

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну
(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії
(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**Проект автомобільної дороги II технічної категорії
на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі
Закарпатській області з влаштуванням покриття
з високомодифікованого щебеневомастикового
асфальтобетону**

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
Групи БЦІм-21
СТЕФАНОВИЧ Вадим Федорович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
АНДРІЙЧУК Олександр Валентинович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
КИСЛЮК Ярослав Дмитрович

(підпис)

Луцьк – 2025 р.

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну.

Кафедра будівництва та цивільної інженерії .

Ступінь вищої освіти: магістр .

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво .

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія .

Освітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія» .

Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Автомобільні дороги та аеродроми» .

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

СТЕФАНОВИЧ Валдим Федорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____ Проект автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області

з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону

Керівник роботи _____ Олександр АНДРІЙЧУК к.т.н., доцент

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від " 05 " лютого 2025 року №68/01-02 .
та змінами до цього наказу №439/01-02 . від 23 жовтня 2025 року.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 01 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи . Матеріали інженерних вишукувань по об'єкту: кліматичні умови регіону; дані по будівельно-матеріальним ресурсам регіону; план місцевості з даними по землеволодінню, інфраструктурі, комунікаціях; ґрунтово-геологічні характеристики; гідрологічні дані по місцевості.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ, Розділ 1. Планувально-розрахунковий, Розділ 2. Конструктивні рішення, Розділ 3.

Технологія та організація будівництва, Розділ 4. Організація дорожнього руху.

Розділ 5. Економіка будівництва. Розділ 6. Охорона праці. Розділ 7. Наукова частина

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

1. План автомобільної дороги

2-3. Поздовжній профіль

4. Поперечні профілі земляного полотна

5. Штучна споруда

6. Технологічна карта

7-8. Організація дорожнього руху

9. Будівельний генеральний план

10. Наукова частина

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Планувально-розрахунковий	ПРОЦІЮК В.О., доцент		
Конструктивні рішення	ПРОЦІЮК В.О., доцент		
Технологія та організація будівництва	ЧАПЮК О.С., доцент		
Організація дорожнього руху	ДРОБИШИНЕЦЬ С.Я., доцент		
Економіка будівництва	АНДРІЙЧУК О.В., доцент		
Охорона праці	АНДРІЙЧУК О.В., доцент		
Наукова частина	АНДРІЙЧУК О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання " 05 " лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір вихідних даних за темою роботи. Виконання 1 і 2 розділів (планувально-розрахунковий, конструктивний)	14.10.2025	
2	Виконання 3 розділу (технологія та організація будівництва)	25.10.2025	
3	Виконання 4, 5, 6 і 7 розділів (організація дорожнього руху, економіка будівництва, охорона праці, наукова частина)	29.11.2025	
4	Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	06.12.2025	
5	Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію	14.12.2025	
6	Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	14.12.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи	20.12.2025, 26.12.2025	

Здобувач вищої освіти _____ Вадим СТЕФАНОВИЧ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Олександр АНДРІЙЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Стефанович В.Ф. Проєкт автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфаль-тобетону.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Будівництво та цивільні інженерія» спеціальності 192 – Будівництво та цивільні інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Пояснювальна записка: складається зі 70 сторінок тексту формату А4.

Графічна частина: складається з 10 листів креслень формату А1.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, семи розділів, списку використаних джерел, додатку А-Б.

В проєкті вирішені такі завдання: охарактеризовано кліматичні умови району будівництва, обґрунтовано необхідність здійснення будівництва дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області, розроблено планувальні рішення, розроблено поздовжній профіль траси, запроектована поперечні профілі земляного полотна, розроблено організацію дорожнього руху, подано технологічні схеми на влаштування дорожнього одягу, розроблено будівельний генеральний план на період будівництва.

В науковому розділі досліджено застосування покриттів із високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону.

Розроблено кошторис вартості робіт – на суму 18 млн 421 тис грн.

Ключові слова: автомобільна дорога, асфальтобетон, земляне полотно.

SUMMARY

Stefanovych V.F. Project of a road of the II technical category on the section PC0+00 ... PC47+36 in the Khust district of the Transcarpathian region with the installation of a surface made of highly modified crushed stone mastic asphalt concrete.

Master's qualification work of "Construction and civil engineering" specialty 192 - Construction and civil engineering. Lutsk National Technical University. 2025.

Explanatory note: consists of 70 pages of text in A4 format.

Graphic part: consists of 10 sheets of drawings in A1 format.

The master's qualification work consists of an introduction, seven chapters, conclusions and proposals, a list of used sources, appendic A.

The project addresses the following tasks: the climatic conditions of the construction area are described; the necessity of constructing a Category II road on the section PC0+00 ... PC47+36 in the Khust district of Zakarpattia region is justified; planning solutions are developed; the longitudinal profile of the route is designed; cross-sections of the roadbed are created; road traffic organization is developed; technological schemes for pavement construction are provided; and a construction master plan for the building period is designed.

The scientific section examines the use of highly modified stone mastic asphalt pavements.

A cost estimate for the works has been prepared – 18 mill. 421 thous UAH.

Key words: highway, asphalt concrete, ground surface.

З М І С Т

ВСТУП	7
Розділ 1. ПЛАНУВАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВИЙ	6
1.1. Вихідні дані	9
1.2. Характеристика району будівництва	10
1.3. Клімат	11
1.4. Рослинність	13
1.5. Інженерно-геологічна будова ділянки	14
1.6. Технічні параметри автомобільної дороги II категорії	15
1.7. План траси	17
1.8. Поздовжній профіль	19
1.9. Земляне полотно	20
Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ	21
2.1. Конструкція дорожнього одягу	22
2.2. Основні дорожньо-будівельні матеріали і вимоги до них	23
2.3. Проектування водоперепускних споруд на автомобільній дорозі	26
Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА	29
3.1. Технологія влаштування дорожнього одягу	29
3.2. Контроль якості будівництва конструктивних шарів дорожнього одягу	
Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	34
4.1. Загальна характеристика технічних засобів ОДР	34
4.2. Способи встановлення дорожніх знаків	35
4.3. Методи нанесення дорожньої розмітки	40
4.4. Характеристика та способи встановлення дорожнього огородження та напрямних пристроїв	42
Розділ 5. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА	44
Розділ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	45
6.1. Основні положення	45
6.2. Вимоги охорони праці при проведенні підготовчих робіт	47
6.3. Вимоги охорони праці при спорудженні земляного полотна	49

Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА	52
7.1. Особливості високомодифікованого щебенево-мастикowego асфальтобетону	52
7.2. Технологія та процес приготування високо модифікованих бітумів	54
7.3. Технологія приготування гарячих асфальтобетонних сумішей на високо модифікованому бітумі	58
7.4. Впровадження високо модифікованих бітумів (Kraton HiMA)	60
7.5. Огляд об'єктів в Україні із високомодифікованим бітумом (Kraton HiMA)	63
Список використаної літератури	66
Додаток А	68

ВСТУП

Автомобільна дорога являє собою визначену ділянку території, включаючи межі населеного пункту, першочергово призначену для пересування транспортних засобів і пішоходів. Вона охоплює всі розміщені на ній інженерні споруди (такі як мости, естакади, шляхопроводи, а також підземні й надземні пішохідні переходи) і засоби регулювання дорожнього руху. Її ширина чітко обмежена зовнішнім краєм тротуарів або смугою відведення. Головне призначення цієї інфраструктурної складової – забезпечення внутрішніх та міжнародних перевезень вантажів і пасажирів, з'єднання між собою окремих об'єктів та населених пунктів. Таким чином, дорожня мережа є невід'ємною частиною єдиної транспортної системи України.

Поширення автомобільного транспорту, яке почалося наприкінці ХІХ століття, вимагало створення зручних шляхів для переміщення машин. Спочатку швидкісні показники автомобілів залишалися незначними, тому будівництво обмежувалося лише адаптацією вже існуючих гужових доріг, впроваджуючи заходи для боротьби з утворенням пилу та для запобігання швидкому руйнуванню дорожнього покриття.

Зі збільшенням інтенсивності транспортного потоку, підвищенням швидкостей та зростанням навантажень виникла потреба у влаштуванні капітальних доріг. Зокрема, почали розширювати проїзні частини, збільшувати довжину занадто крутих спусків та підйомів, збільшувати радіуси кривих на поворотах і впроваджувати тверді дорожні покриття. Після завершення Першої світової війни більшість країн спрямували зусилля на спорудження доріг, спеціально розрахованих і спроектованих для руху автомобілів. У різних країнах вони отримали власні назви: у Франції – autoroute, в Італії – autostrada, в США – highway, а в Англії – motorway.

Якісні автомобільні дороги зобов'язані забезпечити: безпечне та комфортне пересування транспорту через дотримання принципу зорового орієнтування для водіїв; оптимальне і безпечне розташування місць

примикань та перехресть; належне зчеплення автомобільних шин з поверхнею проїзної частини; належне облаштування усієї дорожньої інфраструктури, зокрема захисними дорожніми спорудами, а також будівлями автотранспортної та дорожньої служб.

Україна має сполучення якісними автошляхами з країнами Європи.

Автомобільні дороги є найважливішою складовою транспортної інфраструктури. На автотранспорт припадає приблизно 75% загального обсягу перевезення вантажів і 80% пасажирських перевезень. Стан та темпи вдосконалення дорожньої мережі безпосередньо залежать від економічного потенціалу держави. Необхідний комплексний підхід до розв'язання цієї проблеми: відмова від практики виконання робіт лише на окремих ділянках доріг чи спорудах і перехід до маршрутного розвитку всієї мережі, охоплюючи її ключові ланки, а також здійснення реконструкції основних магістралей.

Майже всі основні українські дороги проходять через густонаселені пункти, що не відповідає стандартам міжнародних транспортних коридорів. Таке розташування спричиняє вимушене обмеження швидкості руху автотранспорту. Незадовільним також залишається транспортно-експлуатаційний стан доріг: 51,1% не відповідають вимогам за показником рівності, а 39,2% - за показником міцності. Середній швидкісний режим на українських автомагістралях у 2-3 рази нижчий, ніж у західноєвропейських країнах. Це явище можна пояснити декількома факторами: відносно невелика густота населення (76 осіб на 1 кв. км), низька купівельна спроможність громадян (що становить лише \$1/5\$ від купівельної спроможності Єврозони), порівняно невеликий парк транспортних засобів, а також велика територія держави. Усе це формує суттєво більші затрати на утримання транспортної мережі в розрахунку на кожного жителя порівняно з європейськими державами.

Тому розроблення проекту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону є актуальним завданням.

Розділ I. ПЛАНУВАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВИЙ

1.1. Вихідні дані

Згідно із Законом України "Про автомобільні дороги", автошляхи загального користування поділяються на дві групи: шляхи державного та місцевого значення. Державні дороги, своєю чергою, поділяються на міжнародні, національні та регіональні. Місцеві дороги класифікуються: територіальні, обласні та районні.

При виконанні магістерської роботи на тему: «Проект автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомасикового асфальтобетону» на основі наданої карти у масштабі 1:25000 розроблено три варіанти траси, згідно вимог «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» [11].

Початкова та кінцева точки запроєктованої дороги визначені з точок на місцевості. Було проведено техніко-економічне порівняння варіантів шляху та обрано основний. Для нього розробляється проектна документація відповідно до вимог завдання. Поздовжній профіль спроектовано згідно з ДБН В.2.3-4:2015. Для забезпечення водовідводу створено робочі поперечні профілі. Визначено розміщення всіх штучних споруд з наступним гідравлічним розрахунком.

Конструкція дорожнього одягу передбачає капітальний тип покриття. Автомобільний шлях бере свій початок на ПК 0+00, де відгалужується від дороги II категорії.

Проектна лінія прямує прямо на північний схід 180° до ПК 6+16, де повертає вліво на 180° , переходить у криву радіусом 4000 м і продовжує рух на північ. На ПК 22+47 відбувається поворот вправо на 370° , перехід у криву радіусом 2500 м і продовження руху на північний схід 370° . Проектна вісь траси перетинається з дорогами нижчих категорій. Довжина варіанту №2 становить

$L=4736$ м. Довжина повітряної лінії складає $L = 4620$ м. Коефіцієнт подовження траси дорівнює $k = L_{тр}/L_{пов} = 4736/4620 = 1,025$.

Ключові характеристики плану дороги: кількість кутів повороту – 2 шт.; найменший радіус кривих – 2500 м.

