично-дорожніх мереж міських територій. Автори ідентифікували чинники, які формують сучасні тенденції проектування та реконструкції вулично-дорожньої інфраструктури в Україні. Особливу увагу приділено аналізу змін у пріоритетах розвитку вуличного руху, які суттєво впливають на його структуру і функціонування. Сформульовано стратегічні цілі, спрямовані на адаптацію проектних рішень у сфері міського будівництва та реконструкції до нових вимог транспортного планування.

У статті [3] розглядаються провідні напрями повоєнного відновлення урбанізованих територій, із акцентом на стратегічні підходи та інноваційні методи сучасного міського планування. Особлива увага приділяється реорганізації транспортної інфраструктури, впровадженню концепції «15-хвилинного міста» та застосуванню новітніх принципів проектування вулиць, які формують основу сталого розвитку міського середовища.

З огляду на актуальні виклики, спричинені військовими діями на території України, напрацювання, подані в цій роботі, мають суттєве практичне значення

для фахівців у галузі архітектури, містобудування, а також для представників органів державної влади й громадських ініціатив. Автори підкреслюють, що ефективно післявоєнне відновлення вимагає переосмислення класичних підходів до просторового розвитку міст із урахуванням принципів стійкості, безпеки та мобільності. Залучення громадськості та інтеграція інновацій у процеси прийняття рішень розглядаються як ключові чинники формування збалансованої міської політики.

Серед визначальних аспектів функціонування сучасного міста автори виділяють управління транспортними потоками, яке в умовах цифровізації може істотно підвищити ефективність переміщень та зменшити навантаження на інфраструктуру. Концепція «15-хвилинного міста» — як модель просторової організації — забезпечує доступність базових послуг і об'єктів інфраструктури в межах короткого радіусу, що сприяє розвитку компактних, зручних для життя міських структур.

Крім того, стаття акцентує на необхідності трансформації вуличного простору з орієнтацією на потреби пішоходів і велосипедистів. Впровадження озеленення, створення комфортного середовища для відпочинку та розвитку мікромобільності розглядаються як важливі складові гуманного та екологічно збалансованого міського дизайну. Робота пропонує цілісне бачення оновленого міста — безпечного, функціонального та стійкого до викликів часу, що ґрунтується на поєднанні інноваційного мислення з довгостроковими стратегічними рішеннями.

У роботі [4] автори акцентують увагу на визначальній ролі транспортної інфраструктури в структурному та функціональному формуванні міського середовища. Просторова організація міста розглядається через призму взаємодії трьох основних типів територій — урбанізованих, приміських і сільських, кожна з яких має відмінні характеристики інтенсивності транспортного руху. Міські райони характеризуються високою щільністю трафіку, приміські — середньою або низькою, тоді як сільські — переважно низькою. Приміські території при

цьому є особливо вразливими, оскільки мають нечітко визначені межі та перебувають під постійним тиском з боку розширення міської забудови.

Автори підкреслюють, що стрімка урбанізація спричиняє розширення міст у приміські зони, що, своєю чергою, вимагає переосмислення підходів до їхнього планування. Традиційне сприйняття цих районів як другорядних транспортних коридорів (автомагістралей чи об'їзних доріг) уже не відповідає їхній реальній функціональній ролі. Приміські зони дедалі більше перетворюються на повноцінні житлові середовища з високою щільністю населення, що генерує потребу в безпечному, зручному та доступному транспортному сполученні з міським ядром.

У зв'язку з цим автори наголошують на необхідності впровадження інтегрованого та інклюзивного підходу до планування міських і приміських вуличних мереж. Вони підкреслюють, що ефективне функціонування транспортної системи можливе лише за умови цілісного бачення просторового розвитку, коли приміські території не проектується ізольовано, а розглядаються як невід'ємна частина єдиної міської структури. Одним із ключових інструментів такого підходу виступає концепція «Complete Streets» (повноцінних вулиць), яка передбачає багатовимірне планування — від проектних рішень до політик і стандартів, що регулюють реалізацію інфраструктурних проектів.

Запровадження принципів «повних вулиць» дозволяє створювати інфраструктуру, адаптовану до потреб усіх учасників руху — пішоходів, велосипедистів, користувачів громадського транспорту та приватного автотранспорту. Це, у свою чергу, підвищує мобільність населення, формує безпечні й комфортні умови пересування, а також сприяє зниженню транспортної ізоляції приміських районів.

Автори підсумовують, що для забезпечення сталого розвитку міських агломерацій критично важливо усунути розрив між політиками щодо міських і приміських територій. Оскільки саме приміські райони обслуговують значну

частку населення, вони мають бути включені до комплексного транспортного планування як рівноправні учасники загальної міської інфраструктури.

У статті [5] досліджується роль вуличних меблів як одного з ключових інструментів формування якісного міського середовища в Тунісі. Автори наголошують, що сучасне міське проектування все частіше стикається з необхідністю інтегрувати функціональні та естетичні елементи вуличного простору, які не лише доповнюють архітектурне середовище, а й сприяють покращенню умов повсякденного життя мешканців. У цьому контексті вуличні меблі розглядаються не як допоміжні об'єкти, а як важлива складова публічного простору, що має безпосередній вплив на його привабливість, доступність і соціальну активність.

Метою дослідження є глибоке вивчення потреб користувачів щодо елементів вуличного благоустрою та виявлення критеріїв, які необхідно враховувати в процесі їхнього проектування. Автори підкреслюють, що грамотно спроектовані вуличні меблі можуть слугувати не лише об'єктами для відпочинку, а й засобами впорядкування простору, орієнтації в міському середовищі та формування позитивного досвіду перебування в ньому.

Відсутність належної інфраструктури для пішоходів, включно з вуличними меблями, істотно знижує якість міського простору, зменшує його функціональну гнучкість і перешкоджає сталому розвитку. Натомість їх наявність створює передумови для зручного, безпечного та інклюзивного середовища, яке стимулює пішохідну активність та взаємодію між людьми.

Для емпіричного дослідження автори обрали історичний район Сіді-Бу-Саїд, який вирізняється високою культурною цінністю й особливою архітектурною ідентичністю. З початку ХХ століття ця місцевість стала магнітом для творчої інтелігенції — митців, архітекторів і діячів культури. У цьому контексті вона виступає репрезентативним прикладом простору, де поєднання історичної спадщини з сучасними підходами до дизайну вулиць є особливо складним, але надзвичайно важливим завданням.

Таким чином, дослідження демонструє, що вуличні меблі є не лише естетичним або інженерним елементом, а й засобом підвищення якості життя в місті. Їхня продумана інтеграція в міський ландшафт сприяє створенню гармонійного, функціонального й комфортного середовища, здатного відповідати потребам сучасного суспільства.

У роботі [6] досліджується проблема несвідповідності багатьох громадських просторів, зокрема вулиць, реальним потребам їх користувачів. Автори аналізують докази, зібрані від науковців, транспортних операторів, фахівців та громадських організацій, що займаються питаннями проектування, управління та обслуговування міських просторів. Результати дослідження свідчать про відсутність скоординованого та цілісного підходу до управління вулицями, що значною мірою ускладнює реалізацію ефективних рішень.

Для подолання цієї проблеми автори пропонують застосування Моделі вуличної досконалості (SEM) — управлінського інструменту, який дозволяє органам влади критично оцінити існуючі політики, процеси та механізми надання послуг, що впливають на стан і функціонування громадських просторів. Центральним елементом SEM є Стратегія громадського простору, розробка якої передбачає міжвідомчу координацію політик, бюджетів та професійних компетенцій з орієнтацією на реальні потреби користувачів.

Особливу увагу приділено залученню громадськості до процесів планування і управління, що сприяє підвищенню прозорості, підзвітності та покращенню громадського сприйняття. В результаті такого інтерактивного підходу формується Партнерство якості вулиць — домовленість між користувачами міського простору та органами управління, що регламентує стандарти проектування, експлуатації та трансформації громадських просторів.

Автори визнають необхідність подальших досліджень для повноцінного впровадження SEM і звертаються до професійної, академічної та державної спільнот з рекомендаціями щодо його застосування в майбутньому розвитку міських просторів.

У дослідженні [7] автори прагнуть об'єднати знання з параметричних методологій для розробки вдосконаленого міського середовища. Місто Ізмір в Туреччині було обране як приклад, що відображає актуальні міські та кліматичні виклики. Головною метою роботи є переосмислення концепції міського дизайну, зокрема того, як форма і конфігурація міських вулиць можуть вплинути на покращення якості навколишнього середовища та визначити оптимальні рішення для Ізміру.

Дослідження розглядає потенціал параметричних підходів як інструменту для впровадження нових ідей і методів проектного мислення у сфері міського планування. Воно демонструє ефективність гнучкого робочого процесу, заснованого на параметричному моделюванні, який дозволяє інтегрувати перформативні критерії — зокрема екологічну ефективність — безпосередньо в процес проектування.

Застосована методологія здатна генерувати варіанти дизайну на основі вихідних параметрів, заданих проектувальником, що відкриває нові перспективи для вирішення сучасних урбаністичних викликів. Результати дослідження містять конкретні рекомендації та сценарії, які можуть бути використані при подальшому розвитку міських вулиць Ізміру з урахуванням принципів сталого розвитку та параметричного проектування.

## **1.2 Вимоги і стандарти проектування**

Проектування інженерних конструкцій та дорожнього одягу при зведенні нових дорожніх мереж регламентується нормативними документами, такими як ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги» [8–10] та ГБН В.2.3-37641918-559:2019 «Дорожній одяг нежорсткий» [11].

### *Конструювання нежорсткого дорожнього одягу*

Процес проектування дорожнього одягу включає комплексне планування та розрахунок конструкції дорожнього покриття, що забезпечує його функціональність і довговічність. При проектуванні нежорсткого дорожнього одягу визначається наступне [11]:

- види дорожніх покриттів та матеріалів, що застосовуються;
- кількість структурних шарів, їхній склад, розташування в конструкції та задалегідь визначена товщина;
- влаштування додаткових морозозахисних шарів з урахуванням дорожньо-кліматичної зони, типу ґрунту та режиму зволоження робочого шару дорожнього полотна;
- проектування дорожнього покриття з урахуванням необхідності заходів для осушення конструкції;
- заходи щодо підвищення тріщиностійкості дорожньої конструкції;
- поліпшення характеристик верхнього шару першого робочого горизонту;
- використання альтернативних варіантів влаштування та експлуатації дорожнього захисного одягу відповідно до місцевих умов.

Варіанти конструкцій дорожнього одягу можуть бути типовими або розроблятися індивідуально для конкретних ділянок дороги, які мають схожі показники інтенсивності та складу руху, а також експлуатуються в подібних природно-кліматичних умовах.

Перевагу слід надавати перевіреним і апробованим конструкціям дорожнього одягу.

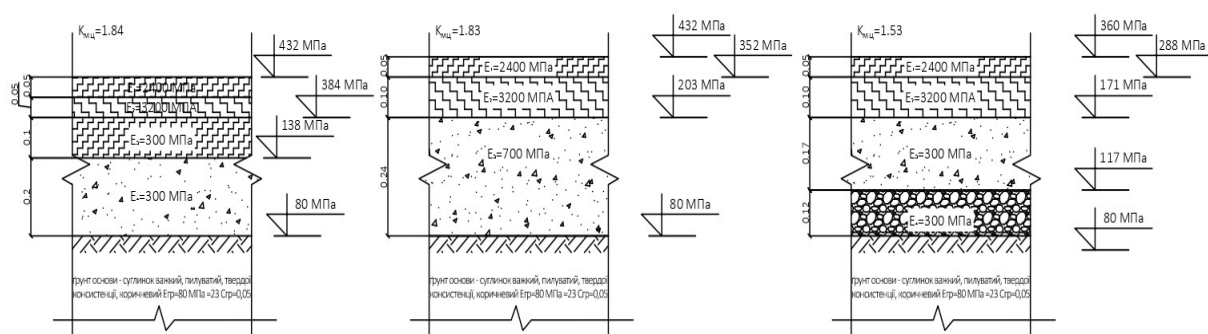


Рисунок 1.1 – Приклади дорожнього одягу.

Загальна товщина дорожнього покриття та товщина кожного його конструктивного шару визначаються на основі вимог міцності, морозостійкості та ефективності дренажу. У разі, якщо товщина дорожнього одягу, розрахована

за показниками міцності, є меншою за необхідну для забезпечення морозостійкості, передбачаються додаткові протизамерзальні або теплоізоляційні шари. При цьому проектування земляного полотна проводиться одночасно з розробкою морозозахисних та дренажних елементів конструкції.

#### *Дренувальні шари*

Дренажні шари слід проектувати на ділянках, де робочий шар земляного полотна виконаний із середньоздимальних або сильноздимальних ґрунтів [11].

Для розрахункового дренажного шару необхідно застосовувати матеріали з коефіцієнтом фільтрації не менше 1 м/добу, а для проектних шарів дренажу – матеріали з коефіцієнтом фільтрації не менше 2 м/добу.

Дренажний шар необхідно влаштовувати у таких випадках:

- у I та IV дорожньо-кліматичних зонах для всіх типів місцевості за рівнем зволоження;
  - у II дорожньо-кліматичній зоні — для місцевості 2-го та 3-го типів за зволоженням;
  - у III дорожньо-кліматичній зоні — для місцевості 3-го типу за зволоженням.
- Типи місцевості за зволоженням визначаються так:
- I тип — сухі території без надмірного зволоження;
  - II тип — вологі території з періодичним надмірним зволоженням упродовж року;
  - III тип — вологі території з постійним надмірним зволоженням.

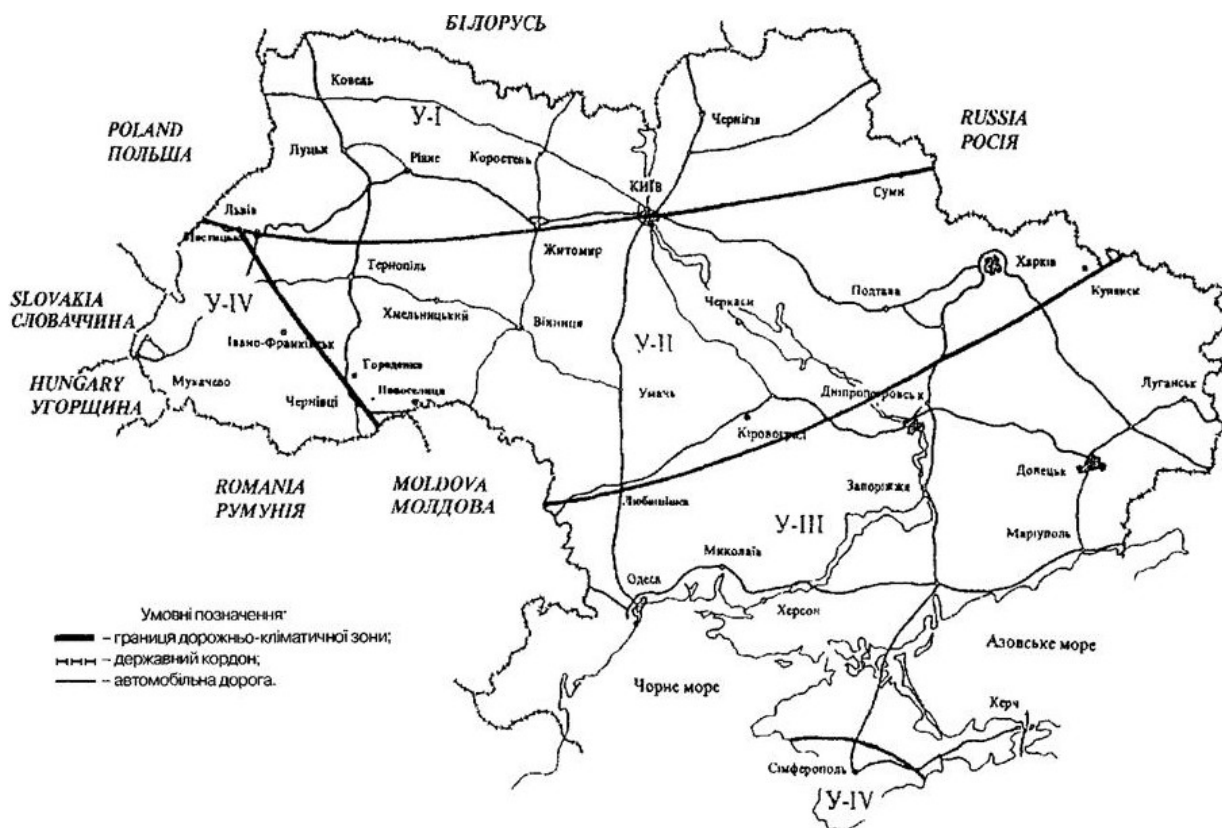


Рисунок 1.2 – Карта кліматичного районування України [8]

Таблиця 1.1 – Дорожньо-кліматичне районування України [8]

Дорожньо кліматична зона		Географічна межа зони
Познака	Назва	
I	Північна	На північ від лінії Мостицька-Львів-Житомир-Київ-Суми
II	Центральна	На південь від межі північної зони до лінії Любашівка-Кіровоград-Куп'янськ
III	Південна	На південь від межі центральної зони за винятком гірської частини Карпат (від лінії Мостицька –Комарне-р.Дністер на південний схід до лінії Городенка-Новоселиця)
IV	Гірська	Гірський Крим, Карпати, Закарпатська область
<p><b>Примітка.</b> Регіони Карпат і гірського Криму поділяються на три підзони за висотою прокладання дороги:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–рівнинна (до 200 м над рівнем моря);</li> <li>–передгірська(від 200 м до 400 м над рівнем моря);</li> <li>–гірська(понад 400 м над рівнем моря).</li> </ul>		

Під час будівництва нових автомобільних доріг або реконструкції, за можливості, капілярперервні прошарки рекомендується влаштовувати товщиною від 0,10 до 0,15 м по всій ширині земляного полотна. При реконструкції та капітальному ремонті ці прошарки розміщуються під існуючою конструкцією дорожнього одягу. Шари дорожнього одягу слід виконувати на земляному полотні, прийнятому згідно з чинними нормативами.