Головні технічні параметри поздовжнього профілю: максимальний поздовжній ухил 26 ‰, мінімальний радіус увігнутої кривої – 4636 м, мінімальні радіуси опуклої кривої – 9700 м. Найбільший насип заввишки 4,37 м розташований на ПК 23+00, найглибша виїмка 2,91 м – на ПК 28+00. На ПК 15+51, ПК 22+88, ПК 38+06 споруджено залізобетонні труби круглого перерізу діаметром 1,50 та 2,00 м.

1.2. Характеристика району будівництва

Закарпатська область розташована у південно-західній частині України, в межах Українських Карпат та Закарпатської низовини. Межує з Львівською та Івано-Франківською областями, а також із Польщею, Словаччиною, Угорщиною й Румунією. Адміністративний центр – м. Ужгород. Площа області становить 12,8 тис. км², населення – близько 1,25 млн осіб.

Гірський рельєф займає до 80 % території. Основні гірські системи: Верховинський Вододільний хребет, Горгани, Свидовець, Черногора, Полонинський та Рахівський масиви, Вулканічний хребет. Найвища точка – г. Говерла (2061 м). Межові перевали: Яблуницький, Вишківський, Ужоцький, Верецький, Воловецький. Гідромережа включає 9429 водотоків, основна річка – Тиса (240 км у межах області). Найбільше озеро – Синевир.

Клімат помірно континентальний із середніми температурами +21 °С влітку та -4 °С взимку. Зафіксовано понад 360 родовищ мінеральних вод. На території області розташований географічний центр Європи (с. Ділове). Сукупність природних факторів формує значний рекреаційний потенціал.

Промисловий комплекс орієнтований на лісову, деревообробну, легку та харчову галузі, а також на рекреаційно-туристичну діяльність. Регіон є

пріоритетним для інвестиційного розвитку. Показник прямих іноземних інвестицій – 277,6 дол. США на мешканця (2010 р.). Функціонує розгалужена мережа санаторно-курортних об'єктів і термальних вод.

Корисні копалини представлені понад 30 видами та 150 родовищами: поліметали, перліти, цеоліти, баритові руди, каолін, доломіт, кам'яна сіль. Рекреаційні ресурси містять 75 типів мінеральних вод, подібних за властивостями до вод «Шаянська», «Єсентуки», «Боржомі».

Закарпаття має економічне значення для держави завдяки потенціалу деревообробної, виноробної, овочевої, молочної та тютюнової промисловості, а також запасам мінеральних вод. З 2012 року область повністю перейшла на автономні системи опалення.

Автомобільний транспорт є ключовим видом сполучення. Основні магістралі в Закарпатській області:

- М06 Чоп – Ужгород – Мукачево – Свалява – Львівська область;
- Р53 Ужгород – Перечин – Ужок – Львівська область;
- Н09 Мукачеве – Хуст – Рахів – Івано-Франківська область;
- Р21 Хуст – Міжгір'я – Торунь – Івано-Франківська область;
- гірські маршрути Перечин – Свалява, Нижні Ворота – Міжгір'я – Колочава.

1.3. Клімат

При розробленні проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону враховується клімат Хустського району Закарпатської області можна охарактеризувати як помірно континентальний, але з унікальними рисами, типовими для Закарпаття.

На його формування значно впливає гірський рельєф Українських Карпат, який слугує бар'єром для холодних північно-східних повітряних мас. Завдяки цьому впливу, зима тут є м'якою та короткою, а літо – тривалим і теплим.

Середньорічна температура в регіоні становить близько +9,2С.

Зима в районі відносно тепла порівняно з іншими територіями України на тій же широті. Середня температура січня коливається в межах приблизно –3С до –4С, хоча в гірських частинах, звичайно, буває значно холодніше. Сніговий покрив часто нестійкий, оскільки нерідко трапляються відлиги та хмарна погода з туманами. Весна зазвичай тривала, поступово переходячи в неспекотне, але вологе літо.

Літо починається приблизно з другої декади травня і характеризується високими температурами. Середній показник липня сягає +20,1С на рівнині, що є найвищою середньою температурою року. Водночас, літо відзначається значною кількістю опадів через переважання морського повітря помірних широт.

Осінь є теплою та комфортною, часто з тривалим періодом сухої погоди.

Хустський район належить до регіонів із значною кількістю опадів. Середньорічна норма сягає приблизно 1078 мм. Найбільша кількість дощів випадає в липні, що характерно для регіонів з континентальним впливом. Найменш дощовим місяцем є зазвичай квітень, проте і він має відносно високі показники опадів. Це надмірне зволоження сприяє буянню рослинності та повноводності місцевих річок, зокрема Тиси, Ріки та Терембі.

Вплив Карпатських гір спричиняє кліматичну різноманітність у межах самого району. У долинах та на рівнинах клімат м'якший, тоді як у гірській частині він прохолодніший. У горах іноді спостерігається ефект температурної інверсії, коли в долинах стає холодніше, ніж на схилах.

Загалом, Хустський район має сприятливий для будівництва, життя та сільського господарства клімат, із помірними температурними показниками та достатньою кількістю вологи. Останні десятиліття відзначаються загальною тенденцією до потепління, як і по всьому Закарпаттю.

1.4. Рослинність

Рослинність Хустського району Закарпатської області різноманітний, що пояснюється його розташуванням на межі Середньоевропейської флористичної провінції, а також значними перепадами висот – від рівнин до гірських вершин. Така ситуація сприяє вертикальній поясності рослинності.

На рівнинних і передгірних територіях, які є найменш зволженими та найтеплішими, переважає широколиста лісова зона. Тут найбільше поширені ліси, утворені дубом та грабом, які часто формують змішані грабово-дубові масиви. Також можна зустріти ліщину, бузину та кизил. Значні площі займають сіножаті та луки, особливо у заплавах річок Тиса, Ріка та Теремля.

Вище, на схилах гір і у більш зволжених умовах, домінує буковий пояс. Букові ліси (*Fagus sylvatica*) є найбільш характерними для цієї частини Карпат і займають найбільші площі у Хустському районі. Ці праліси та старі букові ліси мають значну екологічну цінність.