Покриття та основу дорожнього одягу з в'язучими матеріалами необхідно укладати на сухий, очищений та стабільний нижній шар. У випадку застосування органічних в'язучих матеріалів додатковою умовою є наявність немерзлого шару.

Перед початком укладання кожного шару основи та покриття необхідно провести розбивочні роботи з точним закріпленням положення крайок та

висотних позначок. Виконання та контроль розбивочних робіт має здійснюватися із застосуванням геодезичного обладнання [8].

Влаштування шарів дорожнього покриття в зимовий період дозволяється лише на земляному полотні, яке було повністю побудоване та прийняте в теплий сезон (при позитивних температурах) [8].

#### *Щебеневі, гравійні, шлакові основи й покриття*

Щебеневі, гравійні та шлакові основи і покриття можуть бути одношаровими або багатошаровими залежно від необхідної товщини, типу матеріалу та наявних засобів ущільнення.

Максимальна товщина щебеневого (гравійного) шару залежить від маси котка і не повинна перевищувати 18 см при використанні котків з металевими вальцями, або 25 см у щільному стані, якщо застосовуються котки на пневматичних шинах. Мінімальна товщина шару після ущільнення повинна бути не меншою за  $1,5D$ , де  $D$  — максимальний розмір найбільшої фракції щебеню [8, 11].

Щебеневі, гравійні, шлакові та ґрунтово-щебеневі шари слід влаштовувати лише при позитивних температурах повітря. Якщо роботи потрібно виконувати при мінусових температурах, слід дотримуватись таких рекомендацій:

– при температурах від  $0^{\circ}\text{C}$  до мінус  $5^{\circ}\text{C}$  тривалість робіт з розподілу, профілювання та ущільнення матеріалу з вологістю не більше 3% не повинна перевищувати 4 години, а при температурі нижче мінус  $5^{\circ}\text{C}$  — не більше 2 годин. Якщо вологість матеріалу перевищує 3%, його необхідно обробляти розчинами хлористих солей натрію або кальцію в концентрації від 0,3% до 0,5% за масою.

– ущільнення кам'яних матеріалів при мінусових температурах проводиться без додаткового зволоження.

– під час відлиг або перед початком весняного відтавання, шари дорожнього покриття повинні очищатися від снігу та льоду, а також повинна бути забезпечена ефективна відведення води.

При влаштуванні щебеневого шару методом заклинки перед розподілом розклинювального матеріалу, необхідно обробити шар щебеню першої групи органічним в'язучим матеріалом у кількості від 2 до 3 л/м<sup>2</sup> (з розрахунку на чистий бітум).

Кількість розклинювального матеріалу має визначатися в залежності від розміру та міцності щебеню основної фракції, а також від типу конструктивного шару. Для основи, що будується з щебеню фракції 40–70 мм, дозволяється одноразове розклинювання за допомогою суміші щебених і щебенево-піщаних фракцій розміром від 5 мм до 20 мм, від 0 мм до 20 мм або від 0 мм до 10 мм. При використанні щебеню фракцією від 70 мм до 120 (150) мм повинні застосовуватися фракції розміром від 5 мм до 40 мм.

Після завершення ущільнення шару шлакового щебеню з активних і високоактивних шлаків, коли верхній шар дорожнього покриття не укладається негайно, необхідно підтримувати шлаковий щебін у вологому стані протягом 10–12 днів. Добова кількість води для поливу повинна становити від 2,0 до 2,5 л/м<sup>2</sup>.

Рух транспортних засобів по конструктивному шару дозволяється тільки після його повного ущільнення [8, 11].

Таблиця 1.2 – Витрати розклинювального матеріалу [11]

Тип шару	Розмір основної фракції щебеню, мм	Міцність щебеню на стиск, МПа	Витрата розклинювальної фракції, м <sup>3</sup> на 1000 м <sup>2</sup> при її розмірі, мм			
			20-40	10-20	5-10	0-5
Основа	40-80 (70)	800 та більше	-	25/15	15/10	-
Основа	40-80 (70)	600 та менше	-	15	10	-
Основа	80 (70)-120 (150)	600 та менше	10 (20)	-	10	10

Основа	80 (70)- 120 (150)	400 та менше	10 (20)	-	-	-
Покриття	20-80 (70)	800 та більше	-	20/15	15/10	15/10
Покриття	20-80 (70)	600	-	15	10	10

Шари дорожнього одягу з СВМД необхідно влаштовувати за температури повітря не вище ніж плюс 30° С і не нижче ніж плюс 10° С [8, 11].

### Асфальтобетонні основи і покриття

Склад асфальтобетонних сумішей та характеристики отриманих асфальтобетонів повинні відповідати вимогам національних стандартів, а також вимогам щодо асфальтобетонів на модифікованих полімерами бітумах. Склад і властивості литих асфальтобетонів регулюються галузевими стандартами. Температура вихідних матеріалів, а також температура асфальтобетонних сумішей на виході зі змішувальної установки і на початковому етапі ущільнення повинні відповідати вказівкам, наведеним у таблиці 2.3, а також вимогам національних стандартів і галузевих нормативних документів.

Таблиця 1.3 – Температура в'язучого, мінерального матеріалу та асфальтобетонної суміші при подачі і виході із змішувальної установки. [11]

Ч.ч. Марка в'язучого		Температура, °С		
		бітумного в'язучого, що подається у змішувач	мінеральних матеріалів на виході із сушильного барабана	суміші асфальтобетонної на виході із змішувача
Гарячі литі асфальтобетонні суміші				
1	БНД 40/60	190-200	210-230	200-215
2	БМП 40/60- 56	200-210	210-230	200-230
Емульсійні асфальтобетонні суміші				
3	ЕБК-П	10-50	не нижче 10° С	
4	ЕБА-П			

Холодні асфальтобетонні суміші можуть бути укладені в конструктивні шари дорожнього покриття як відразу після виготовлення, так і після певного періоду зберігання. Для цього суміші повинні зберігатися на спеціальних майданчиках або складах з організованим водовідведенням, а в зимовий період вони обов'язково мають бути накріті. Термін зберігання холодних асфальтобетонних сумішей залежить від типу бітуму, що використовувався:

– Для бітумів СГ 70/130, БСГР 70/130 максимальний термін зберігання не повинен перевищувати 4 місяці.

– Для бітумів МГ 130/200, МГО 70/130, БПГР 70/130, БПГЗ 70/130 – до 8 місяців.

– Для бітумів БСГР 130/200, СГ 130/200, МГ 130/200, МГО 130/200, БПГР 130/200, БПГЗ 130/200 – не більше 2 тижнів.

– Всі етапи приготування, транспортування та зберігання асфальтобетонних сумішей (включаючи модифіковані полімерами, литі, емульсійні та інші види) повинні проводитися згідно з вимогами відповідних нормативних документів. Укладання асфальтобетонних сумішей, як холодних, так і гарячих, повинно здійснюватися в суху погоду. Роботи з укладання таких сумішей повинні проводитися навесні або влітку при температурі повітря не нижче  $+5^{\circ}\text{C}$ , а восени – не менше  $+10^{\circ}\text{C}$ . У разі необхідності, укладання гарячих сумішей дозволяється за температур, що нижчі від зазначених, при виконанні всіх необхідних умов і вимог [8, 11]:

– товщина шару асфальтобетону повинна бути не менше ніж 8 см;

– необхідно використовувати асфальтобетонні суміші на основі бітумів, модифікованих адгезійними добавками;

– нижній шар покриття треба влаштовувати з щільних асфальтобетонних сумішей;

– верхній шар покриття дорожнього одягу дозволяється влаштовувати по свіжоукладеному нижньому шарі після вистигання його до температури не нижче ніж  $20^{\circ}\text{C}$ ;

– верхній шар покриття дорожнього одягу допускається влаштовувати після прогрівання нижнього шару гарячим піском, висівками або розігрівачами інфрачервоного випромінювання.

Укладання холодних асфальтобетонних сумішей слід завершити орієнтовно за два тижні до початку осінніх дощів в даній місцевості.

На ділянках з поздовжнім ухилом, що перевищує 40%, укладання суміші повинно здійснюватися знизу вгору.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика проектного об'єкту для капітального ремонту житлової вулиці в місті Миколаїв

Проїзна частина дороги розташована на пересіченій місцевості. Запроектована дорожня мережа охоплює ділянку від проспекту Героїв України до вулиці Архітектора Старова в місті Миколаїв. На відрізку від ПК 0+00 до ПК 3+00 вулиця проходить по існуючій дорозі вул. Променева. Земляне полотно цієї ділянки відповідає вимогам ДБН В.2.3-5:2018 щодо вулиць і доріг населених пунктів. Проте на існуючій ділянці автодороги радіуси кривих у плані є занадто малими і не відповідають нормативним вимогам — мінімальний радіус повинен складати не менше 125 м.

Дорожній одяг на проектованій ділянці має значні пошкодження, в деяких місцях покриття відсутнє або сильно зруйноване. На окремих ділянках можна виявити залишки дрібнозернистого асфальтобетону, що свідчить про попереднє використання дорожнього покриття в такій конструкції, як:

- асфальтобетон товщиною не менше 8 см;
  - тверді насипні супіски з вмістом щебеню до 5%, будівельне сміття з прошарками суглинків та чорнозему, з ущільненням не менше 0,5 м;
  - подушка з гравію та щебеню, а також заповнювач із супісків завтовшки 0,5 м;
  - залізобетонні плити, укладені вздовж дороги.
- На існуючій ділянці спостерігаються наступні дефекти та пошкодження дорожнього покриття:
- колійність асфальтобетонного покриття;
  - руйнування країв асфальтобетонного покриття;
  - накатані смуги з проломами;
  - значні нерівності асфальтобетонного покриття з поперечними тріщинами;
  - вибоїни на покритті та узбіччях у незапланованих місцях;

– на багатьох ділянках відсутність дорожнього покриття, що призводить до ускладнення руху транспорту та утворення заторів.



Рисунок 2.1 – Колійність з вибоїнами в асфальтобетонному покритті та несплановані узбіччя



Рисунок 2.2 – Присутні укладені залізобетонні плити вздовж дороги, яка має поперечні тріщини

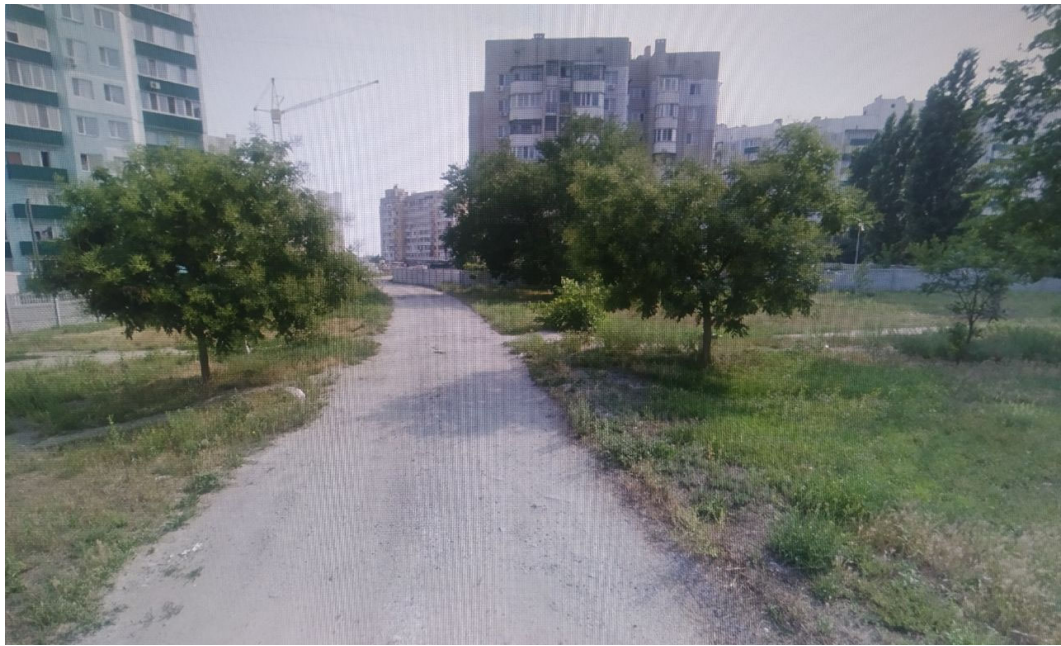


Рисунок 2.3 – Ділянка без дорожнього покриття



Рисунок 2.4 – Ділянка без дорожнього покриття, яка в зимову пору року найбільше ускладнює рух транспорту.



Рисунок 2.5 – Присутня велика кількість вибоїн та зруйнована кромка дорожнього покриття

## **2.2 Проектні рішення для капітального ремонту ділянки автомобільної дороги**

У рамках розробленого проекту передбачено виконання капітального ремонту ділянки автомобільної дороги, що проходить від проспекту Героїв України до вулиці Архітектора Старова в місті Миколаїв. На ділянці від ПК 0+00 до ПК 3+00 вулиця проходить по існуючій дорозі вул. Променева, де буде здійснено демонтаж асфальтобетонного покриття, бортових каменів та інших елементів дорожніх конструкцій, що знаходяться в межах ділянки будівництва. На ділянці від ПК 3+00 до ПК 15+57,96 буде виконано зрізку непридатного шару ґрунту.

Для запобігання викришуванню країв проїзної частини при виїзді транспорту з прилеглих доріг на проектовану ділянку, передбачено влаштування твердого покриття вздовж крайки проїзної частини на відстань, визначену для кожного конкретного примикання.

Також передбачається коригування геометричних параметрів ділянки автодороги відповідно до вимог ДБН В.2.3-5:2018. У проекті зазначено, що мінімальні радіуси кривих у плані мають бути збільшені до 125 м. Згідно з цим нормативом, розрахункова швидкість руху на даній ділянці повинна становити 60 км/год, а мінімальна ширина смуги руху — 2,75 м. Проїзна частина передбачена для двостороннього руху, ширина дороги — 6 м.

На ділянці автомобільної дороги від ПК 4+00 до ПК 13 планується монтаж бар'єрних огорожень.

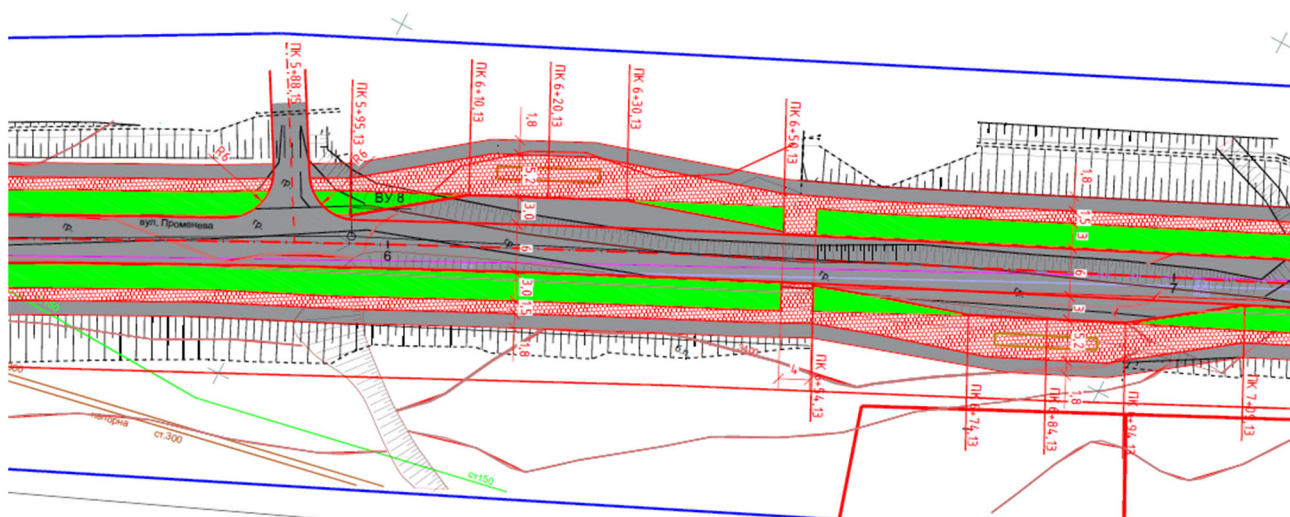


Рисунок 2.5 – Фрагмент проектного плану

### 2.3 Поздовжній та поперечні профілі

Поздовжні профілі для проекту були розроблені вздовж осі проїзної частини. Проектні відмітки поздовжнього профілю визначені з урахуванням рельєфу місцевості, наявних перехресть, потреби в організації водовідведення та розташування прилеглої території.

Мінімальний поздовжній похил становить 0‰, а максимальний — 42‰.



- Тип дорожнього одягу: капітальний;
- Покриття: асфальтобетон.

Посилення існуючого дорожнього одягу

Для можливості виправлення профіля існуючої основи, залишки існуючого асфальтобетонного, цементобетонного покриття та цементних плит розбираються.

- 1) Існуюча основа планується з додаванням нового щебню до проектних відміток.
- 2) Укладання чорного щебню товщиною 0,1 м;
- 3) Нижній шар покриття з гарячого щільного крупнозернистого асфальтобетону тип А марка 1 товщиною 0,10 м.;
- 4) Верхній шар покриття з щебенево-мастикового асфальтобетону (ЩМА-10) товщиною 0,05 м.

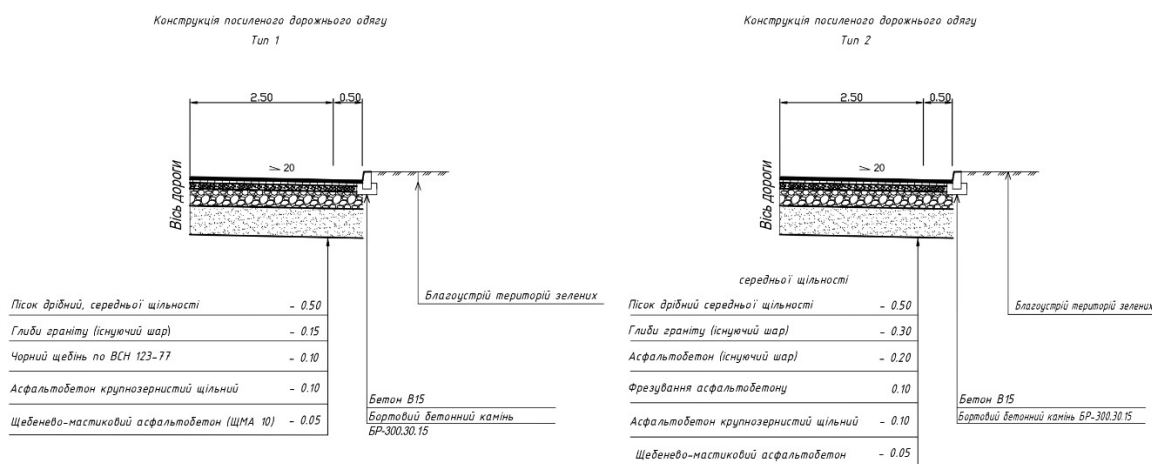


Рисунок 2.7 – Типи посилення дорожнього одягу

## 2.5 Пересічення та примикання

Проектом передбачено влаштування 17 примикань та 3 пересічень. Радіуси заокруглень на примиканнях складають 15,0 м і 12,0 м. Конструкція дорожнього одягу на примиканнях буде відповідати типу основної дороги

## 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Порівняння типів поперечних профілів

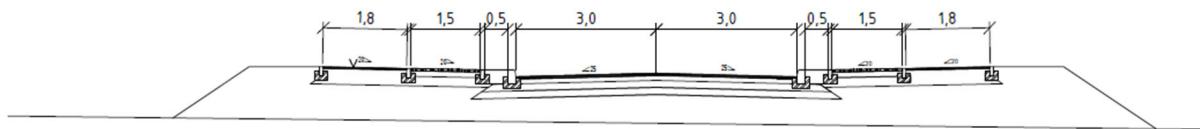


Рисунок 3.1 – Тип I поперечного профілю

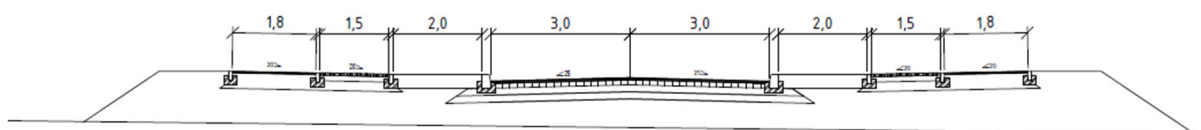


Рисунок 3.2 - Тип II поперечного профілю

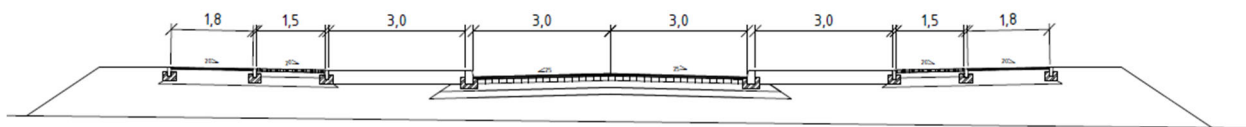


Рисунок 3.3- Тип III поперечного профілю

Поперечний профіль I типу (рис. 3.1) включає в себе:

- Дві смуги руху по 3,0 м;
- Зелену зону 0,5 м;
- Велосипедні доріжки по обидві сторони по 1,5 м;
- Тротуари по обидві сторони 1,8 м.

Поперечний профіль II типу (рис. 3.2) включає в себе :

- Дві смуги руху по 3,0 м;
- Зелену зону 2,0 м;
- Велосипедні доріжки по обидві сторони по 1,5 м;
- Тротуари по обидві сторони 1,8 м.

III тип (рис. 3.3) включає в себе:

- Дві смуги руху по 3,0 м;

- Зелену зону 2,0 м;
- Велосипедні доріжки по обидві сторони по 1,5 м;
- Тротуари по обидві сторони 1,8 м.

Капітальний ремонт вулиці передбачає влаштування різної ширини зеленої зони. Район капітального будівництва є перспективним районом м. Миколаєва для будівництва нового житлового масиву.

### 3.2 Встановлення технічних показників

Встановлення технічних показників при проектуванні об'їзної (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Встановлені технічні показники

Показник	Одиниця виміру	Кількість		
		Тип I	Тип II	Тип III
Вид будівництва		Капітальний ремонт		
Категорія дороги		Вулиця загальноміського значення		
Довжина	км	1,558		
Кількість смуг руху	шт	2		
Ширина проїзної частини	м	6,0		
Ширина укріпленого узбіччя	м	-	-	-
Ширина зеленої зони	м	0,5	2,0	3,0
Ширина тротуару	м	2×1,8	2×1,8	2×1,8
Ширина земляного полотна	м	13,6	16,6	18,6
Розрахункова швидкість руху	км/год	60		
Тип дорожнього одягу		капітальний		
Матеріал покриття проїзної частини		асфальтобетон		
Поперечний ухил проїзної частини	‰	25		
Максимальний поздовжній ухил	‰	65		
Мінімальний поздовжній похил	‰	0		
Мінімальний радіус кривих в плані	м	34		
Максимальний радіус кривих в плані	м	2500		
Мінімальний радіус випуклої кривої	м	9000		
Мінімальний радіус увігнутої кривої	м	2100		

Для оцінки проектних рішень було здійснено порівняння варіантів за двома критеріями: вартісним (який охоплює витрати на будівництво – К) та натуральними показниками.

Витрати на будівництво обчислюються за наступною формулою:

$$K = S \times C$$

де  $S$  – площа ремонту вулиці;

$C$  – вартість влаштування  $1 \text{ м}^2$  дороги.

Згідно до кошторисного розрахунку, вартість капітального ремонту вулиці загальноміського значення становить 13882,26 грн/м. Відповідно, вартість будівництва становить:

- I тип –  $K_I = 294,2$  млн. грн;
- II тип –  $K_{II} = 359,1$  млн. грн;
- III тип –  $K_{III} = 402,3$  млн. грн.

### **3.3 Висновок до порівняння типів поперечного профілю**

Під час техніко-економічного порівняння типів поперечних профілів, було встановлено, що варіант із поперечним профілем I типу є найдешевшим.

Оскільки житловий район м. Миколаєва передбачає розбудову нового житлового масиву, необхідно врахувати перспективну розбудову вуличної мережі з поширенням як проїзної частини, так пішохідно-велосипедної зони. Таким чином, підводячи підсумок, найбільш доцільно прийняти типом поперечного профілю тип III. Цей тип профілю дозволяє в майбутньому при збільшенні інтенсивності руху транспорту в процесі розвитку та розбудови району без додаткових вкладень в розширення смуги відводу дороги.

### **3.4 Методика визначення вартості варіантів дорожнього одягу**

Основу сучасного дорожнього будівництва становлять два основні типи покриття — асфальтобетонне та цементобетонне. Проте зі зростанням інтенсивності руху на магістральних дорогах спостерігається суттєве скорочення строку експлуатації асфальтобетонних покриттів. Це зумовлює необхідність постійного пошуку ефективніших технологій дорожнього будівництва, здатних замінити традиційне асфальтобетонне покриття.

Одним із перспективних напрямів є влаштування жорсткого цементобетонного покриття. Для обґрунтування вибору конкретного типу

дорожнього одягу проводиться техніко-економічне порівняння варіантів будівництва, що дає змогу визначити найоптимальніше рішення за умов експлуатації та вартості.

Розрахунок вартості будівництва 1 м<sup>2</sup> дорожнього покриття здійснюється за формулою [13]:

$$K_0 = \sum_{i=0}^n C_i \cdot h_i \quad (3.1)$$

де  $C_i$  – вартість  $i$ -го шару, товщина якого 1 см;

$h_i$  – товщина  $i$ -го шару.

### **3.5 Визначення вартості матеріалів, що застосовуються в будівництві дорожнього одягу**

Підрядні організації застосовують різні підходи до формування ціни на будівельні роботи, надаючи перевагу тим чи іншим методам залежно від власної практики. Одним із найпоширеніших є метод «витрати плюс фіксований прибуток», який вирізняється простотою реалізації та широким застосуванням у галузі. Розмір субпідрядної націнки у такому підході може бути фіксованим або варіюватися залежно від характеру виконуваних робіт чи вартості одиниці продукції. Проте стандартні підходи не завжди дозволяють врахувати специфіку попиту та рівень конкуренції, що ускладнює встановлення оптимальної ціни. Незважаючи на це, простота та універсальність методу зумовлює його популярність, що пояснюється трьома основними перевагами.

По-перше, за умови детального аналізу вимог замовника та врахування цінової політики конкурентів підрядник отримує чітке уявлення про структуру витрат. Це дозволяє формувати ціну на основі фактичних витрат, зменшуючи потребу в частих коригуваннях у відповідь на зміни ринкового попиту.

По-друге, метод вважається об'єктивним і справедливим як для підрядника, так і для замовника.

По-третє, він сприяє зниженню рівня цінової конкуренції в галузі, оскільки більшість компаній орієнтуються на схожий підхід – розрахунок вартості на основі середніх витрат із додаванням прибутку.

Методика ціноутворення, орієнтована на попит, також базується на витратах, проте враховує бажаний рівень прибутковості. У такому разі підрядник формує ціну, виходячи з запланованого відсотка прибутку, що прямо залежить від обсягів будівельно-монтажних робіт. Таким чином, розмір прибутку визначається в межах встановленої фіксованої ціни.

Аналіз динаміки цін на дорожньо-будівельні матеріали є важливою складовою прийняття управлінських рішень та невід'ємною частиною процесу ціноутворення у дорожній галузі. Зміна вартості матеріалів залежить від коливань попиту і пропозиції на внутрішньому ринку, що дає змогу оцінити ринкову ситуацію, спрогнозувати подальші цінові тенденції та визначити найвигідніші пропозиції. Такий аналіз є надзвичайно актуальним як для замовників, так і для субпідрядників, адже дозволяє оптимізувати вибір постачальника залежно від регіональних особливостей ринку [14].

Масштабне вторгнення російської федерації в Україну спричинило значні порушення логістичних ланцюгів поставок імпортованих будівельних матеріалів, зокрема бітумних в'язучих, модифікаторів та пластифікаторів для асфальтобетонних сумішей. Додаткові труднощі створюють руйнування транспортної інфраструктури, складів та виробничих баз внаслідок ракетних атак. Усе це призводить до неконтрольованого зростання цін, що збільшує витрати замовника і знижує рентабельність для підрядника. Тому при складанні інвесторської кошторисної документації особливу увагу слід приділяти актуальним цінам, які використовують підрядні організації.

Найчастіше замовники та проєктанти орієнтуються на офіційні джерела – зокрема, нормативну інформацію Мінрегіону України або щомісячний моніторинг цін на дорожньо-будівельні матеріали, який здійснює ДП «Національний інститут розвитку інфраструктури».

У межах цієї дипломної роботи для цілей порівняння використано дані порталу щомісячного моніторингу цін ДП «Національний інститут розвитку інфраструктури». Актуальні результати наведені за квітень 2024 року для дорожньо-будівельних матеріалів, що використовуються на об'єкті,

розташованому в межах міста Миколаїв. Перелік матеріалів та відповідні ціни представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Ціни на матеріали за варіантами

№ з/п	Матеріал	Товщина шару, см	Ціна за м <sup>3</sup>	Об'єм шару в 1м <sup>2</sup>	Ціна шару за 1м <sup>2</sup>
Варіант 1					
1	Пісок крупний	23	993,73	0,23	228,56
2	Щебенево-піщана суміш С5	15	802,18	0,15	120,33
3	Чорний щебінь	10	1321	0,1	132,10
4	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка І	10	5797,59	0,1	579,76
5	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	5	7355,17	0,05	367,76
Всього					1428,50
Варіант 2					
1	Пісок крупний	23	993,73	0,23	228,56
2	Щебенево-піщана суміш С5	23	802,18	0,23	184,50
3	Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М20	17	3075	0,17	522,75
4	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка І	12	5797,59	0,12	695,71
5	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	6	7355,17	0,06	441,31
Всього					2072,83
Варіант 3					
1	Пісок крупний	21	993,73	0,21	208,68
2	Щебенево-піщана суміш С5	21	802,18	0,21	168,46
3	Матеріал за технологією холодного ресайклінгу з додаванням мінеральних матеріалів, укріплені комплексним в'язучим М20	21	1588,81	0,21	333,65
4	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка І	12	5797,59	0,12	695,71
5	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	6	7355,17	0,06	441,31
Всього					1847,81
Варіант 4					
1	Щебенево-піщана суміш С5	21	802,18	0,21	168,46
2	Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М60	18	3593,47	0,18	646,82
3	Важкий бетон класа Вbtb 4.4	26	3799	0,26	987,74
Всього					1803,02

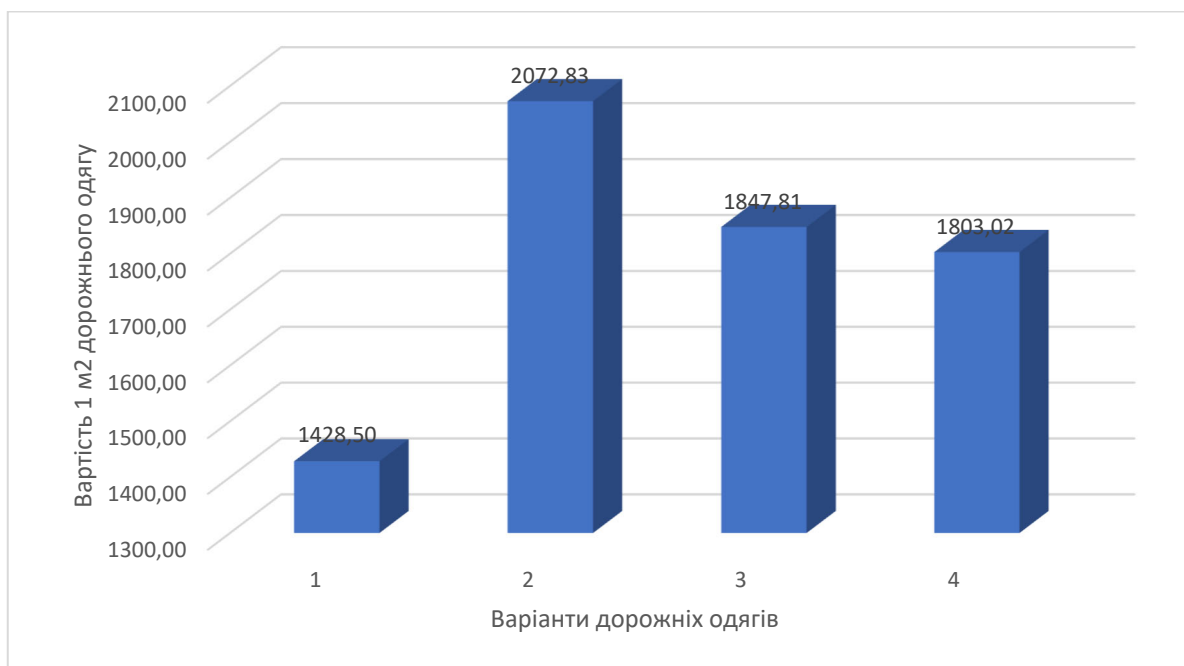


Рисунок 3.1 – Вартість 1м<sup>2</sup> дорожнього одягу по варіантам

Оскільки всі розглянуті варіанти дорожнього одягу відповідають вимогам щодо нормативної міцності, вибір оптимального варіанту доцільно здійснювати на основі економічної ефективності.

Порівняльний аналіз показав, що різниця у вартості між варіантами 3 та 4 становить лише 3,4%, що свідчить про їх приблизну рівноцінність у фінансовому аспекті. Водночас, варіант 2 є дорожчим за варіант 1 на 31,1%. Вартісна різниця між варіантом 1 та варіантами 3 і 4 складає 20,8%.

Враховуючи результати аналізу, найбільш економічно обґрунтованим для використання під час капітального ремонту вуличної мережі є варіант 1, який передбачає використання чорного щебеню в основі та асфальтобетонного покриття.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Загальні заходи охорони праці

Робочим проектом передбачено реалізацію санітарно-гігієнічних та медичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я працівників та підтримання їхньої працездатності в процесі виробничої діяльності.

При прийнятті на роботу працівники обов'язково ознайомлюються під підпис із умовами праці, зокрема з потенційно небезпечними та шкідливими виробничими факторами, їхнім можливим впливом на стан здоров'я, а також з правами на пільги та компенсації, передбачені чинним законодавством і колективними договорами (відповідно до статті 5 Закону України «Про охорону праці»).

Допуск до роботи з обладнанням мають лише особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд і отримали відповідне посвідчення на право експлуатації техніки. Перед початком самостійної роботи працівники повинні пройти вступний інструктаж, стажування та навчання з питань безпечного виконання робіт.

Для попередження нещасних випадків і виникнення пожеж під час експлуатації обладнання необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки та протипожежної безпеки, викладених в інструкціях з експлуатації.

До виконання робіт із капітального ремонту дорожнього покриття залучаються машини, механізми та інше обладнання, яке відповідає нормам безпеки та вимогам заводів-виробників.

Згідно з вимогами статті 8 Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний забезпечити працівників засобами індивідуального захисту: спецодягом, спецвзуттям, захисними засобами та мийними засобами.

У разі отримання працівником ушкодження здоров'я внаслідок нещасного випадку, йому підлягає відшкодування шкоди відповідно до статті 9 зазначеного Закону.