На висоті приблизно 1100-1200 метрів починають перерважати над буковим лісами – хвойні породи. Тут починається пояс смерекових лісів (ялини), які займають найвищі ділянки гір. Смерекові ліси часто зустрічаються у чистому вигляді, але можуть мати домішки ялиці та сосни.

Загалом флора Хустщини налічує сотні видів рослин, включно з багатьма лікарськими, їстівними та декоративними. У лісах поширені численні види грибів та ягід – малина, ожина, суниця. У районі також росте багато видів, занесених до Червоної книги України, наприклад, шафран Гейфеля, білоцвіт весняний та різні види орхідей.

Таким чином, рослинний покрив Хустського району – це складна та цілісна система, яка відображає кліматичні та рельєфні особливості Закарпаття, вимагаючи особливої уваги до його збереження.

1.5. Інженерно-геологічна будова ділянки

Інженерно-геологічна будова Хустського району Закарпатської області є складною, що безпосередньо пов'язано з його розташуванням у межах гірської системи Карпат та Закарпатської внутрішньої западини. Це зумовлює інженерно-геологічну неоднорідність території.

Район охоплює дві основні геологічні структури:

- Закарпатську западину: займає південну та центральну частини, де розташоване місто Хуст;
- гірські Карпати: охоплюють північну гірську частину.

Основа території складається з осадкових, вулканогенно-осадкових та вулканічних порід. У Закарпатській западині потужні товщі неогенових відкладів представлені пісками, глинами, аргілітами та конгломератами, а також вулканічними туфами. У гірській частині переважають флішові відклади (чергування пісковиків, алевролітів та аргілітів), які є нестійкими та схильними до деформацій.

Для дорожнього будівництва та інженерних робіт, найбільш важливі наступні аспекти:

Ґрунти – переважають глинисті ґрунти (суглинки, глини) та скельні/напівскельні породи у гірських масивах. У долинах річок поширені алювіальні відклади – піщано-галечникові ґрунти, які є водопроникними та можуть бути просадними.

Сейсмічна активність – район знаходиться у зоні помірної сейсмічної активності, пов'язаної з рухом тектонічних плит Карпатського регіону. Це вимагає особливих розрахунків при проектуванні капітальних споруд.

Гідрогеологічні умови – характеризуються високим рівнем ґрунтових вод, особливо в заплавах річок Тиси, Ріки та Теремлі. Фільтраційні процеси, пов'язані з численними джерелами та рясними опадами, мають значний вплив на стійкість схилів.

Екзогенні геологічні процеси (ЕГП) – це найбільш критичний фактор у Хустському районі. Найбільш поширеними та небезпечними ЕГП є зсуви та обвали. Вони особливо активні на крутих схилах, складених флішем, де відбувається підрізка схилів річками або дорожнім будівництвом. Площинний змив та ерозія також створюють проблеми, особливо на ділянках з порушеним рослинним покривом.

Карст – у деяких частинах району, де поширені карбонатні породи (вапняки, доломіти), можуть розвиватися карстові явища, що вимагає уважного дослідження перед будівництвом.

Складність інженерно-геологічної будови вимагає проведення детальних геологічних досліджень перед початком будь-якого будівництва, особливо лінійних споруд (доріг, трубопроводів) та житлових об'єктів на схилах. Необхідне застосування протизсувних заходів, включаючи дренажні системи та підпірні стінки. Висока вологість ґрунтів та їхня неоднорідність потребують спеціальних типів фундаментів, стійких до можливих деформацій.

1.6. Технічні параметри автомобільної дороги II категорії

Технічні параметри автомобільної дороги визначаються її категорією, проектною швидкістю та типом покриття. Ширина проїзної частини залежить від кількості смуг руху, розмірів смуг та наявності узбіччя. Геометрія дороги формується з урахуванням рельєфу місцевості, крутого нахилу та радіусів кривих, що забезпечує безпечний рух. Покриття підбирають відповідно до навантаження на основу, інтенсивності руху та кліматичних умов регіону. Конструктивні шари дорожнього одягу проектуються так, щоб гарантувати довговічність, стійкість до деформацій і комфорт руху транспортних засобів.

Технічні параметри автомобільної дороги II категорії, згідно з «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» [11] представлено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Технічні параметри автомобільної дороги II категорії

Найменування показників	Одиниці виміру	Показник
1. Категорія дороги		II
2. Розрахункова швидкість руху	км/год	90
3. Інтенсивність руху	авт/добу	3000-10000
4. Кількість смуг руху		2
5. Ширина проїзної частини	м	7,5
6. Ширина узбіччя	м	3,75
7. Ширина укріпленої смуги на узбіччі	м	0,5
8. Ширина земляного полотна	м	15,0
9. Найбільший поздовжній ухил	‰	60
10. Найменша відстань видимості		
- для зупинки автомобіля;	м	175
- для зустрічного автомобіля	м	320
11. Найменші радіуси кривих в плані	м	450
12. Найменші радіуси кривих в поздовжньому профілі (вертикальні)		
- опуклих;	м	9000
- ввігнутих	м	2100

1.7. План траси

При розробленні проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомасикового асфальтобетону розроблено три варіанти прокладання траси.

Перший варіант

Початок дороги ПК 0+00 прийнятий в точці А на місцевості. Проектна лінія прямує по прямій на північний схід 2° . Проектна лінія траси, перетинає дороги нижчих категорії.

Довжина варіанту №1 $L_{тр}=4900$ м.

Довжина повітряної лінії $L_{пов}=4620$ м.

Коефіцієнт подовження траси $k=L_{тр}/L_{пов}=4900/4620=1,06$

Основні показники плану дороги:

кількість кутів повороту – 1 шт.;

найменший радіус кривих – 2100 м.

Другий варіант

Початок дороги ПК 0+00 прийнятий в точці А на місцевості. Проектна лінія прямує по прямій на північний схід 18° . Проектна лінія траси, перетинає дороги нижчих категорії.

Довжина варіанту №2 $L_{тр}=4736$ м .

Довжина повітряної лінії $L_{пов}=4620$ м.

Коефіцієнт подовження траси $k=L_{тр}/L_{пов}=4736/4620=1,025$

Основні показники плану дороги:

кількість кутів повороту – 2 шт.;

найменший радіус кривих – 2500 м.