Будівельно-монтажні роботи, а також заходи безпеки під час їх виконання, повинні відповідати чинним нормативним документам та інструкціям з охорони праці, визначеним у складі робочого проєкту.

Перед початком виконання загальнобудівельних робіт генеральний підрядник розробляє проєкт виконання робіт (ПВР), у якому передбачаються заходи з охорони праці та безпечного ведення робіт.

У процесі підготовки будівельного майданчика уточнюється розташування усіх інженерних комунікацій, що проходять у межах зони виконання робіт. Усі металеві частини електроустановок мають бути заземлені, а відкриті токонесучі елементи — надійно захищені від випадкового дотику.

Технічне обслуговування і експлуатація будівельних машин та механізмів здійснюються згідно з вимогами паспортів та експлуатаційних інструкцій заводу-виробника. Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан обладнання. Категорично забороняється проводити ремонт або технічне обслуговування під час руху машини, а також експлуатація несправного обладнання.

На всіх робочих місцях мають бути встановлені відповідні знаки з охорони праці. Небезпечні зони обладнуються захисними бар'єрами, а місця складування матеріалів — сигнальними огорожами.

У рамках розробки ПВР необхідно передбачити комплекс заходів з електропожежної безпеки, особливо під час монтажу тимчасових електромереж. Усі об'єкти, у тому числі адміністративні, побутові, виробничі та складські приміщення, повинні бути обладнані засобами зв'язку, пожежною сигналізацією та первинними засобами пожежогасіння.

## **4.2 Вимоги безпеки до підготовчих робіт**

### **Вимоги безпеки в робочій зоні**

У зоні проведення дорожніх робіт заходи безпеки мають відповідати чинним нормативним документам. Зокрема, встановлення огорожувальних конструкцій здійснюється відповідно до вимог ДСТУ 4100-2002 «Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування». До початку робіт не дозволяється

доставляти чи складувати матеріали та обладнання без попереднього встановлення відповідних огорожень. Під час технічних перерв та після завершення зміни дорожньо-будівельна техніка повинна залишатися в межах огороженої ділянки.

#### Організація безпеки на будівельному майданчику

Виконання всіх робіт на будівельному майданчику повинно здійснюватися у чіткій відповідності до проєктної документації. Територія об'єкта обладнується санітарно-побутовими приміщеннями згідно з вимогами СНіП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания». Як правило, використовуються збірно-модульні споруди, що знаходяться у розпорядженні підрядної організації. Конкретні рішення з їх розміщення визначаються в ПВР (проєкті виконання робіт). Усі санітарно-побутові приміщення та відповідне обладнання мають бути введені в експлуатацію до початку будівельно-монтажних робіт.

Якщо будівельний майданчик розташовано в межах населеного пункту, його обов'язково огорожують. Внутрішні проїзди, проходи, зони навантаження та розвантаження, підкранові шляхи мають систематично очищуватись від сміття, снігу та льоду, а взимку – оброблятись протижелезними засобами.

У темний час доби всі ділянки робіт, пішохідні зони, підходи до майданчиків та робочі місця повинні мати достатнє освітлення відповідно до нормативних вимог. При цьому прожектори не мають створювати осліплюючого ефекту для працівників. Мінімальна висота підвісу освітлювального обладнання — не менше 2,5 м.

На території будівництва слід визначити допустимі швидкості руху транспорту та встановити відповідні дорожні знаки в зонах обмеження швидкості, стоянки і поворотів відповідно до вимог ДСТУ 4100-2002.

#### Безпечне зберігання матеріалів, конструкцій і виробів

Матеріали доставляються на об'єкт і зберігаються відповідно до ПВР. Вони мають розміщуватись у штабелях, на спеціальних стелажах або відкритих майданчиках. Матеріали, що потребують захисту від погодних умов, повинні зберігатися під навісами або у складах. Пилоподібні речовини зберігаються в

закритих ємностях – бункерах, силосах тощо. Довгомірні конструкції слід штабелювати на вирівняних майданчиках. У разі зберігання матеріалів на узбіччі дороги місце обов'язково огорожується відповідними дорожніми знаками. Зберігання на укосах насипів і виїмок забороняється.

Щоб запобігти накопиченню води, майданчики для зберігання матеріалів повинні мати ухил від  $1^\circ$  до  $2^\circ$  у напрямку водовідведення. Якщо ділянка розташована на схилі, організовуються канали для відведення води. У зимовий період перед складуванням обов'язкове очищення від снігу та льоду. Штабелі сипучих матеріалів повинні мати природний кут нахилу або бути огорожені підпирними стінками. Для забезпечення безпеки слід запобігати переміщенню, падінню або перекочуванню матеріалів. Притуляти матеріали до конструкцій або огорож не дозволяється.

Між рядами штабелів або стелажів необхідно передбачити проїзди для техніки та проходи для персоналу не менше 1 м завширшки. Відстань від місця зберігання до бровки котлованів чи траншей має бути не меншою за 1 м з урахуванням стійкості укосів.

#### Зберігання небезпечних матеріалів

Балони з газами, легкозаймісті рідини, мастильні матеріали та інші вибухо- і пожежонебезпечні речовини зберігаються згідно з вимогами НАПБ А.01.001-2004. Вони мають розміщуватись у спеціальних приміщеннях або металевих шафах із природною вентиляцією. Балони слід зберігати вертикально із захисними ковпаками на вентилях. Одночасне зберігання кисню та зріджених газів у одному приміщенні заборонено.

Отруйні речовини розміщують в окремих провітрюваних приміщеннях з відповідними попереджувальними табличками. Якщо в одному приміщенні зберігаються різні отруйні речовини, маркування має відповідати вимогам ГОСТ 19433-88 «Грузы опасные. Классификация и маркировка».

Легкозаймісті рідини (наприклад, бензин, парафін) зберігають у приміщеннях з вогнестійких конструкцій або в заглиблених резервуарах. Відстань від складу з такими речовинами до найближчих будівель повинна

становити не менше 50 м. Зберігання та транспортування у відкритій тарі заборонене. Усі ємності мають бути герметично закриті та оснащені запірними пристроями. Наповнення й роздавання таких рідин здійснюється лише через трубопроводи або насоси; використання відер, лопат чи шлангів не допускається.

### **4.3 Вимоги безпеки під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг**

#### **4.3.1 Вимоги безпеки під час виконання будівельних робіт**

Вимоги до будівництва автомобільних доріг і виконання підготовчих робіт

Будівництво автомобільних доріг здійснюється згідно з положеннями ДБН В.2.3-4-2015 «Автомобільні дороги». Перед початком влаштування земляного полотна ділянка смуги відведення повинна бути повністю очищена. Для трас, що проходять через лісові чи гірські райони, необхідне видалення дерев, чагарників, пнів та каміння; на пасовищах – усунення дрібної рослинності, валунів та інших перешкод.

Очищення території проводиться в межах смуги відведення. У випадках застосування вибухових матеріалів для викорчовування пнів або дроблення каміння, усі роботи повинні виконуватись з дотриманням норм безпеки, визначених для вибухових робіт. На період очищення території встановлюються переносні застережні знаки (наприклад, «Прохід заборонено. Очищення лісу») на відстані не менше 50 м від місця виконання робіт.

Особи, що займаються розчищенням, повинні бути забезпечені захисними касками. Усі роботи проводяться незалежно від сезону відповідно до вимог охорони праці у сфері лісового господарства, передбачених НПАОП 02.0-1.04-05, затверджених наказом Держгірпромнагляду України № 119 від 13.07.2005 р.

Усі операції з переміщення деревини (нахил, підйом, складування хлестів) слід здійснювати за допомогою спеціального обладнання: важелів, якорів тощо. Роботи з реконструкції або перенесення інженерних мереж виконуються виключно організаціями, які їх експлуатують.

Використання механізмів для підготовки ділянки

Для підготовки території до будівництва слід застосовувати спеціалізовану техніку: корчувальні машини, кущорізи, ґрунторозпушувачі. Їх експлуатація здійснюється згідно з вимогами охорони праці. Перед початком роботи оператор кущоріза повинен перевірити кріплення обладнання, справність огорожі та її надійність.

Основні правила роботи з кущорізом:

- зріз дерев виконувати на висоті 3–5 см від поверхні землі;
- за раз не наносити більше трьох ударів по стовбуру;
- піднімання/опускання обладнання здійснюється лише при вимкненому двигуні;
- використовувати справне захисне обладнання, яке не перешкоджає огляду;
- у разі потрапляння гілок до механізму – негайно зупинити машину;
- при роботі двох агрегатів дотримуватися дистанції не менше 40–50 м;
- у темний час доби агрегат повинен мати освітлення, вдень – червоні сигнальні прапорці;
- лебідки та барабани повинні бути справними, з діючими гальмами.

Під час роботи з тросами оператор має знаходитися на безпечній відстані, не менше довжини троса до пня. При експлуатації культиваторів із канатним приводом слід постійно контролювати нагрів гальм та справність огорожі. Заборонено працювати без захисного кожуха барабана.

Перед запуском культиватора слід очистити ділянку від каміння, пнів і коріння. Навісне обладнання потрібно опускати лише після повної зупинки машини. Під час роботи заборонено перебувати поруч з фрезою без захисту.

Вимоги до виконання земляних робіт

Земляні роботи проводяться відповідно до СНіП III-4-80\*, ПВР та затверджених технологічних карт. До початку слід передбачити відведення поверхневих вод згідно з вимогами ПВР. Узбіччя доріг мають формуватись з урахуванням природного нахилу ґрунту або за допомогою шпунтових огорож.

Роботи з розвантаження ґрунту із самоскидів повинні виконуватись із подачею звукового сигналу заднього ходу. Відстань від задньої осі автомобіля

до брівки укосу має бути не менше 2 м, а від зовнішнього краю колеса до брівки – не менше 1 м. Оператор розвантаження повинен знаходитися в полі зору водія, але не ближче 5 м до місця вивантаження.

#### Укріплення та планування укосів

Для безпечного пересування на укосах встановлюються дерев'яні драбини з поручнями. Роботи на мокрих або обмерзлих схилах заборонені. У разі виконання робіт на схилах понад 45° обов'язкове використання страхувальних поясів, а роботи повинні проходити під контролем відповідальної особи.

Під час планування схилів екскаваторами-планувальниками персоналу забороняється перебувати в межах робочої зони – на відстані 15 м нижче схилу та по 15 м з обох боків від підосви.

Під час формування укосу необхідно здійснювати постійний контроль його стабільності. У разі виявлення зсувів, розмивів або деформацій – негайно припинити роботи та вивести персонал з небезпечної зони.

Плиткове або кам'яне укріплення схилів виконується знизу вгору, починаючи з підосви після облаштування берми. Під час посіву трав для укріплення схилів за допомогою гідромоніторів стороннім особам заборонено перебувати у зоні дії обладнання.

### **4.3.2 Вимоги безпеки при виконанні робіт з влаштування дорожнього одягу**

Під час виконання робіт з улаштування дорожнього одягу необхідно використовувати технології та механізми, що мінімізують вплив шкідливих речовин (особливо токсичних в'язучих) на працівників.

Перед початком будівництва або реконструкції дорожнього покриття слід:

- облаштувати зони безпеки для персоналу;
- розробити, погодити й реалізувати схему організації дорожнього руху згідно з ДСТУ 4100-2002;
- встановити дорожні знаки компанією-виконавцем;
- забезпечити освітлення робочої зони у темну пору доби відповідно до вимог ГОСТ 12.1.046-85 і ДБН В.2.5-28-2006;

– визначити маршрути в'їзду та виїзду транспорту із зони проведення робіт.

#### Особливості експлуатації дорожніх машин

Робочий процес має бути організований так, щоб забезпечити безпечну відстань між технікою та краями укосу: щебенерозподільвачі не повинні наближатися ближче ніж на 1 м. У разі спільної роботи щебенерозподільвача з самоскидом, останній подає задній хід лише за сигналом відповідального працівника. Заборонено перебування людей у бункері щебенерозподільвача під час його роботи.

Під час укладання асфальтобетону працівники повинні розміщуватись з навітряного боку щодо техніки (асфальтоукладальників, культиваторів, фрез тощо).

Не допускається виконання наступних дій:

- натяг ремня або ремонт віброустаткування під час його роботи;
- стояння на робочих частинах машин (включаючи ротори, колосники, транспортери);
- заповнення ємностей, очищення форсунок або роторів без попередньої зупинки обладнання;
- виконання робіт без встановлення машини на стійку площадку.

#### Роботи з асфальтобетонною сумішшю

Під час вивантаження асфальтобетону:

- самоскид розвантажується лише після відповідного сигналу оператора асфальтоукладача;
- перед подачею назад подається звуковий сигнал;
- персонал має перебувати не ближче ніж за 1 м від місця вивантаження;
- для відкриття заднього борту використовуються металеві гаки.

У разі недостатньої видимості (наприклад, туман) завантаження асфальтобетону в бункер заборонено. Для очищення кузова використовуються інструменти з довгими ручками (не менше 2 м), робота виконується із землі.

Робота з асфальтоукладальником та котком передбачає:

- заборону перебування у робочій зоні;
- недопустимість регулювання ущільнюючих механізмів та залишення техніки з увімкненим двигуном;
- заборону очищення приймального бункера під час руху.

У випадку використання бітумних сумішей з активними домішками працівники повинні використовувати герметичні окуляри та респіратори.

Ємності для гарячого бітуму мають бути конічними, з кришками та ручками для транспортування удвох, заповнені не більше ніж на  $\frac{3}{4}$  об'єму. Для транспортування застосовують візки з двома опорами або носилки з бортиками.

Флаєри для підігріву інструменту мають бути мобільними та обладнаними колесами. Забороняється застосування рідкого пального в жаровнях. Піч встановлюється на узбіччі, з дотриманням відстані до робочих зон, пішоходів і транспорту.

Оператор асфальтоукладальника зобов'язаний залишатись на робочій платформі до повної зупинки двигуна та приведення важелів у нейтральне положення. У разі виявлення несправності (наприклад, розрив шланга) машина негайно зупиняється, тиск у гідросистемі скидається.

Бетонування та робота з бетоноукладачами

Рейкова опалубка закріплюється комплектом стандартних штифтів. Недопустиме використання штифтів, що мають діаметр менший за 10% діаметра отвору або довжину менше 0,8 м. Перед укладанням бетону проводиться перевірка стійкості опалубки шляхом пробного пуску бетоноукладача.

Під час роботи з бетоноукладачем:

- заборонено стояти або класти інструменти на робочі частини (вібраційні або ріжучі бруси);
- в зоні ухилу техніка фіксується гальмівними упорами;
- рух самоскидів дозволяється лише за сигналом приймальника суміші;
- при використанні ковзної форми сторонні особи мають знаходитися не ближче 5 м;

– натяг тросів виконується із використанням лебідок і лише в захисних рукавицях;

– заборонено очищення асфальтоукладача без повної зупинки двигуна.

Працівники, що виконують установку штифтів або роботу зі швами вручну, повинні використовувати захисні рукавички. Під час обдування деформаційних швів необхідне використання окулярів і респіратора.

Різальні диски на машинах мають бути міцно закріплені, оснащені кожухами та встановлені без перекосів. Відстань між комбінованими машинами під час роботи повинна бути не менше 10 м. Розсипання матеріалу під час вивантаження не допускається.

#### Монтаж бортового каменю

Встановлення бордюрів має здійснюватися механізмами зі спеціальними захватами. Всі операції проводяться під контролем відповідального працівника. Ручне навантаження та розвантаження каменю не дозволяється. Переміщення вручну можливе лише при участі чотирьох працівників одночасно з використанням спеціального інструменту, якщо навантаження на одного не перевищує 50 кгс.

Заборонено перетягування каменю гачками. Монтаж на бетонну основу проводиться на цементному розчині. Укладання бічних каменів виконується з використанням дерев'яної підкладки та фіксується щипцями.

#### **4.3.3 Вимоги безпеки при нанесенні дорожньої розмітки**

Нанесення дорожньої розмітки, зокрема ліній безпеки та розділювальних смуг, є важливим етапом облаштування автомобільних доріг та повинно здійснюватися відповідно до чинних нормативних вимог, зокрема ДБН В.2.3-4-2007. Зона виконання робіт має бути обов'язково обладнана технічними засобами організації дорожнього руху згідно з вимогами ДСТУ 4100-2002, що забезпечує безпеку як працівників, так і учасників дорожнього руху.

У разі перерви в русі транспорту розмічувальна техніка повинна бути оперативно переміщена до місця безпосереднього нанесення розмітки, що

дозволяє уникнути перешкод для інших транспортних засобів і забезпечує безперервність робіт.

При нанесенні розмітки термопластичними матеріалами з використанням маркувальних машин необхідно дотримуватись спеціальних вимог техніки безпеки. Температура розплавленого матеріалу в котлі повинна контролюватися за допомогою термопар або термометрів з метою недопущення перегріву обладнання. Працівники, які здійснюють обслуговування котлів, повинні використовувати брезентові рукавички при відкриванні кришки для захисту від опіків.

Робота газового пальника регламентується контролем тиску за допомогою манометра, розміщеного на редукторі газового балона. Експлуатація пальників у вологу або дощову погоду категорично заборонена. У разі виявлення витoku газу подача повинна бути негайно припинена, а система перевірена на герметичність. Також не дозволяється заправляти газові пальники легкозаймистими речовинами, зокрема бензином, при працюючому двигуні чи увімкненому обладнанні. Забороняється нагрівання залишків термопластику під час буксирування. При завантаженні холодного матеріалу до розігрітого котла працівники мають розміщуватись з його боків, щоб уникнути потрапляння гарячих бризок.

Під час нанесення розмітки нітрофарбами працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, включаючи спецодяг, гумові рукавички, захисні окуляри та респіратори. На місці робіт обов'язково повинна бути наявна аптечка першої медичної допомоги для оперативного реагування у випадку надзвичайних ситуацій.

Усі зазначені заходи спрямовані на зниження ризиків травмування персоналу, забезпечення відповідності технічного процесу нормативним вимогам та досягнення належної якості виконання розмітки.

#### **4.3.4 Вимоги безпеки під час проведення реконструкції та ремонтних робіт**

Проектна документація на будівництво або реконструкцію автомобільної дороги повинна передбачати облаштування ділянки з односмуговим або двосмуговим відведенням для забезпечення безпечного руху транспорту в зоні проведення робіт.

Огородження робочої зони та нанесення дорожньої розмітки мають виконуватись відповідно до вимог державного стандарту ДСТУ 4100-2002, що гарантує чітку ідентифікацію зони виконання робіт та запобігає аварійним ситуаціям.

Перед початком виконання робіт всі оператори та машиністи дорожньої техніки повинні пройти інструктаж і ознайомитись із сигналами жестів і прапорців, правилами руху і маневрування техніки, а також із визначеними місцями для розворотів, під'їздів, складування матеріалів та зберігання обладнання. Це сприяє координації робіт і підвищенню рівня безпеки на майданчику.

У разі ведення робіт в межах смуги руху дороги, де транспортний потік зберігається, працівники зобов'язані використовувати жилети яскраво-помаранчевого кольору для покращення їх помітності та попередження дорожніх інцидентів.

Особлива увага приділяється безпеці при ремонті мостів і шляхопроводів — працівники повинні бути забезпечені захисними касками, а перебування під такими спорудами без каски суворо заборонено.

Після завершення денної зміни вся дорожня техніка та обладнання мають бути розміщені на спеціальних стоянках за межами дорожнього полотна. Виняток становлять нетранспортабельні машини (бетоноукладальні комплекси, бітумоукладальні машини тощо), які залишаються на проїжджій частині вночі — вони повинні бути огорожені з обох боків інвентарними бар'єрними огороженнями із сигнальними ліхтарями, що вмикаються при поганій видимості. Відстань від огороження до машини має бути не менше 10 метрів.

У разі необхідності маневрування дорожньої техніки на проїжджій частині поза межами робочої зони або на узбіччі обов'язково виставляються

регулювальники руху, оснащені червоним прапорцем і гучномовцем (мегафоном), для координації руху і попередження інших учасників дорожнього руху.

Обмеження швидкості руху дорожньої техніки і механічного обладнання у зоні проведення робіт встановлено на рівні не більше 5 км/год, що дозволяє мінімізувати ризики аварійних ситуацій і забезпечує безпечні умови праці.

#### **4.3.5 Вимоги безпеки при поводженні з токсичними (отруйними) речовинами**

На робочих місцях, де застосовуються отруйні речовини (ОР), а також у приміщеннях для їх зберігання, необхідно встановлювати відповідні попереджувальні знаки: «Стороннім вхід заборонено», «Вогненебезпечно», «Не палити», «Не проводити зварювальні роботи» тощо. Роботи, пов'язані з хімічними реакціями речовин, що змішані з ґрунтом, слід проводити лише в умовах відсутності на будівельному майданчику сторонніх осіб, тварин і птахів для запобігання небезпеці.

При використанні отруйних речовин слід суворо дотримуватися вимог СН-245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств» та СНиП III-4-80\*, що регламентують безпечні умови праці і зберігання хімічних матеріалів.

Особливу увагу необхідно приділяти транспортуванню та зберіганню вапна. Гашене вапно слід перевозити лише у цементовозах або герметичних контейнерах, оснащених пневматичними пристроями для завантаження і розвантаження, що виключає його потрапляння в докільця і запобігає контакту з працівниками.

Роботи з каустичною содою вимагають дотримання заходів безпеки: заборонено брати, розмельчувати, транспортувати та готувати розчини каустичної соди вручну. Приготування розчинів добавок повинно здійснюватися у відкритих ємностях із механічними мішалками та насосами, оснащених огороженнями, що перешкоджають розбризкуванню і потраплянню розчину на працівників.

Відстань між ємностями для розчинів дивінілстирольного термопластичного еластомеру (ДСТ), полімербітумного в'язучого (ПБВ) та іншими спорудами має бути не меншою за 50 м, а до бітумного котла – не менше 10 м. Забороняється нагрівати бітумний котел під час впорскування ДСТ в розігрітий бітум, а також використовувати обводнений бітум. Приготування ПБВ дозволяється лише в денний час під контролем відповідального працівника.

Для забезпечення безпеки в лабораторіях, де готують ПБВ і асфальтобетонні суміші з полімерними добавками, повинна бути організована припливно-витяжна вентиляція з повітрообміном 15–20 крат на годину. Лабораторне обладнання необхідно встановлювати під витяжними шафами або навісами для мінімізації ризику контакту з токсичними речовинами. Використання токсичних речовин повинно бути дозованим і відповідати конкретному завданню.

Особливі заходи безпеки передбачені для зберігання нітритів і нітратів, які є токсичними добавками в бетон: ці речовини мають зберігатися окремо від кислот у спеціально обладнаних складах, де заборонено палити і користуватися відкритим вогнем. У випадку пожежі слід використовувати вогнегасники або пісок.

Ємності для зберігання та приготування хімічних добавок повинні бути позначені написом «Отрута». Приміщення для приготування бетонних сумішей із застосуванням хімічних добавок оснащуються штучною вентиляцією, а прийом їжі у цих приміщеннях заборонений.

Регулярний контроль концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони необхідно здійснювати відповідно до ГОСТ 12.1.005-88, а також проводити лабораторні перевірки якості матеріалів не рідше одного разу на квартал, особливо при зміні кольору або умов роботи.

Для запобігання шкідливому впливу токсичних речовин працівники повинні дотримуватися вимог щодо використання чистого спецодягу та спецвзуття. У зонах підвищеної концентрації шкідливих речовин рекомендується застосування ізольованих протигазів типу ПС-1, ДПА-5 або КПП-5.

При роботі з плівкоутворювальними рідинами необхідно обережно ослаблювати пробки балонів спеціальним ключем для уникнення різкого викиду парів, а також використовувати спеціальні шланги або відра для розпилення, уникаючи ручного розбризкування. Перед початком роботи обов'язково перевіряти справність шлангів, трубопроводів і манометрів для попередження витоків.

#### **4.4 Заходи щодо забезпечення безпеки будівельних процесів**

Небезпечні зони на будівельних майданчиках повинні бути чітко позначені відповідними знаками згідно з вимогами ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» та ДСТУ Б А.3.2-15:2011 «Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків». Для запобігання несанкціонованому доступу та підвищення безпеки територія будівництва повинна бути огорожена відповідно до ДСТУ Б В.2.8-43:2011 «Огородження інвентарні будівельних майданчиків та ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови».

Початок будівельних робіт допускається лише за наявності затвердженого проекту виробництва робіт (ПВР), погодженого у встановленому порядку.

Особлива увага приділяється організації безпеки працівників та пішоходів. Забезпечується захист від дорожньо-транспортних пригод і запобігання випадковому проникненню сторонніх осіб у зону будівельно-монтажних робіт. Для цього будівельний майданчик огорожується інвентарною огорожею, вздовж якої встановлюються червоні сигнальні ліхтарі. На під'їздах до майданчика розміщуються відповідні попереджувальні дорожні знаки. У нічний час територія освітлюється щогловими освітлювальними приладами відповідно до діючих нормативів.

Складування будівельних конструкцій і матеріалів здійснюється з урахуванням обмежень по висоті, визначених ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека у будівництві», що забезпечує стабільність і безпеку зберігання.

Електробезпека на будівельних ділянках організовується відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-13:2011 «Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги», що гарантує безпечну експлуатацію електрообладнання та запобігає ураженню електричним струмом.

Працівники, задіяні у дорожньому будівництві, забезпечуються індивідуальними засобами захисту, які включають:

- захисні окуляри з силікатним склом для захисту очей від механічних пошкоджень, пилу та бризок неагресивних рідин;
- захисні окуляри з оправою коробчастого типу, призначені для роботи з агресивними рідинами, металом, деревом, піском і цементом;
- окуляри з затемненим склом для захисту від яскравого світла і ультрафіолетового або інфрачервоного випромінювання;
- протишумові навушники для захисту слуху від високочастотного шуму рівнем 110–120 дБ;
- захисні рукавички для мінімізації впливу локальної вібрації при роботі з пневмоінструментом;
- віброзахисне взуття для безпеки ніг у умовах підвищеної вібрації;
- гумові рукавички і калоші для захисту від електричного струму при роботі з електроустановками напругою до 1000 В.



Рисунок 4.1 – Захист органів зору (захисні окуляри)



Рисунок 4.2 - Захист органів слуху (беруші, протишумові навушники)



Рисунок 4.3 - Рукавички для захисту від вібрації

Для забезпечення безпеки та комфорту працівників, зайнятих у дорожніх роботах, спецодяг (зокрема комбінезони та халати) виготовляється з тканин, що характеризуються високою міцністю на розрив і зносостійкістю.

У випадках виконання робіт безпосередньо в зоні руху транспортних засобів працівникам видаються сигнальні куртки, які підвищують їх видимість і знижують ризик аварійних ситуацій.

Враховуючи перевищення нормативних показників шуму на будівельних майданчиках (до 101,9 дБА), основним заходом щодо захисту органів слуху працівників є застосування шумозахисних навушників або берушів. Ці засоби індивідуального захисту забезпечують зниження рівня шуму не менше ніж на 21,9 дБА, що сприяє запобіганню негативному впливу шумового навантаження на здоров'я працівників.

## ВИСНОВОК ТА ОСНОВНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

В кваліфікаційній бакалаврській роботі виконано капітальний ремонт вул. Шептицького в м. Миколаєві. Через розвиток житлової висотної забудови району виникла необхідність капітального ремонту вулиці загальноміського значення.

Виконаний аналіз наукових досліджень показує актуальність капітального вуличного простору з різних сторін. Встановлені основні норми для капітального ремонту автомобільної дороги.

Оскільки житловий район м. Миколаєва передбачає розбудову нового житлового масиву, необхідно врахувати перспективну розбудову вуличної мережі з поширенням як проїзної частини, так і пішохідно-велосипедної зони. Таким чином, підводячи підсумок, найбільш доцільно прийняти типом поперечного профілю тип III. Цей тип профілю дозволяє в майбутньому при збільшенні інтенсивності руху транспорту в процесі розвитку та розбудови району без додаткових вкладень в розширення смуги відводу дороги.

Для проведення для капітального ремонту ділянки було розроблено 4 варіанти дорожнього одягу. В першому варіанті передбачається використання в основі дорожнього одягу чорний щебінь і покриття з щебенево-мастикового асфальтобетону. Варіант 2 передбачає використання в основі дорожнього одягу щебенево-піщану суміш С-5 укріпленої цементом марки М20 і покриття з щебенево-мастикового асфальтобетону. Варіантом 3 передбачено виконання холодного ресайклінгу укріпленої в'язучими марки М20 та покриття з щебенево-мастикового асфальтобетону. Варіант 4 виконується з цементобетонним покриттям.

Згідно технічної оцінки параметри варіанту 4 є кращими з точки зору довговічності покриття та незначного вантажного руху, що передбачається на цій ділянці. Перший варіант при цьому має найменше значення запасу міцності, але нормативні граничні межі він також задовольняє.

Враховуючи економічну складову, виконаний розрахунок вартості 1 м<sup>2</sup> дорожнього одягу. Різниця між варіантами 3 і 4 складає 3,4%, тому вони є

рівноцінними. Різниця між варіантом 1 і варіантом 2 становить 31,1%. Різниця між варіантом 1 і варіантами 3 та 4 – 20,8%. Згідно проведеного аналізу, варіант 1 з чорним щебнем в основі покриття та асфальтобетонним покриттям є найбільш економічно доцільним для влаштування при реконструкції вулиці.

## 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. Литвиненко Т.П. Особливості сучасного проектування і реконструкції вулично-дорожньої мережі міст / Т.П. Lytvynenko, L.V. Gasenko, G.I. Sharyi // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 1 (50). – С. 181-188. – doi:<https://doi.org/10.26906/znp.2018.50.1074>.
3. Дудар, І. Н. ., & Бричанський, А. О. . (2023). СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ МІСТ ПІСЛЯ ВІЙНИ. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 35(2), 153–158. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-153-158>
4. Kumar, Varsha & Chadchan, Jayprakash & Mishra, Sudipta. (2021). COMPLETE STREETS: AN INCLUSIVE AND INTEGRATED APPROACH TOWARDS STREET PLANNING AND DESIGNING. June 2021 Conference: 3rd Asian Regional Conference on Peri-Urbanization. At: Bhopal – 7 p.
5. Ben Dhaou, O., Vasváry-Nádor, N., & Gall, A. (2022). Designing street furniture: A protocol to enhance the quality of life in urban spaces. Pollack Periodica, 17(2), 175-179. <https://doi.org/10.1556/606.2022.00506>
6. Barry Sellers, 47 - Designing streets for people, Editor(s): Rodney Tolley, Sustainable Transport, Woodhead Publishing, 2003, Pages 629-640, ISBN 9781855736146, <https://doi.org/10.1016/B978-1-85573-614-6.50053-7>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781855736146500537>)
7. Khelil, Sara & Laouni, Ines & Khelil, Alla Eddine & Berkouk, Djihed & Abdel, Tallal & Bouzir, Tallal Abdel Karim. (2024). Parametrically Optimizing Urban Street Form And Environmental Performance: The Case Of Izmir City. Periodico di Mineralogia. 92. 193-213. 10.37896/pd92.3/92311.
8. 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.

9. 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.

10. 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.

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

12. Безуглий А. О., Ілляш С. І., Тимощук О. Ю. Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту конструкцій дорожнього одягу. Дороги і мости. Київ, 2015. Вип. 15. С. 27-34

13. Проектування автомобільнихдоріг: навч. посібник / Б. І. Піндус, В. В. Гончаренко. – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 244 с.

14. Безуглий А. О., Бібик Ю. М., Бельська О. Л., Гресько І. Л. Аналіз динаміки цін на дорожньо-будівельні матеріали та вироби. Дороги і мости. Київ, 2022. Вип. 25. С. 8–

## Розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу за методикою ГБН В.2.3-37641918-559

Найменування дороги	
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	1вар

### 1. Кліматичні характеристики

Дорожньо-кліматична зона	2
Підзона	У II Р.4
Схема зволоження робочого шару	1
Кількість розрахункових днів у році, днів	135
Глибина промерзання ґрунту, см	80
Кліматичний коефіцієнт $a_0$	50.00

### 2. Дані про дорогу

<b>Загальні дані:</b>	
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
<b>Профіль:</b>	
Поперечний профіль дороги	Двосхилий
Ширина смуги руху, м	3.75
Ширина узбіччя, м	3.75
Ширина укріпленої частини узбіччя, м	0.50
Закладення укосу, 1: m	1 : 4
Увігнутість поздовжнього профілю	Не враховується
Висота насипу, м	1.50

<b>Ґрунт:</b>	
Ґрунт робочого шару	Суглинок важкий піщанистий
Розрахункова вологість ґрунту, частки од.	Обчислюється за методикою: 0.81
Комплексну характеристику В визначати:	По таблиці
Комплексна характеристика В	3.50
<b>Джерело зволоження:</b>	
Джерело зволоження	Не задано
<b>Особливості:</b>	
Конструктивні заходи, що знижують вологість або впливають на розрахунок дренального шару	Не передбачені

### Визначення розрахункової вологості ґрунту робочого шару.

$$W_p = (\overline{W} - \Delta \overline{W}) * (1 + V_w * t) = (0.69 - 0.000) * (1 + 0.10 * 1.71) = 0.808$$

### 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.	1885609
Необхідний модуль пружності, МПа	303.39

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
RENAULT Premium HR 385.18 + Kassbohrer SB 12-20	38.0	-	179	1.0	1.0	1.040	2.288
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42.0	-	59	1.0	1.0	1.040	2.725

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

$$N_{1p} = f_{смуги} * \sum (N_{1m} * S_m) = 0.55 * (1898*0.000 + 240*0.000 + 377*0.403 + 106*1.147 + 146*0.001 + 264*0.065 + 132*3.559 + 179*2.288 + 59*2.725) = 732.11 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на останній рік служби:

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

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження:

$$\sum N_p = 0.7 * T_{рдр} * K_n * K_c * N_{1p} = 0.7 * 135 * 1.49 * 18.29 * 732.11 = 1885609 \text{ авт.}$$

де коефіцієнт суми:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл} - 1} - 1}{q - 1} = \frac{1.040^{14} - 1}{1.040 - 1} = 18.29$$

Обчислюємо потрібний модуль пружності:

$$E_{пот} = 42.843 * \ln(\sum N_p) - b = 42.843 * \ln(1885609) - 315.68 = 303.39 \text{ МПа}$$

#### **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 <sub>розр/вісь</sub> 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 штапу:

$$D = 0.01 * \sqrt{\frac{40 * Q_{розр}}{\pi * \rho}} = 0.01 * \sqrt{\frac{40 * 74.75}{\pi * 0.80}} = 0.3450 \text{ м}$$

## 5. Конструкція дорожнього одягу

Таблиця 2. Конструкція дорожнього одягу

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см		Модуль пружності, МПа			Середнє значення межі міцності на розтяг при згині R <sub>ср</sub>	Коефіцієнт m	Коефіцієнт Кпр	Вологість, Wp, частки од.	Коефіцієнт Кз	Зчеплення, С, МПа		Кут внутрішнього тертя, F, град		Щільність, ρ, кг/куб.м.
		Мінімальна, h <sub>min</sub>	Максимальна, h <sub>max</sub>	Пружний прогин, E	Зсув, Eзс	Згин, Eр						динаміка	статика	динаміка	статика	
1	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	5.0	5.0	2700	1450	3700	3.40	6.50	2.90	-	-	-	-	-	-	2400
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка I	12.0	12.0	3200	1440	4500	9.80	5.50	4.00	-	-	-	-	-	-	2400
3	Чорний щебінь, влаштований за способом заклинки	10.0	10.0	900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1800
4	Щебеново-піщана суміш С5	15.0	15.0	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
5	Пісок крупний	23.0	23.0	130	-	-	-	-	-	-	7.00	0.004	0.004	35.0	35.0	2000
6	Суглинок важкий піщанистий	-	-	20	-	-	-	-	-	0.808	1.50	0.010	0.010	9.5	9.5	2000

## Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

### 1) Розрахунок виконується для шару Пісок крупний

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{під}}{E_2} = \frac{19.72}{130.00} = 0.15; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{23.0}{34.50} = 0.67; \quad \frac{E_{2заг}}{E_2} = 0.352; \quad E_{2заг} = 0.352 * 130.00 = 45.80 \text{ МПа};$$

### 2) Розрахунок виконується для шару Щебенево-піщана суміш С5

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{під}}{E_3} = \frac{45.80}{280.00} = 0.16; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{15.0}{34.50} = 0.43; \quad \frac{E_{3заг}}{E_3} = 0.293; \quad E_{3заг} = 0.293 * 280.00 = 82.05 \text{ МПа};$$

### 3) Розрахунок виконується для шару Чорний щебінь, влаштований за способом заклинки

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{під}}{E_4} = \frac{82.05}{900.00} = 0.09; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{10.0}{34.50} = 0.29; \quad \frac{E_{4заг}}{E_4} = 0.146; \quad E_{4заг} = 0.146 * 900.00 = 131.49 \text{ МПа};$$

### 4) Розрахунок виконується для шару Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка І

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{під}}{E_5} = \frac{131.49}{3200.00} = 0.04; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{12.0}{34.50} = 0.35; \quad \frac{E_{5заг}}{E_5} = 0.088; \quad E_{5заг} = 0.088 * 3200.00 = 282.88 \text{ МПа};$$

### 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)

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{під}}{E_6} = \frac{282.88}{2700.00} = 0.10; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{5.0}{34.50} = 0.14; \quad \frac{E_{6заг}}{E_6} = 0.132; \quad E_{6заг} = 0.132 * 2700.00 = 357.70 \text{ МПа};$$

$$K_{мц} = \frac{E_{заг}}{E_{потр}} = \frac{357.70}{303.39} = 1.1790$$

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

$1.1790 < 1.43$  - умова не виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{мц} - K_{пр}^{тр}}{K_{пр}^{тр}} * 100\% = \frac{1.1790 - 1.43}{1.43} * 100\% = -17\%$$

## Розрахунок за умовою зсувостійкості робочого шару земляного полотна і шарів із незв'язних матеріалів.

### 1) Розрахунок виконується для шару Суглинок важкий піщанистий

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_8 = \frac{E_1 * h_1 + E_2 * h_2 + E_3 * h_3 + E_4 * h_4 + E_5 * h_5}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5} = \frac{1450 * 5.0 + 1440 * 12.0 + 900 * 10.0 + 280 * 15.0 + 130 * 23.0}{5.0 + 12.0 + 10.0 + 15.0 + 23.0} = 626.46 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями:} \quad \frac{E_8}{E_H} = \frac{626.46}{19.72} = 31.77 \quad \text{и} \quad \frac{h_8}{D} = \frac{65}{34.50} = 1.88$$

за допомогою номограми знаходимо питоме активне напруження зсуву від одиничного навантаження:

$$\bar{t}_a = 0.00901 \text{ МПа}$$

Діючі активні напруження зсуву:

$$T = t_n + t_v = 0.0072 + 0.00139 = 0.00860 \text{ МПа}$$

$$\text{де } t_n = t_a * p = 0.00901 * 0.80 = 0.0072 \text{ МПа}$$

$$t_v = 0.00001 * (5 - 0.3 * \varphi) * (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) = 0.00001 * (5 - 0.3 * 9.5) * (5.0 + 12.0 + 10.0 + 15.0 + 23.0) = 0.00139 \text{ МПа}$$

Граничне активне напруження зсуву:

$$T_{гр} = C_{гр} * k_1 * k_2 * k_3 = 0.010 * 1.0 * 0.780 * 1.5 = 0.01133 \text{ МПа}$$

$$\text{де } k_2 = 1.816 - 0.15 * \ln\left(\frac{\sum N_p}{(T_{др} * T_{сл})}\right) = 1.816 - 0.15 * \ln(1885609 / (135 * 14)) = 0.780 \text{ МПа}$$

$$K_{мц} = \frac{T_{гр}}{T} = \frac{0.01133}{0.00860} = 1.3168$$

Необхідний коефіцієнт міцності  $K_{мц}^{потр} = 1.48$

$1.3168 < 1.48$  - умова не виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{мц} - K_{мц}^{потр}}{K_{мц}^{потр}} * 100\% = \frac{1.3168 - 1.48}{1.48} * 100\% = -11\%$$

## 2) Розрахунок виконується для шару Пісок крупний

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_{в} = \frac{E_1 * h_1 + E_2 * h_2 + E_3 * h_3 + E_4 * h_4}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4} = \frac{1450 * 5.0 + 1440 * 12.0 + 900 * 10.0 + 280 * 15.0}{5.0 + 12.0 + 10.0 + 15.0} = 898.33 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями: } \frac{E_{в}}{E_{н}} = \frac{898.33}{45.80} = 19.61 \quad \text{и} \quad \frac{h_{в}}{D} = \frac{42}{34.50} = 1.22$$

за допомогою номограми знаходимо питоме активне напруження зсуву від одиничного навантаження:

$$\bar{t}_a = 0.01082 \text{ МПа}$$

Діючі активні напруження зсуву:

$$T = t_n + t_v = 0.0087 + -0.00231 = 0.00635 \text{ МПа}$$

$$\text{де } t_n = t_a * p = 0.01082 * 0.80 = 0.0087 \text{ МПа}$$

$$t_v = 0.00001 * (5 - 0.3 * \varphi) * (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) = 0.00001 * (5 - 0.3 * 35.0) * (5.0 + 12.0 + 10.0 + 15.0) = -0.00231 \text{ МПа}$$

Граничне активне напруження зсуву:

$$T_{гр} = C_{гр} * k_1 * k_2 * k_3 = 0.004 * 1.0 * 0.780 * 7.0 = 0.02185 \text{ МПа}$$

$$\text{де } k_2 = 1.816 - 0.15 * \ln\left(\frac{\sum N_p}{(T_{др} * T_{сл})}\right) = 1.816 - 0.15 * \ln(1885609 / (135 * 14)) = 0.780 \text{ МПа}$$

$$K_{мц} = \frac{T_{гр}}{T} = \frac{0.02185}{0.00635} = 3.4415$$

Необхідний коефіцієнт міцності  $K_{мц}^{потр} = 1.48$

$3.4415 > 1.48$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{мц} - K_{мц}^{потр}}{K_{мц}^{потр}} * 100\% = \frac{3.4415 - 1.48}{1.48} * 100\% = +132\%$$

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

1) Розрахунок на згин виконується для шару Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка І

Середньозважений модуль пружності шарів:

$$E_{\text{в}} = \frac{E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2}{h_1 + h_2} = \frac{3700 \cdot 5.0 + 4500 \cdot 12.0}{5.0 + 12.0} = 4264.71 \text{ МПа}$$

За відношеннями:  $\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} = \frac{4264.71}{131.49} = 32.433$  и  $\frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{17.00}{34.50} = 0.49$

За номограмі визначаємо:  $\overline{\sigma}_r = 2.018 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r \cdot p \cdot k_{\text{в}} = 2.018 \cdot 0.80 \cdot 0.85 = 1.372 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{3\text{в}} = R_p \cdot k_m \cdot k_T \cdot k_{\text{кп}} = 8.124 \cdot 0.95 \cdot 0.85 \cdot 0.289 = 1.897 \text{ МПа}$$

$$\text{де } R_p = R_{\text{лаб}} \cdot (1 - t \cdot V_m) = 9.80 \cdot (1 - 1.71 \cdot 0.10) = 8.124 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт, який враховує вплив повторних навантаження у нерозрахунковий період,  $k_{\text{кп}}$ :

$$k_{\text{кп}} = k_{\text{пр}} \cdot \sum N_p^{(-1/m)} = 4.00 \cdot 1885609^{(-1/5.50)} = 0.289$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{R_{3\text{в}}}{\sigma_r} = \frac{1.897}{1.372} = 1.3823$$

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

$1.3823 > 1.35$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}^{\text{потр}}} \cdot 100\% = \frac{1.3823 - 1.35}{1.35} \cdot 100\% = +2\%$$

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Розрахункова товщина шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езаг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Rзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gг, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.	Вартість, гривні/кв.м
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %						
1	Щебеневомастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	5.0	358	Пружний прогин	1.18	-17%	-	-	-	-	-	-
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка І	12.0	283	Розтяг	1.38	+2%	-	-	1.897	1.372	-	-
3	Чорний щебінь, влаштований за способом заклинки	10.0	131	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Щебенево-піщана суміш С5	15.0	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Пісок крупний	23.0	46	Зсув	3.44	+132%	0.02185	0.00635	-	-	-	-
6	Суглинок важкий піщанистий	-	20	Зсув	1.32	-11%	0.01133	0.00860	-	-	0.808	-
Сумарна товщина конструкції:		65.0	Підсумкова вартість конструкції:									-

## **6. Інформація**

- \* Запас міцності за загальним модулем пружності недостатній
- \* Напруження зсуву більше допустимих

### Розрахункові характеристики та результати розрахунку

Епотр=303		Езаг МПа	Запас міцності
5.0	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	283	Кмц=1.18 -17%
12.0	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка I	131	Кмц=1.38 +2%
10.0	Чорний щебінь, влаштований за способом заклинки	82	
15.0	Щебеново-піщана суміш С5	46	
23.0	Пісок крупний	20	Кмц=3.44 +132%
	Суглинок важкий піщанистий		Кмц=1.32 -11%

Нр. = 65.0 см.

Е, С, R - МПа; F - град.

**Розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу  
за методикою ГБН В.2.3-37641918-559**

Найменування дороги	
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	2вар

**1. Кліматичні характеристики**

Дорожньо-кліматична зона	2
Підзона	У П Р.4
Схема зволоження робочого шару	1
Кількість розрахункових днів у році, днів	135
Глибина промерзання ґрунту, см	80
Кліматичний коефіцієнт $a_0$	50.00

**2. Дані про дорогу**

<b>Загальні дані:</b>	
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
<b>Профіль:</b>	
Поперечний профіль дороги	Двосхилий
Ширина смуги руху, м	3.75
Ширина узбіччя, м	3.75
Ширина укріпленої частини узбіччя, м	0.50
Закладення укосу, 1: m	1 : 4
Увігнутість поздовжнього профілю	Не враховується

Висота насипу, м	1.50
<b>Ґрунт:</b>	
Ґрунт робочого шару	Суглинок важкий піщанистий
Розрахункова вологість ґрунту, частки од.	Обчислюється за методикою: 0.81
Комплексну характеристику В визначати:	По таблиці
Комплексна характеристика В	3.50
<b>Джерело зволоження:</b>	
Джерело зволоження	Не задано
<b>Особливості:</b>	
Конструктивні заходи, що знижують вологість або впливають на розрахунок дренавального шару	Не передбачені

### Визначення розрахункової вологості ґрунту робочого шару.

$$W_p = (\overline{W} - D \overline{W}) * (1 + V_w * t) = (0.69 - 0.000) * (1 + 0.10 * 1.71) = 0.808$$

### 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.	1885609

Необхідний модуль пружності, МПа	303.39
----------------------------------	--------

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
RENAULT Premium HR 385.18 + Kassbohrer SB 12-20	38.0	-	179	1.0	1.0	1.040	2.288
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42.0	-	59	1.0	1.0	1.040	2.725

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

$$N_{Ip} = f_{\text{смуги}} * \sum (N_{Im} * S_m) = 0.55 * (1898*0.000 + 240*0.000 + 377*0.403 + 106*1.147 + 146*0.001 + 264*0.065 + 132*3.559 + 179*2.288 + 59*2.725) = 732.11 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на останній рік служби:

$$N_t = N_{Ip} * q^{T_{\text{сл}} - 1} = 732.11 * 1.040^{14-1} = 1219.01 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження:

$$\sum N_p = 0.7 * T_{\text{рдр}} * K_n * K_c * N_{Ip} = 0.7 * 135 * 1.49 * 18.29 * 732.11 = 1885609 \text{ авт.}$$

де коефіцієнт суми:

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}} - 1} - 1}{q - 1} = \frac{1.040^{14} - 1}{1.040 - 1} = 18.29$$

Обчислюємо потрібний модуль пружності:

$$E_{\text{пот}} = 42.843 * \ln(\sum N_p) - b = 42.843 * \ln(1885609) - 315.68 = 303.39 \text{ МПа}$$

#### 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 штамп $D$ , м	0.3450

**Визначення параметрів розрахункового навантаження:**

Розрахунок динамічного навантаження:  
 $Q_{розр} = Q_i * K_{дин} = 57.50 * 1.3 = 74.75$  кН

Розрахунок діаметра штамп:

$$D = 0.01 * \sqrt{\frac{40 * Q_{розр}}{p * p}} = 0.01 * \sqrt{\frac{40 * 74.75}{p * 0.80}} = 0.3450 \text{ м}$$

## 5. Конструкція дорожнього одягу

Таблиця 2. Конструкція дорожнього одягу

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см		Модуль пружності, МПа			Середнє значення межі міцності на розтяг при згині R, МПа	Коефіцієнт m	Коефіцієнт Kпр	Вологість, Wр, частки од.	Коефіцієнт КЗ	Зчеплення, С, МПа		Кут внутрішнього тертя, F, град		Щільність, р, кг/куб.м.
		Мінім альна, hmin	Максимальна, hmax	Пружний прогин, E	Зсув, Eзс	Згин, Ep						динаміка	статика	динаміка	статика	
1	Щебеневомастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	6.0	6.0	2700	1450	3700	3.40	6.50	2.90	-	-	-	-	-	-	2400
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка I	12.0	12.0	3200	1440	4500	9.80	5.50	4.00	-	-	-	-	-	-	2400
3	Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М20	17.0	17.0	400	-	400	0.500	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
4	Щебенево-піщана суміш С5	23.0	23.0	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
5	Пісок крупний	23.0	23.0	130	-	-	-	-	-	-	7.00	0.004	0.004	35.0	35.0	2000
6	Суглинок важкий піщанистий	-	-	20	-	-	-	-	-	0.808	1.50	0.010	0.010	9.5	9.5	2000

## Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

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

### 1) Розрахунок виконується для шару Пісок крупний

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_2} = \frac{19.72}{130.00} = 0.15; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{23.0}{34.50} = 0.67; \quad \frac{E_{2заг}}{E_2} = 0.352; \quad E_{2заг} = 0.352 * 130.00 = 45.80 \text{ МПа};$$

### 2) Розрахунок виконується для шару Щебенево-піщана суміш С5 (280)

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_3} = \frac{45.80}{280.00} = 0.16; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{23.0}{34.50} = 0.67; \quad \frac{E_{3заг}}{E_3} = 0.368; \quad E_{3заг} = 0.368 * 280.00 = 103.14 \text{ МПа};$$

### 3) Розрахунок виконується для шару ЩПС, укріпл. цем. М20

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_4} = \frac{103.14}{400.00} = 0.26; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{17.0}{34.50} = 0.49; \quad \frac{E_{4заг}}{E_4} = 0.425; \quad E_{4заг} = 0.425 * 400.00 = 169.97 \text{ МПа};$$

### 4) Розрахунок виконується для шару А/б щільний БНД 60/90

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_5} = \frac{169.97}{3200.00} = 0.05; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{12.0}{34.50} = 0.35; \quad \frac{E_{5заг}}{E_5} = 0.112; \quad E_{5заг} = 0.112 * 3200.00 = 358.38 \text{ МПа};$$

### 5) Розрахунок виконується для шару ЩМА-20 на БМПА 60/90-53

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_6} = \frac{358.38}{2700.00} = 0.13; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{6.0}{34.50} = 0.17; \quad \frac{E_{6заг}}{E_6} = 0.169; \quad E_{6заг} = 0.169 * 2700.00 = 455.04 \text{ МПа};$$

$$K_{ми} = \frac{E_{заг}}{E_{потр}} = \frac{455.04}{303.39} = 1.4998$$

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

$1.4998 > 1.43$  - умова виконана

## Розрахунок за умовою зсувостійкості робочого шару земляного полотна і шарів із незв'язних матеріалів.

### 1) Розрахунок виконується для шару Суглинок важкий піщанистий

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_6 = \frac{E_1 * h_1 + E_2 * h_2 + E_3 * h_3 + E_4 * h_4 + E_5 * h_5}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5} = \frac{1450 * 6.0 + 1440 * 12.0 + 400 * 17.0 + 280 * 23.0 + 130 * 23.0}{6.0 + 12.0 + 17.0 + 23.0 + 23.0} = 521.11 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями:} \quad \frac{E_6}{E_H} = \frac{521.11}{19.72} = 26.42 \quad \text{и} \quad \frac{h_6}{D} = \frac{81}{34.50} = 2.35$$