Третій варіант

Початок дороги ПК 0+00 прийнятий в точці на місцевості. Проектна лінія прямує по прямій на північний схід 34° . Проектна лінія траси, перетинає

дороги нижчих категорії та проходить через село Гайове та поблизу села Загаття.

Довжина варіанту №3 $L_{тр}=4880$ м .

Довжина повітряної лінії $L_{пов}=4620$ м.

Коефіцієнт подовження траси $k=L_{тр}/L_{пов}=4880/4620=1,056$

Основні показники плану дороги:

кількість кутів повороту - 1 шт.;

найменший радіус кривих - 1000 м.

Таблиця 1.2 – Порівняння варіантів трас

Найменування показників	Показники			Перевага		
	I	II	III	I	II	III
1. Довжина траси $L_{тр}$, км	4900	4736	4880	-	+	-
2. Коефіцієнт видовження $K = L_{тр}/L_{пов}$	1,06	1,025	1,056	-	-	+
3. Середня величина кута повороту $\lambda_{сер} = \sum \lambda_i / i$	48°	27,5°	38°	-	+	-
4. Число кутів повороту	1	2	2	+	-	-
5. Мінімальний радіус повороту, м	2100	2500	1000	+	+	-
6. Забезпечення видимості в плані	Забезпеч.			+	+	+
7. Кількість пересічень в одному рівні	3	1	3	-	+	-
8. Кількість пересічень водотоків, шт	-	-	-	+	+	+
9. Максимальний поздовжній ухил, ‰	50	60	50	-	-	-
10. Загальна довжина ділянки з максимальним поздов. ухилом, м	50	40	50	+	+	+
11. Кількість труб, шт	4	3	4	-	+	-
12. Протяжність ділянок, які проходять лісом, м	-	-	-	+	+	+
13. Протяжність ділянок, які проходять по болоту, м	-	-	-	+	+	+

1.8. Поздовжній профіль

При розробленні проекту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомасикового асфальтобетону горизонтальний масштаб для поздовжнього профілю приймається 1:50000, вертикальний – 1:500, а масштаб для ґрунтового створення розрізу – 1:50.

Параметри поздовжнього профілю проектної дороги визначені з урахуванням проходження траси в пересіченій місцевості та особливостей інженерно-геологічних умов. Лінія землі має горбистий рельєф. Нанесення проектної лінії на поздовжній профіль починають із вибору контрольних точок і рекомендованої відмітки земполотна. До таких точок належать початок і завершення траси, мінімальні відмітки проїзної частини біля штучних споруд, а також відмітки проїзної частини в місцях пересічень і примикань в одному рівні. Проектна лінія виконана переважно по січній, з насипами висотою до 4,37 м та виїмками глибиною до 2,91 м, із використанням контрольних відміток на штучних спорудах та на обох кінцях траси.

Поздовжній профіль сформовано відповідно до вимог «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» [11] та умов забезпечення розрахункової швидкості 90 км/год для автомобільної дороги II категорії.

Основні технічні характеристики такі: максимальний поздовжній ухил 26 ‰, мінімальний радіус увігнутої кривої – 4636 м, мінімальні радіуси опуклої кривої – 9700 м. Найбільший насип заввишки 4,37 м розташований на ПК 23+00, а найглибша виїмка 2,91 м – на ПК 28+00. На ПК 15+51, ПК 22+88 і ПК 38+06 запроектовано залізобетонні труби круглого перерізу діаметром Ø1,50 і Ø 2,00 м.

Видимість у поздовжньому профілі на ділянці від ПК 0+00 до ПК 47+36 забезпечена повністю.

Довжину відрізків у виїмці зменшували до необхідного мінімуму. Щоб забезпечити поверхневий стік, у виїмці передбачено ухил не менше 4-5‰. Горизонтальні ділянки та увігнуті вертикальні криві в межах виїмки не допускаються. На перехрестях із дорогами поздовжній ухил повинен становити менше 40‰.

На основі робочих поперечників виконано визначення відміток дна кюветів та спроектовано поздовжній водовідвід. Тип укріплення дна кюветів призначено відповідно до величини ухилу.

1.9. Земляне полотно

Поперечні профілі земляного полотна при розробленні проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону є схематичним кресленням конструкції земляного полотна з системою водовідведення.

Земляне полотно запроектоване з урахуванням особливостей рельєфу місцевості, кліматичних і ґрунтово-геологічних умов району прокладання траси згідно з «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» [11].

Земляне полотно має гарантувати безпечний рух транспортних засобів, зберігати проєктні параметри протягом усього терміну експлуатації та не порушувати природний ландшафт місцевості.

Параметри для проєктування земляного полотна:

- ширина земполотна – 15.0 м;
- ширина проїзної частини – 7.5 м;
- ширина узбіч – 3.75 м;
- ширина укріплювальної смуги – 0.5 м;
- ухил для проїзної частини – 25‰;
- ухил для узбіч – 50‰.

На запроектованій дороги присутньо 5 типів поперечного профілю земляного полотна:

Тип 1. Насип висотою більше 3,00 м із відкосами 1:1,5. Крутизна зовнішнього укосу канави 1:1,5.

Тип 2. Насип висотою до 3,00 м із відкосами 1:3. Крутизна зовнішнього укосу канави 1:1,5.

Тип 3. Насип рівний нулю (в нулях), із відкосами 1:4. Крутизна зовнішнього укосу канави 1:4.

Тип 4. Виймка глибиною до 1,00 м із відкосами 1:4. Крутизна зовнішнього укосу канави 1:4.

Тип 5. Виймка глибиною більше 1,00 м із відкосами 1:4. Крутизна зовнішнього укосу канави 1:4.

Передбачено улаштування бокових канав із шириною по дну 0,4 м у місцях, де це технічно обґрунтовано. Перед початком робіт зі спорудження земляного полотна знімають рослинний шар товщиною 0,4 м. Укріплення укосів земляного полотна виконують засівом трав із підсипкою рослинного ґрунту. Для захисту земляного полотна від перезволоження поверхневими водами, розмивання та для створення умов роботи під час будівництва необхідно передбачити систему поверхневого водовідведення, що включає планування території, улаштування канав і лотків.

Рівні ґрунтових і поверхневих вод, які впливають на стійкість і міцність земляного полотна або ускладнюють виконання будівельних робіт, потрібно знижувати, а воду відводити за межі споруди.