за допомогою номограми знаходимо питоме активне напруження зсуву від одиничного навантаження:

$$\bar{t}_a = 0.00715 \text{ МПа}$$

Діючі активні напруження зсуву:

$$T = t_H + t_V = 0.0057 + 0.00174 = 0.00746 \text{ МПа}$$

$$\text{де} \quad t_H = t_a * p = 0.00715 * 0.80 = 0.0057 \text{ МПа}$$

$$t_V = 0.00001 * (5 - 0.3 * j) * (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) = 0.00001 * (5 - 0.3 * 9.5) * (6.0 + 12.0 + 17.0 + 23.0 + 23.0) =$$

$$0.00174 \text{ МПа}$$

Граничне активне напруження зсуву:

$$T_{гр} = C_{2р} * k_1 * k_2 * k_3 = 0.010 * 1.0 * 0.780 * 1.5 = 0.01133 \text{ МПа}$$

$$\text{де } k_2 = 1.816 - 0.15 * \ln\left(\frac{\sum N_p}{(T_{рдр} * T_{сл})}\right) = 1.816 - 0.15 * \ln(1885609 / (135 * 14)) = 0.780 \text{ МПа}$$

$$K_{мц} = \frac{T_{зр}}{T} = \frac{0.01133}{0.00746} = 1.5188$$

$$\text{Необхідний коефіцієнт міцності } K_{мц}^{потр} = 1.48$$

1.5188 > 1.48 - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{мц} - K_{мц}^{потр}}{K_{мц}} * 100\% = \frac{1.5188 - 1.48}{1.5188} * 100\% = +2\%$$

## 2) Розрахунок виконується для шару Пісок крупний

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_в = \frac{E1 * h1 + E2 * h2 + E3 * h3 + E4 * h4}{h1 + h2 + h3 + h4} = \frac{1450 * 6.0 + 1440 * 12.0 + 400 * 17.0 + 280 * 23.0}{6.0 + 12.0 + 17.0 + 23.0} = 676.21 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями: } \frac{E_в}{E_н} = \frac{676.21}{45.80} = 14.76 \quad \text{и} \quad \frac{h_в}{D} = \frac{58}{34.50} = 1.68$$

за допомогою номограми знаходимо питоме активне напруження зсуву від одиничного навантаження:  
 $\bar{t}_a = 0.00743 \text{ МПа}$

Діючі активні напруження зсуву:

$$T = t_n + t_v = 0.0059 + -0.00319 = 0.00276 \text{ МПа}$$

$$\text{де } t_n = t_a * p = 0.00743 * 0.80 = 0.0059 \text{ МПа}$$

$$t_v = 0.00001 * (5 - 0.3 * j) * (h1 + h2 + h3 + h4) = 0.00001 * (5 - 0.3 * 35.0) * (6.0 + 12.0 + 17.0 + 23.0) = -0.00319$$

МПа

Граничне активне напруження зсуву:

$$T_{зр} = C_{зр} * k_1 * k_2 * k_3 = 0.004 * 1.0 * 0.780 * 7.0 = 0.02185 \text{ МПа}$$

$$\text{де } k_2 = 1.816 - 0.15 * \ln\left(\frac{\sum N_p}{(T_{рдр} * T_{сл})}\right) = 1.816 - 0.15 * \ln(1885609 / (135 * 14)) = 0.780 \text{ МПа}$$

$$K_{мц} = \frac{T_{зр}}{T} = \frac{0.02185}{0.00276} = 7.9253$$

$$\text{Необхідний коефіцієнт міцності } K_{мц}^{потр} = 1.48$$

7.9253 > 1.48 - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{мц} - K_{мц}^{потр}}{K_{мц}} * 100\% = \frac{7.9253 - 1.48}{7.9253} * 100\% = +81\%$$

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

### 1) Розрахунок на згин виконується для шару А/б щільний БНД 60/90

Середньозважений модуль пружності шарів:

$$E_в = \frac{E1 * h1 + E2 * h2}{h1 + h2} = \frac{3700 * 6.0 + 4500 * 12.0}{6.0 + 12.0} = 4233.33 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями: } \frac{E_в}{E_н} = \frac{4233.33}{169.97} = 24.906 \quad \text{и} \quad \frac{h_в}{D} = \frac{18.00}{34.50} = 0.52$$

За номограми визначаємо:  $\bar{s}_r = 1.723 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$s_r = \bar{s}_r * p * k_в = 1.723 * 0.80 * 0.85 = 1.172 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{32} = R_p * k_m * k_T * k_{кп} = 8.124 * 0.95 * 0.85 * 0.289 = 1.897 \text{ МПа}$$

$$\text{де } R_p = R_{\text{лаб}} * (1 - t * V_m) = 9.80 * (1 - 1.71 * 0.10) = 8.124 \text{ МПа}$$

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

$$k_{кп} = k_{пр} * \sum N_p^{(-1/m)} = 4.00 * 1885609^{(-1/5.50)} = 0.289$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{R_{32}}{s_r} = \frac{1.897}{1.172} = 1.6187$$

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

$1.6187 > 1.35$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}} * 100\% = \frac{1.6187 - 1.35}{1.6187} * 100\% = +16\%$$

## Розрахунок за умовою згину монолітних основ (напівжорстких).

### 1) Розрахунок на згин виконується для шару ЩПС, укріпл. цем. М20

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_в = \frac{E_1 * h_1 + E_2 * h_2}{h_1 + h_2} = \frac{3700 * 6.0 + 4500 * 12.0}{6.0 + 12.0} = 4233.33 \text{ МПа}$$

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:

$$E_2 = 400.00 \text{ МПа}$$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:

$$E_3 = 103.14 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями: } \frac{E_1}{E_2} = \frac{4233.33}{400.00} = 10.583, \frac{E_2}{E_3} = \frac{400.00}{103.14} = 3.878 \text{ и } \frac{h_в}{D} = \frac{35.00}{34.50} = 1.01$$

За номограмі визначаємо:  $\bar{s}_r = 0.172 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$s_r = \bar{s}_r * p * k_в = 0.172 * 0.80 * 1.0 = 0.137 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{32} = R_p = 0.500 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{R_{32}}{s_r} = \frac{0.500}{0.137} = 3.6428$$

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

$3.6428 > 1.35$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}} * 100\% = \frac{3.6428 - 1.35}{3.6428} * 100\% = +62\%$$

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Розрахунок товщини шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Rзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gг, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.	Вартість, гривні/кв.м
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-),%						
1	Щебеневомастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	6.0	455	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка І	12.0	358	Розтяг	1.62	+16%	-	-	1.897	1.172	-	-
3	Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М20	17.0	170	Розтяг	3.64	+62%	-	-	0.500	0.137	-	-
4	Щебенево-піщана суміш С5	23.0	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Пісок крупний	23.0	46	Зсув	7.93	+81%	0.02185	0.00276	-	-	-	-
6	Суглинок важкий піщанистий	-	20	Зсув	1.52	+2%	0.01133	0.00746	-	-	0.808	-
Сумарна товщина конструкції:		81.0	Підсумкова вартість конструкції:									-

## **6. Інформація**

\* Розрахунок виконаний. Зауважень немає.

### Розрахункові характеристики та результати розрахунку

Епотр=303		Езаг МПа	Запас міцності Кмц=1.50
6.0	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	E = 2700 E <sub>p</sub> = 3700 R= 3.40 E <sub>зс</sub> = 1450	358
12.0	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка І	E = 3200 E <sub>p</sub> = 4500 R= 9.80 E <sub>зс</sub> = 1440	170
17.0	Щебеново-піщані суміші, укріплені цементом М20	E = 400 R <sub>и</sub> = 0.50	103
23.0	Щебеново-піщана суміш С5	E = 280	46
23.0	Пісок крупний	E = 130 F = 35.0 C = 0.004	20
	Суглинок важкий піщанистий	W <sub>p</sub> = 0.808 E = 20 F = 9.5 C = 0.010	

Нр = 81.0 см.

1.897 МПа

Кмц=1.62  
+16%

1.172 МПа

0.500 МПа

Кмц=3.64  
+62%

0.137 МПа

0.02185

Кмц=7.93  
+81%

0.00276

0.01133

Кмц=1.52  
+2%

0.00746

E, C, R - МПа; F - град.

**Розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу  
за методикою ГБН В.2.3-37641918-559**

Найменування дороги	
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	Варіант 3

**1. Кліматичні характеристики**

Дорожньо-кліматична зона	2
Підзона	У II Р.4
Схема зволоження робочого шару	1
Кількість розрахункових діб у році, діб	135
Глибина промерзання ґрунту, см	80
Кліматичний коефіцієнт $a_0$	50.00

**2. Дані про дорогу**

<b>Загальні дані:</b>	
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
<b>Профіль:</b>	
Поперечний профіль дороги	Двосхилий
Ширина смуги руху, м	3.75
Ширина узбіччя, м	3.75
Ширина укріпленої частини узбіччя, м	0.50
Закладення укосу, 1: m	1 : 4
Увігнутість поздовжнього профілю	Не враховується
Висота насипу, м	1.50

<b>Ґрунт:</b>	
Ґрунт робочого шару	Суглинок важкий піщанистий
Розрахункова вологість ґрунту, частки од.	Обчислюється за методикою: 0.73
Комплексну характеристику В визначати:	По таблиці
Комплексна характеристика В	3.50
<b>Джерело зволоження:</b>	
Джерело зволоження	Не задано
<b>Особливості:</b>	
Конструктивні заходи, що знижують вологість або впливають на розрахунок дренавального шару	
	- Геотекстиль + жорстка сітка + геотекстиль

### Визначення розрахункової вологості ґрунту робочого шару.

$$W_p = (\overline{W} - D \overline{W}) * (1 + V_w * t) = (0.69 - 0.070) * (1 + 0.10 * 1.71) = 0.726$$

### 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.	1885609
Необхідний модуль пружності, МПа	303.39

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
RENAULT Premium HR 385.18 + Kassbohrer SB 12-20	38.0	-	179	1.0	1.0	1.040	2.288
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42.0	-	59	1.0	1.0	1.040	2.725

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

$$N_{Ip} = f_{смуги} * \sum (N_{Im} * S_m) = 0.55 * (1898*0.000 + 240*0.000 + 377*0.403 + 106*1.147 + 146*0.001 + 264*0.065 + 132*3.559 + 179*2.288 + 59*2.725) = 732.11 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на останній рік служби:

$$N_t = N_{Ip} * q^{T_{сл} - 1} = 732.11 * 1.040^{14-1} = 1219.01 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження:

$$\sum N_p = 0.7 * T_{рдр} * K_n * K_c * N_{Ip} = 0.7 * 135 * 1.49 * 18.29 * 732.11 = 1885609 \text{ авт.}$$

де коефіцієнт суми:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1} = \frac{1.040^{14} - 1}{1.040 - 1} = 18.29$$

Обчислюємо потрібний модуль пружності:

$$E_{пот} = 42.843 * \ln(\sum N_p) - b = 42.843 * \ln(1885609) - 315.68 = 303.39 \text{ МПа}$$

#### 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, Qрозр/вісь кН	115.00

Тиск в шинах $p$ , МПа	0.80
Діаметр штампa $D$ , 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 штампy:*

$$D = 0.01 * \sqrt{\frac{40 * Q_{розр}}{p * p}} = 0.01 * \sqrt{\frac{40 * 74.75}{p * 0.80}} = 0.3450 \text{ м}$$

**5. Конструкція дорожнього одягу**

Таблиця 2. Конструкція дорожнього одягу

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см		Модуль пружності, МПа			Середнє значення межі міцності на розтяг при згині R <sub>ср</sub>	Коефіцієнт m	Коефіцієнт K <sub>пр</sub>	Вологість, W <sub>p</sub> , частки од.	Коефіцієнт K <sub>з</sub>	Зчеплення, С, МПа		Кут внутрішнього тертя, F, град		Щільність, ρ, кг/куб.м.
		Мінім альна, h <sub>min</sub>	Макси мальна, h <sub>max</sub>	Пружний прогин, E	Зсув, E <sub>зс</sub>	Згин, E <sub>р</sub>						динаміка	статика	динаміка	статика	
1	Щебеневомастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	6.0	6.0	2700	1450	3700	3.40	6.50	2.90	-	-	-	-	-	-	2400
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка I	12.0	12.0	3200	1440	4500	9.80	5.50	4.00	-	-	-	-	-	-	2400
3	Матеріал за технологією холодного ресайклінгу з додаванням мінеральних матеріалів, укріплені комплексним в'язучим M20	21.0	21.0	470	-	470	0.350	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
4	Щебенево-піщана суміш C5	21.0	21.0	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
5	Пісок крупний	21.0	21.0	130	-	-	-	-	-	-	7.00	0.004	0.004	35.0	35.0	2000
-	Армуючий геоматеріал	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Суглинок важкий піщанистий	-	-	33	-	-	-	-	-	0.726	1.50	0.014	0.014	14.0	14.0	2000

## Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

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

### 1) Розрахунок виконується для шару Пісок крупний

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_2} = \frac{33.32}{130.00} = 0.26; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{21.0}{34.50} = 0.61; \quad \frac{E_{2заг}}{E_2} = 0.461; \quad E_{2заг} = 0.461 * 130.00 = 59.89 \text{ МПа};$$

### 2) Розрахунок виконується для шару Щебенево-піщана суміш С5 (280)

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_3} = \frac{59.89}{280.00} = 0.21; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{21.0}{34.50} = 0.61; \quad \frac{E_{3заг}}{E_3} = 0.414; \quad E_{3заг} = 0.414 * 280.00 = 115.79 \text{ МПа};$$

### 3) Розрахунок виконується для шару Хол. ресайкл.+ ММ+ комплексн. в'язуч. М20 (470)

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_4} = \frac{115.79}{470.00} = 0.25; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{21.0}{34.50} = 0.61; \quad \frac{E_{4заг}}{E_4} = 0.450; \quad E_{4заг} = 0.450 * 470.00 = 211.44 \text{ МПа};$$

### 4) Розрахунок виконується для шару А/б щільний БНД 60/90

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_5} = \frac{211.44}{3200.00} = 0.07; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{12.0}{34.50} = 0.35; \quad \frac{E_{5заг}}{E_5} = 0.130; \quad E_{5заг} = 0.130 * 3200.00 = 417.30 \text{ МПа};$$

### 5) Розрахунок виконується для шару ЩМА-20 на БМПА 60/90-53

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni\partial}}{E_6} = \frac{417.30}{2700.00} = 0.15; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{6.0}{34.50} = 0.17; \quad \frac{E_{6заг}}{E_6} = 0.192; \quad E_{6заг} = 0.192 * 2700.00 = 518.30 \text{ МПа};$$

$$K_{ми} = \frac{E_{заг}}{E_{потр}} = \frac{518.30}{303.39} = 1.7083$$

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

$1.7083 > 1.43$  - умова виконана

## Розрахунок за умовою зсувостійкості робочого шару земляного полотна і шарів із незв'язних матеріалів.

### 1) Розрахунок виконується для шару Суглинок важкий піщанистий

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_6 = \frac{E1*h1 + E2*h2 + E3*h3 + E4*h4 + E5*h5}{h1 + h2 + h3 + h4 + h5} = \frac{1450*6.0 + 1440*12.0 + 470*21.0 + 280*21.0 + 130*21.0}{6.0 + 12.0 + 21.0 + 21.0 + 21.0} = 548.89 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями:} \quad \frac{E_6}{E_H} = \frac{548.89}{33.32} = 16.48 \quad \text{и} \quad \frac{h_6}{D} = \frac{81}{34.50} = 2.35$$

за допомогою номограми знаходимо питоме активне напруження зсуву від одиничного навантаження:

$$\bar{t}_a = 0.00863 \text{ МПа}$$

Діючі активні напруження зсуву:

$$T = t_n + t_v = 0.0069 + 0.00066 = 0.00756 \text{ МПа}$$

$$\text{де} \quad t_n = t_a * p = 0.00863 * 0.80 = 0.0069 \text{ МПа}$$

$$t_v = 0.00001 * (5 - 0.3 * j) * (h1 + h2 + h3 + h4 + h5) = 0.00001 * (5 - 0.3 * 14.0) * (6.0 + 12.0 + 21.0 + 21.0 + 21.0)$$

$$= 0.00066 \text{ МПа}$$

Граничне активне напруження зсуву:

$$T_{гр} = C_{2р} * k_1 * k_2 * k_3 = 0.014 * 1.0 * 0.780 * 1.5 = 0.01690 \text{ МПа}$$

$$\text{де } k_2 = 1.816 - 0.15 * \ln\left(\frac{\sum N_p}{(T_{\text{рдр}} * T_{\text{сл}})}\right) = 1.816 - 0.15 * \ln(1885609 / (135 * 14)) = 0.780 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{T_{\text{зр}}}{T} = \frac{0.01690}{0.00756} = 2.2341$$

$$\text{Необхідний коефіцієнт міцності } K_{\text{мц}}^{\text{потр}} = 1.48$$

2.2341 > 1.48 - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}} * 100\% = \frac{2.2341 - 1.48}{2.2341} * 100\% = +33\%$$

## 2) Розрахунок виконується для шару Пісок крупний

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_{\text{с}} = \frac{E1 * h1 + E2 * h2 + E3 * h3 + E4 * h4}{h1 + h2 + h3 + h4} = \frac{1450 * 6.0 + 1440 * 12.0 + 470 * 21.0 + 280 * 21.0}{6.0 + 12.0 + 21.0 + 21.0} = 695.50 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями: } \frac{E_{\text{с}}}{E_{\text{н}}} = \frac{695.50}{59.89} = 11.61 \quad \text{и} \quad \frac{h_{\text{с}}}{D} = \frac{60}{34.50} = 1.74$$

за допомогою номограми знаходимо питоме активне напруження зсуву від одиничного навантаження:  
 $\bar{t}_a = 0.00796 \text{ МПа}$

Діючі активні напруження зсуву:

$$T = t_n + t_v = 0.0064 + -0.00330 = 0.00307 \text{ МПа}$$

$$\text{де } t_n = t_a * p = 0.00796 * 0.80 = 0.0064 \text{ МПа}$$

$$t_v = 0.00001 * (5 - 0.3 * j) * (h1 + h2 + h3 + h4) = 0.00001 * (5 - 0.3 * 35.0) * (6.0 + 12.0 + 21.0 + 21.0) = -0.00330$$

МПа

Граничне активне напруження зсуву:

$$T_{\text{зр}} = C_{\text{зр}} * k_1 * k_2 * k_3 = 0.004 * 1.0 * 0.780 * 7.0 = 0.02185 \text{ МПа}$$

$$\text{де } k_2 = 1.816 - 0.15 * \ln\left(\frac{\sum N_p}{(T_{\text{рдр}} * T_{\text{сл}})}\right) = 1.816 - 0.15 * \ln(1885609 / (135 * 14)) = 0.780 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{T_{\text{зр}}}{T} = \frac{0.02185}{0.00307} = 7.1183$$

$$\text{Необхідний коефіцієнт міцності } K_{\text{мц}}^{\text{потр}} = 1.48$$

7.1183 > 1.48 - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}} * 100\% = \frac{7.1183 - 1.48}{7.1183} * 100\% = +79\%$$

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

### 1) Розрахунок на згин виконується для шару А/б щільний БНД 60/90

Середньозважений модуль пружності шарів:

$$E_{\text{с}} = \frac{E1 * h1 + E2 * h2}{h1 + h2} = \frac{3700 * 6.0 + 4500 * 12.0}{6.0 + 12.0} = 4233.33 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями: } \frac{E_{\text{с}}}{E_{\text{н}}} = \frac{4233.33}{211.44} = 20.022 \quad \text{и} \quad \frac{h_{\text{с}}}{D} = \frac{18.00}{34.50} = 0.52$$

За номограми визначаємо:  $\bar{s}_r = 1.581 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$s_r = \bar{s}_r * p * k_{\text{с}} = 1.581 * 0.80 * 0.85 = 1.075 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{32} = R_p * k_m * k_T * k_{кп} = 8.124 * 0.95 * 0.85 * 0.289 = 1.897 \text{ МПа}$$

$$\text{де } R_p = R_{\text{лаб}} * (1 - t * V_m) = 9.80 * (1 - 1.71 * 0.10) = 8.124 \text{ МПа}$$

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

$$k_{кп} = k_{пр} * \sum N_p^{(-1/m)} = 4.00 * 1885609^{(-1/5.50)} = 0.289$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{R_{32}}{s_r} = \frac{1.897}{1.075} = 1.7640$$

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

$1.7640 > 1.35$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}} * 100\% = \frac{1.7640 - 1.35}{1.7640} * 100\% = +23\%$$

### Розрахунок за умовою згину монолітних основ (напівжорстких).

#### 1) Розрахунок на згин виконується для шару Хол. ресайкл.+ ММ+ комплексн. в'язуч. М20 (470)

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_в = \frac{E1 * h1 + E2 * h2}{h1 + h2} = \frac{3700 * 6.0 + 4500 * 12.0}{6.0 + 12.0} = 4233.33 \text{ МПа}$$

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:

$$E_2 = 470.00 \text{ МПа}$$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:

$$E_3 = 115.79 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями: } \frac{E1}{E2} = \frac{4233.33}{470.00} = 9.007, \frac{E2}{E3} = \frac{470.00}{115.79} = 4.059 \text{ и } \frac{h_в}{D} = \frac{39.00}{34.50} = 1.13$$

За номограмі визначаємо:  $\bar{s}_r = 0.155 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$s_r = \bar{s}_r * p * k_в = 0.155 * 0.80 * 1.0 = 0.124 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{32} = R_p = 0.350 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{R_{32}}{s_r} = \frac{0.350}{0.124} = 2.8271$$

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

$2.8271 > 1.35$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}} * 100\% = \frac{2.8271 - 1.35}{2.8271} * 100\% = +52\%$$

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Розрахунок товщини 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.	Вартість, гривні/кв.м
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кміц	величина, запас (+/-),%						
1	Щебеневомастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	6.0	518	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка І	12.0	417	Розтяг	1.76	+23%	-	-	1.897	1.075	-	-
3	Матеріал за технологією холодного ресайклінгу з додаванням мінеральних матеріалів, укріплені комплексним в'язучим М20	21.0	211	Розтяг	2.83	+52%	-	-	0.350	0.124	-	-
4	Щебенево-піщана суміш С5	21.0	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Пісок крупний	21.0	60	Зсув	7.12	+79%	0.02185	0.00307	-	-	-	-
-	Армуючий геоматеріал	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Суглинок важкий піщанистий	-	33	Зсув	2.23	+33%	0.01690	0.00756	-	-	0.726	-
Сумарна товщина конструкції:		81.0	Підсумкова вартість конструкції:									-

## **6. Інформація**

\* Розрахунок виконаний. Зауважень немає.

### Розрахункові характеристики та результати розрахунку

Епотр=303		Езаг МПа	Запас міцності Кмц=1.71
6.0	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі БМПА 60/90-53	E = 2700 E <sub>p</sub> = 3700 R= 3.40 E <sub>зс</sub> = 1450	417
12.0	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип А, Марка I	E = 3200 E <sub>p</sub> = 4500 R= 9.80 E <sub>зс</sub> = 1440	211
21.0	Матеріал за технологією холодного ресайклінгу з додаванням мінеральних матеріалів, укріплені комплексним в'язучим М20	E = 470 R <sub>и</sub> = 0.35	116
21.0	Щебеново-піщана суміш С5	E = 280	60
21.0	Пісок крупний	E = 130 F = 35.0 C = 0.004	33
	Армуючий геоматеріал		
	Суглинок важкий піщанистий	W <sub>p</sub> = 0.726 E = 33 F = 14.0 C = 0.014	

1.897 МПа	Кмц=1.76 +23%	1.075 МПа			
0.350 МПа	Кмц=2.83 +52%	0.124 МПа			
0.02185	Кмц=7.12 +79%	0.00307			
0.01690	Кмц=2.23 +33%	0.00756			

E, C, R - МПа; F - град.

**Розрахунок конструкції дорожнього одягу жорсткого типу  
з монолітного цементобетонного покриття за методикою ГБН В.2.3-37641918-557**

Найменування дороги	
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	Варіант 4

**1. Кліматичні характеристики**

Дорожньо-кліматична зона	2
Підзона	У П Р.4
Кліматичний район	А-1
Схема зволоження робочого шару	1
Кількість днів у році з позитивною температурою повітря	250
Глибина промерзання ґрунту, см	80
Кліматичний коефіцієнт $a_0$	50.00

**2. Дані про дорогу**

<b>Загальні дані:</b>	
Категорія дороги	II
Кількість смуг руху	2
Номер розрахункової смуги	1
Термін служби покриття, років	21
Коефіцієнт надійності	0.95
Необхідні коефіцієнти міцності за критерієм:	
- пружного прогину	1.43
- зсуву	1.42
- розтягу при згині	1.39
<b>Профіль:</b>	
Поперечний профіль дороги	Двосхилий
Ширина смуги руху, м	3.75
Ширина узбіччя, м	3.75

Ширина укріпленої частини узбіччя, м	0.50
Закладення укусу, 1: m	1 : 4
Висота насипу, м	1.50
<b>Ґрунт:</b>	
Ґрунт робочого шару	Суглинок важкий піщанистий
Розрахункова вологість ґрунту, частки од.	Обчислюється за методикою: 0.81
Комплексну характеристику В визначати:	По таблиці
Комплексна характеристика В	3.50
Коефіцієнт Пуассона основи	0.27
<b>Джерело зволоження:</b>	
Джерело зволоження	Відсутнє
<b>Покриття:</b>	
Армування покриття	Немає
Коефіцієнт місця розташування навантаження	Обчислюється за методикою: 1.50
Штирі в поперечних швах	Присутні
<b>Особливості:</b>	
Конструктивні заходи, що знижують вологість або впливають на розрахунок дренажного шару	Не передбачені

### Визначення розрахункової вологості ґрунту робочого шару.

$$W_p = (\overline{W} - D \overline{W}) * (1 + V_w * t) = (0.69 - 0.000) * (1 + 0.10 * 1.71) = 0.808$$

### 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 початковий рік служби, авт/добу.	3401
Інтенсивність руху на кінець перспективного проектного терміну служби, авт/добу.	7750

Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на початковий рік служби, авт/добу.	732.11
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на кінець останнього року служби, авт/добу.	1668.28
Сумарне розрахункове число прикладень на смугу за весь термін служби, авт.	5851217

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
RENAULT Premium HR 385.18 + Kassbohrer SB 12-20	38.0	-	179	1.0	1.0	1.040	2.288
SCANIA R114 4x2 340 +KRONE ADP24	42.0	-	59	1.0	1.0	1.040	2.725

Обчислюємо загальну інтенсивність на початковий рік служби:

$$N_0 = \sum N_{0m} = 1898 + 240 + 377 + 106 + 146 + 264 + 132 + 179 + 59 = 3401 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо розрахункову інтенсивність на кінець перспективного проектного терміну служби:

$$N = N_0 * q^t = 3401 * 1.040^{21} = 7750 \text{ авт/добу}$$

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

$$N_{1p} = f_1 * f_2 * N_0 * \sum (d_n * S_n) = 0.55 * 1.0 * 3401 * (0.558*0.000 + 0.071*0.000 + 0.111*0.403 + 0.031*1.147 + 0.043*0.001 + 0.078*0.065 + 0.039*3.559 + 0.053*2.288 + 0.017*2.725) = 732.11 \text{ авт/добу}$$

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

$$N_p = f_1 * f_2 * N * \sum (d_n * S_n) = 0.55 * 1.0 * 7750 * (0.558*0.000 + 0.071*0.000 + 0.111*0.403 + 0.031*1.147 + 0.043*0.001 + 0.078*0.065 + 0.039*3.559 + 0.053*2.288 + 0.017*2.725) = 1668.28 \text{ авт/добу}$$

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження при добовій інтенсивності  $N_{1p}$ :

$$N_{pt} = N_{1p} * n_c * \frac{(q^t - 1)}{(q - 1)} = 732.11 * 250 * \frac{(1.040^{21} - 1)}{(1.040 - 1)} = 5851217 \text{ авт}$$

#### 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 штамп $D$ , 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 штамп:*

$$D = 0.01 * \sqrt{\frac{40 * Q_{розр}}{p * p}} = 0.01 * \sqrt{\frac{40 * 74.75}{p * 0.80}} = 0.3450 \text{ м}$$

## 5. Конструкція дорожнього одягу

Таблиця 2. Конструкція дорожнього одягу

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см		Модуль пружності, МПа			Середнє значення межі міцності на розтяг при згині R, МПа	Коефіцієнт m	Коефіцієнт Kпр	Вологість, Wр, частки од.	Коефіцієнт КЗ	Зчеплення, С, МПа		Кут внутрішнього тертя, F, град		Щільність, р, кг/куб.м.	
		Мінім альна, hmin	Максимальна, hmax	Пружний прогин, E	Зсув, Eзс	Згин, Ер						динаміка	статика	динаміка	статика		
1	Важкий бетон класа Bbtb 4.4	26.0	26.0	35300	1770	-	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2400
2	Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М60	18.0	18.0	900	-	900	0.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
3	Щебенево-піщана суміш С5	21.0	21.0	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
4	Суглинок важкий піщанистий	-	-	20	-	-	-	-	-	0.808	1.50	0.010	0.010	9.5	9.5	-	2000

## Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

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

### 1) Розрахунок виконується для шару Щебенево-піщана суміш С5 (280)

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni} \delta}{E_2} = \frac{19.72}{280.00} = 0.07; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{21.0}{34.50} = 0.61; \quad \frac{E_{2екв}}{E_2} = 0.204; \quad E_{2екв} = 0.204 * 280.00 = 57.03 \text{ МПа};$$

### 2) Розрахунок виконується для шару ЩПС, укріпл. цем. М60

$$\frac{E_H}{E_6} = \frac{E_{ni} \delta}{E_3} = \frac{57.03}{900.00} = 0.06; \quad \frac{h_6}{D} = \frac{18.0}{34.50} = 0.52; \quad \frac{E_{3екв}}{E_3} = 0.171; \quad E_{3екв} = 0.171 * 900.00 = 154.10 \text{ МПа};$$

## Розрахунок за умовою зсувостійкості робочого шару земляного полотна і шарів із незв'язних матеріалів.

### 1) Розрахунок виконується для шару Суглинок важкий піщанистий

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_6 = \frac{E1 * h1 + E2 * h2 + E3 * h3}{h1 + h2 + h3} = \frac{1770 * 26.0 + 900 * 18.0 + 280 * 21.0}{26.0 + 18.0 + 21.0} = 1047.69 \text{ МПа}$$

За відношеннями:  $\frac{E_6}{E_H} = \frac{1047.69}{19.72} = 53.12$     и     $\frac{h_6}{D} = \frac{65}{34.50} = 1.88$

за допомогою номограми знаходимо питоме активне напруження зсуву від одиничного навантаження:

$$\frac{t}{a} = 0.00566 \text{ МПа}$$

Діючі активні напруження зсуву:

$$T = t_n + t_v = 0.0045 + 0.00139 = 0.00592 \text{ МПа}$$

$$\text{де } t_n = t_a * p = 0.00566 * 0.80 = 0.0045 \text{ МПа}$$

$$t_v = 0.00001 * (5 - 0.3 * j) * (h1 + h2 + h3) = 0.00001 * (5 - 0.3 * 9.5) * (26.0 + 18.0 + 21.0) = 0.00139 \text{ МПа}$$

Граничне активне напруження зсуву:

$$T_{2p} = C_{2p} * k_1 * k_2 * k_3 = 0.010 * 1.0 * 0.764 * 1.5 = 0.01109 \text{ МПа}$$

$$\text{де } k_2 = 1.816 - 0.15 * \ln\left(\frac{\sum N_p}{(T_{рдр} * T_{сл})}\right) = 1.816 - 0.15 * \ln(5851217 / (250 * 21)) = 0.764 \text{ МПа}$$

$$K_{мц} = \frac{T_{2p}}{T} = \frac{0.01109}{0.00592} = 1.8728$$

Необхідний коефіцієнт міцності  $K_{мц}^{потр} = 1.42$

$1.8728 > 1.42$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{мц} - K_{мц}^{потр}}{K_{мц}} * 100\% = \frac{1.8728 - 1.42}{1.8728} * 100\% = +24\%$$

## Розрахунок монолітного цементобетонного покриття.

Визначають коефіцієнт втоми бетону при повторному навантаженні  $K_y$ :

$$K_y = 1.08 * (\sum N_p)^{-0.063} = 1.08 * (5851217)^{-0.063} = 0.405$$

Визначають розрахунковий опір бетону на розтяг при згині  $R_i^P$ :

$$R_i^P = B_{tb} * K_M * K_y = 4.400 * 1.200 * 0.405 = 2.137 \text{ МПа}$$

Визначають коефіцієнт, що враховує вплив місця розташування навантаження:  $K_M = 1.50$

Визначають коефіцієнт, що враховує умови роботи:  $K_{умв} = 0.66$

Визначають коефіцієнт, що враховує вплив штирьових з'єднань на умови контактування плит з основою:  $K_{шт} = 1.00$

Визначають коефіцієнт, що враховує вплив температурного короблення плит:  $K_t = 0.67$

Визначають коефіцієнт Пуассона основи:  $m_0 = 0.27$

Визначають коефіцієнт Пуассона бетону:  $m = 0.20$

Визначають пружню характеристику плити  $l_{np}$ :

$$l_{np} = h * \sqrt[3]{\frac{E * (1 - m_0^2)}{6 * E_0^3 * (1 - m^2)}} = 26 * \sqrt[3]{\frac{35300 * (1 - 0.27^2)}{6 * 154.102 * (1 - 0.20^2)}} = 86.54 \text{ см}$$

Визначають радіус відбитка колеса  $R$ :

$$R = \sqrt{\frac{Qp}{0.1 * p * p_{ш}}} = \sqrt{\frac{74.8}{0.1 * p * 0.80}} = 17.25 \text{ см}$$

Визначають напруження розтягу при згині  $s_{pt}$ , що виникають в бетонному покритті:

$$s_{pt} = \frac{Qp * K_m * 60 * K_{умв} * K_{шт}}{h^2 * K_t} * (0.0592 - 0.09284 * \ln \frac{R}{l_{np}}) =$$

$$= \frac{74.8 * 1.50 * 60 * 0.66 * 1.00}{26^2 * 0.67} * (0.0592 - 0.09284 * \ln \frac{17.25}{86.54}) = 2.048 \text{ МПа}$$

$$K_{мц} = \frac{R_i^p * K_p}{s_{pt}} = \frac{2.137 * 1.60}{2.048} = 1.6689$$

Необхідний коефіцієнт міцності  $K_{мц}^{нотр} = 1.39$

$1.6689 > 1.39$  – условие прочности выполнено

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{мц} - K_{мц}^{нотр}}{K_{мц}} * 100\% = \frac{1.6689 - 1.39}{1.6689} * 100\% = +16\%$$

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Розрахунок товщини 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.	Вартість, гривні/кв.м
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %						
1	Важкий бетон класа Bbtb 4.4	26.0	-	Розтяг	1.67	+16%	-	-	2.137	2.048	-	-
2	Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М60	18.0	154	Розтяг	3.52	+60%	-	-	0.500	0.142	-	-
3	Щебенево-піщана суміш С5	21.0	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Суглинок важкий піщанистий	-	20	Зсув	1.87	+24%	0.01109	0.00592	-	-	0.808	-
Сумарна товщина конструкції:		65.0	Підсумкова вартість конструкції:									-

## **6. Інформація**

*\* Розрахунок виконаний. Зауважень немає.*

### Розрахункові характеристики та результати розрахунку

Еекв  
МПа

<p>Нр. = 65.0 см.</p> <p>26.0</p> <p>18.0</p> <p>21.0</p>	Важкий бетон класа Bbtb 4.4	$E = 35300$ $E_{розр} = 1770$ $Bbtb = 4.4$	154	$2.137 \text{ МПа}$ $2.048 \text{ МПа}$
	Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М60	$E = 900$ $R_{и} = 0.50$	57	$0.500 \text{ МПа}$ $0.142 \text{ МПа}$
	Щебенево-піщана суміш С5	$E = 280$	20	
	Суглинок важкий піщанистий	$W_p = 0.808$ $E = 20$ $F = 9.5$ $C = 0.010$		$0.01109$ $0.00592$

E, C, R - МПа; F - град.