Улаштовані бокові канави укріплені відповідно до вимог: при ухилі до 10 ‰ – без укріплення дна кювету; від 10-30 ‰ – засів трав (одернування) дна; при ухилі 30-50 ‰ – брукування дна кювету; понад 50 ‰ – улаштування перепадів.

Розділ II. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

2.1. Конструкція дорожнього одягу

При розробленні проекту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону конструкцію дорожнього одягу прийнято з урахуванням наявних дорожньо-будівельних матеріалів, а також інтенсивності та складу руху відповідно до вимог «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» [11] для доріг II технічної категорії:

- верхній шар покриття – щебенєво-мастиковий асфальтобетон завтовшки 5 см;
- нижній шар покриття – крупнозернистий щільний асфальтобетон $t = 10$ см;
- шар основи – чорний щебінь, змішаний в установці, товщина $t = 10$ см;
- нижній шар основи – піщано-гравійна суміш $t = 20$ см;
- підстилаючий шар – пісок $t = 30$ см.

У зоні заокруглення на пересіченні, з огляду на інтенсивність і склад руху, застосована конструкція дорожнього одягу, ідентична тій, що прийнята для основної дороги. Ширина проїзної частини на двосмуговій ділянці становить 7,5 м. Ширина укріплювальних смуг з обох боків дорівнює 0,5 м, а їх конструкція відповідає основному дорожньому одягу.

На проїзній частині передбачено двоскатний поперечний профіль з ухилом 25‰, а узбіччя мають ухил 50‰. Узбіччя досипають ґрунтом із подальшим укріпленням засівом трав. Відведення води з шарів конструкції дорожнього одягу в межах насипів та виїмок забезпечується завдяки підстилаючому шару, який укладають на всю ширину основи.

2.2. Основні дорожньо-будівельні матеріали і вимоги до них

Сучасне дорожнє будівництво – це високотехнологічний процес, де якість кінцевого результату, а саме довговічність та надійність дорожнього полотна, цілком і повністю залежить від матеріалів, що використовуються. До основних дорожньо-будівельних матеріалів традиційно відносять такі незамінні компоненти, як асфальтобетонні суміші з в'язучим бітумом, різноманітні мінеральні заповнювачі (щебінь, гравій, пісок) та, звісно, цемент для влаштування жорстких основ. Кожен із цих елементів має свої особливості – від забезпечення необхідної міцності та несучої здатності конструкції до гарантування стійкості проти руйнівного впливу морозів, води та інтенсивного руху транспорту. Саме тому до всіх дорожньо-будівельних матеріалів висуваються надзвичайно суворі вимоги, які чітко регламентовані інженерними нормативами та стандартами.

При розробленні проекту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону дорожньо-будівельні матеріали застосовуються для спорудження дорожнього одягу та інших елементів дороги. Вони сприймають механічні навантаження рухомого транспорту. Матеріали забезпечують довговічність покриття та покращують його естетичність. До них відносять пісок, щебінь, гравій, асфальтобетон та інші природні і штучні матеріали.

Матеріали класифікують за технологією виробництва. Виділяють природні кам'яні, мінеральні в'язучі, будівельні розчини та бетони на їх основі. Існують органічні в'язучі, полімери, пластмаси та ізоляційні матеріали. Кожна група виконує специфічні функції в дорожньому одязі.

Піщано-гравійна суміш (ПГС) застосовується для фундаментів і дорожніх основ. Суміш складається з піску та гравію різних фракцій. Відповідно до «ДСТУ 9177-2:2022 Матеріали щебеневі та гравійні для дорожнього будівництва. Технічні умови. Частина 2. Матеріали неукріплені» [31], вміст

гравію крупністю понад 5 мм має становити 5-95 %. Інша частина суміші – це пісок різної крупності. Для приготування бетонів і асфальтобетонів використовують збагачену ПГС з переважанням крупного гравію.

Асфальтобетонні суміші потребують якісного бітуму. Бітум повинен бути теплостійким та еластичним при низьких температурах. Він чинить опір стиску, удару та розриву під дією транспорту. Важливою є адгезія бітуму до сухих і вологих мінеральних матеріалів. Бітум повинен зберігати в'язкість та міцність тривалий час.

Ідеальний бітум має сумісність з мінеральним наповнювачем. Температура крихкості повинна бути нижче -20 °С. Температура склування нижче -45 °С. Розм'якшення бітуму має перевищувати $70-80$ °С. В'язкість повинна швидко знижуватися при нагріванні до $150-180$ °С.

Вимоги до асфальтобетону залежать від класу, типу та кліматичного району. Гранулометричний склад сумішей регламентується ДСТУ. ЩМАС та ЩМА повинні відповідати «ДСТУ 9290-5:2024 Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон. Технічні умови. Частина 5. Щебенево-мастикові суміші». Показник стікання в'язучого зі ЩМАС не перевищує 0,20%. Оптимальний показник у лабораторних умовах – 0,08-0,16 %.

Однорідність суміші не більше 0,18 %.

Асфальтобетон із полімермодифікованим бітумом має власні вимоги. Пористість кістяка гарячого АБС для типів А і Б не перевищує 19 %. Для типів В і Г – 22 %. Залишкова пористість гарячих сумішей – 2-5%, холодних – 6-10 %. Зчеплення бітуму з мінеральною частиною повинно відповідати нормативам. Суміші повинні бути однорідними.

Для гарячих сумішей застосовують бітуми марок БНД 40/60, 60/90, 90/130 та 130/200. Для кислих порід використовують катіонні ПАР або інші способи покращення адгезії. Щебінь для основ виготовляють у фракціях 20-40, 40-80 та 80-120 мм. Існують суміші фракцій для ущільнення та розклинювання шарів.

Вміст зерен менше 0,5d у щебені не перевищує 10 %. На контрольних ситах допускається 30-80 % залишку залежно від фракції. Зерна більше 1,25D

або 1,5D заборонені. Міцність щебеню визначають марками 200-1400 для природних порід та 300-1200 для промислових відходів. Морозостійкість оцінюють циклами F 15-F 300.

Вміст пиловидних та глинистих частинок нормується. Пісок для дренажних і морозозахисних шарів повинен бути середньо- або крупнозернистим. Органічні домішки та глина обмежуються нормативами. Радіоактивна активність піску не повинна перевищувати допустимі значення.

Товщина ущільненого шару ЩМАС має бути не менше трьох розмірів максимальної фракції щебеню. За техніко-економічним обґрунтуванням допускається 2,5 розміри. Перед укладанням виконують підґрунтовку бітумом або емульсією. Витрата бітуму становить 0,20 -0,30 л/м². Хід асфальтоукладачів не перевищує 40 м.

Температура укладання ЩМАС – 140-170 °С. Завершення ущільнення при температурі не нижче 120 °С. Ущільнення виконують котками на пневмоходу та гладковальцьовими машинами. Вібрацію при ущільненні не застосовують. Дотримання цих вимог забезпечує довговічність і надійну роботу дорожнього покриття.

Дорожньо-будівельні матеріали впливають на стан довкілля під час видобування, виробництва та укладання. Пісок і щебінь потребують контрольованого добування, щоб не порушувати природні ландшафти. Асфальтобетон також має екологічний слід через енерговитрати на нагрівання суміші. Тому виробники впроваджують технології зниження температури при приготуванні матеріалу. Це допомагає зменшити викиди і покращити якість повітря. Вторинні матеріали скорочують кількість відходів у будівництві доріг. Вони дозволяють зменшити навантаження на природні родовища. Деякі суміші містять добавки, які підвищують довговічність покриття. Це знижує потребу у частому ремонті та скорочує витрати ресурсів. Екологічний підхід формує безпечніші та більш стійкі дорожні конструкції.

2.3. Проектування водоперепускних споруд на автомобільній дорозі

На автомобільних дорогах I – III категорії влаштовуються безнапірні труби. Запроектована дорога відноситься до III категорії, отже всі нижче підібрані труби будуть працювати у безнапірному режимі. Розрахункову витрату в трубі встановлюють після визначення витрат води від зливи і сніготанення. За розрахункову витрату приймають більше із двох значень.

1). Визначаємо витрату води від зливого стоку (табл. 2.1):

$$Q_{\text{зл}} = 16,7 * a_{\text{год}} * K_{\text{т}} * F * \alpha * \varphi, \text{ м}^3/\text{с}, \text{ де}$$

$a_{\text{год}}$ – середня інтенсивність зливу тривалістю 1 год, мм/хв.

$K_{\text{т}}$ – коеф. переходу від інтенсивності зливу $t = 1$ год до розрахункової.

F – площа водозбірного басейну, км².

α – коеф. витрати стоку, який залежить від виду ґрунту на поверхні водозбору.

φ – коеф. редукції.

2). Визначаємо витрату від сніготанення (табл. 2.1):

$$Q_{\text{сн}} = K_0 * h_p * F * \delta_1 * \delta_2 / (F+1)^n, \text{ де}$$

K_0 – коеф. дружності повені.

h_p – розрахунковий шар сумарного стоку, $h_p = h * K_p$, мм.

δ_1, δ_2 – коеф. зменшення витрат.

n – показник степеня для дорожньо–кліматичної зони.

3). За розрахункову витрату приймаємо більше значення і підбираємо відповідні труби із відповідними характеристиками.

4). Визначаємо довжину труби

$$L = \frac{0.5B + m(H_{\text{нас}} - d)}{1 + m * i_{\text{тр}}} + \frac{0.5B + m(H_{\text{нас}} - d)}{1 - m * i_{\text{тр}}} + n + 2M; \text{ м де,}$$

L – довжина труби (після розрахунку заокруглюється до 1 метра);

B – ширина дорожнього полотна;

$m = 1.5$ – крутість закладання відкосів; d – діаметр отвору труби, м;

$H_{\text{нас}}$ – дійсна висота насипу на місці труби, м;

$i_{\text{труби}}$ – похил труби дорівнює похилу улоговини, ‰;

$n = 0.35\text{м}$;

M – довжина оголовка, м.

Таблиця 2.1 – Розрахунок витрат води від зливогого стоку та сніготанення

Витрати від зливогого стоку.	ПК15+51	ПК22+88	ПК38+06
1) Площа водозбірного басейну, F, км ² .	0,42	0,40	0,68
2) Довжина улоговини лога L _y , км	0,65	0,40	1,2
3) Ухил лога i _y ,‰	7	6	14
4) Ймовірність перевищення повені, ЙПП‰.	2		
5) Зливовий район.	8		
6) Середня інтенсивність зливи тривалістю 1год, агод;мм/хв.	1,43	3,92	2,22
7) Коеф. переходу від інтенсивності зливи тривалістю 1год до розрахункової K _t .	0,7	0,71	0,61
8) Коефіцієнт редуції φ.	0,35	0,42	0,2
9) Коеф. витрати стоку, який залежить від виду ґрунту на поверхні водозбору, α.	1		
10) Q зл = 16,7 * а _{год} * K _t * F* α * φ, м ³ /с.	2,38	9,68	2,5

Підбираємо типові круглі труби із відповідними характеристиками на необхідних пікетах – табл. 2.2.

ПК15+51 – діаметр отвору 1,5 м;

ПК22+88 – діаметр отвору 2 м;

ПК38+06 – діаметр отвору 1,5 м.

Таблиця 2.2 – Типові круглі труби та їх характеристики

	ПК15+51	ПК22+88	ПК38+06
1) Кількість труб	1	1	1
2) Витрати води Q, м ³ /с	2,38	9,68	2,5
3) Діаметр отвору, м	1,5	2	1,5
4) Глибина води перед трубою, Н _{підпір} , м	1,37	2,31	1,37
5) Швидкість води на вихід із труби V, м/с	3,2	4,2	1,37
6) Тип оголовка	Розтрубний із конічним вхідним кільцем		
7) Довжина оголовка M, м	2,74	3,66	2,74
8) Товщина стінки труби t, м	0,14		
9) Висота дорожнього одягу; h _{дор.одягу} , м	0,7		
10) Мінімальна висота насипу на місці труби H _{min} = d + t + 0.5 + h _{дор.одягу} , м	2,84	3,34	2,84
11) Дійсна висота насипу на місці труби H _{нас} , м	3,35	3,25	4,07
12) Довжина труби H _{нас} < 6м $L = \frac{0.5B + m(H_{нас} - d)}{1 + m \cdot i_{mp}} + \frac{0.5B + m(H_{нас} - d)}{1 - m \cdot i_{mp}} + n + 2M; \text{ м.}$	26	26	31

Розділ III. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1. Технологія влаштування дорожнього одягу

При розробленні проекту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону влаштування дорожнього одягу є найважливішим етапом. Він розпочинається з виконання точних розмічувальних робіт. Влаштування будь-якого шару дозволяється лише після прийняття існуючого, готового земляного полотна, при цьому мінімальна довжина ділянки для початку робіт має становити не менше 500 м.

Піщані шари широко застосовуються як дренажні та несучі основи дорожнього одягу. Їхня міцність, модуль пружності та дренажна здатність безпосередньо залежать від гранулометричного складу. Так, великі та середні піски забезпечують більший коефіцієнт фільтрації та вищі показники стійкості до деформацій. Навпаки, дрібні та пилюваті піски мають меншу міцність і схильні до руйнування під час руху будівельних машин, що ускладнює технологічний процес.

Технологія влаштування піщаного шару включає – транспортування піску самоскидами до місця роботи; розрівнювання матеріалу автогрейдерами з обов'язковим урахуванням коефіцієнта ущільнення для досягнення проектної товщини; ущільнення шару з використанням катків на пневматичних шинах (перед ущільненням часто вимагається додаткове зволоження піску для досягнення оптимальної вологості).

Щоб запобігти пошкодженню та порушенню проектної щільності, рух автомобільного транспорту по вже влаштованій поверхні піщаного шару, як правило, заборонений. Виняток становлять випадки роботи «від себе» або коли об'їзд по узбіччях є неможливим.

Гравійно-піщані та щебенево-піщані суміші (ГПС і ЩПС) найчастіше використовуються як конструктивні шари дорожнього одягу на дорогах нижчих категорій, а також як дренажні підстави для всіх категорій доріг. Хоча за міцністю вони поступаються асфальтобетонам, їхня відносна простота укладання робить їх економічно вигідними для основи. Оптимальна суміш із заданим гранулометричним складом має бути доставлена на об'єкт у готовому вигляді; приготування безпосередньо на дорозі допускається лише в крайніх випадках.

Технологія влаштування шарів з ГПС/ЩПС складається з трьох основних етапів – профілювання основи, розподілу матеріалу; ущільнення.

Профільювання основи – при серповидному профілі профілюють та ущільнюють земляне полотно, при коритному профілі створюють і ущільнюють дно корита.

Розподіл матеріалу – гравійна суміш доставляється та розподіляється по проектному профілю самохідними розподільниками або автогрейдеромі потрібною товщиною. При відсутності розподільників, суміш розвантажують у купи і розрівнюють.

Ущільнення – це найбільш відповідальна операція, що проводиться котками з гладкими вальцями (масою 5-12 т), а також ефективними вібраційними та пневмоколісними катками. Роботу ведуть від узбіччя до середини з перекриттям проходів.

Оптимальна вологість матеріалу під час укочування повинна становити 7-12 %. Для двошарового покриття верхній шар ущільнюється меншою кількістю проходів. Ознакою досягнення необхідної щільності є відсутність помітних слідів від котка. Для підвищення стійкості поверхню верхнього шару рекомендується поливати розчином гігроскопічних солей (CaCl_2 або NaCl_2).

Спорудження шарів дорожнього одягу з асфальтобетону вимагає точного дотримання технології. Процес включає: приготування суміші на асфальтобетонних заводах (АБЗ); ретельну підготовку основи; укладання; та ущільнення шару.

При транспортуванні гаряча та тепла асфальтобетонна суміш доставляється самоскидами. Дальність транспортування має бути обмежена, щоб температура суміші на місці укладання не опустилася нижче допустимої межі.

Необхідно здійснити підготовку основи. Основа, на яку укладається асфальтобетон, має бути рівною, сухою, чистою та непромерзлою. Її очищують металевими щітками або продувають стисненим повітрям. Дефекти основи вирівнюють пористим асфальтобетоном (до 5 см) або чорним щебенем (при більшій товщині).

Для забезпечення надійного зчеплення між шарами за 1-2 години до укладання проводиться розлив рідкого бітуму або бітумної емульсії.

Здійснюється самохідними укладальниками (наприклад, типу Д-150Б), які забезпечують точність товщини та заданий поперечний ухил. Укладальники виконують попереднє ущільнення, проте воно є незначним і вимагає подальшої роботи важких котків. Укладання вручну допускається лише на невеликих об'ємах або закругленнях.

Таким чином, якість та довговічність дорожнього одягу безпосередньо залежать від чіткого дотримання технологічних процесів на кожному етапі, починаючи від підготовки земляного полотна. Правильний вибір та контроль гранулометричного складу піщаних і гравійно-піщаних матеріалів критично важливі для забезпечення необхідної несучої та дренажної здатності основи. Оптимальне ущільнення шарів, досягнене за допомогою відповідної техніки та контролю вологості, є запорукою стійкості дорожньої конструкції до динамічних навантажень. Влаштування асфальтобетонного покриття вимагає якісної підготовки основи та дотримання температурного режиму при укладанні для забезпечення міцного зчеплення між шарами. Комплексний підхід та неухильне дотримання нормативних вимог до матеріалів і технологій гарантують створення надійної та безпечної транспортної інфраструктури.

3.2. Контроль якості будівництва конструктивних шарів дорожнього одягу

Контроль якості будівництва дорожнього одягу при розробленні проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону поділяється на кілька ключових напрямків – ущільнення, геометричні параметри та якість матеріалів.

Контроль ущільнення матеріалів

Точки контролю: Щільність шару контролюють у трьох точках поперечного профілю (на осі та на відстані 1,0 м від краю) через кожні 100 м.

Загальні правила ущільнення – ущільнення катками розпочинають від крайок, поступово наближаючись до середини, з перекриттям попереднього сліду на 1/3 ширини.

Ознаки закінчення ущільнення – відсутність рухомості щебеню та припинення утворення хвилі перед котком. Відсутність сліду від проходу котка масою 8 т - 13 т. При недостатньому ущільненні нижнього шару укласти верхній забороняється.

Контроль геометричних параметрів

Перед початком спорудження кожного шару необхідно виконати розбивочні роботи із закріплення крайок та висотних відміток, використовуючи геодезичні інструменти.

Параметри контролю (кожні 100 м):

Розміщення осьової лінії в плані та висотні відмітки.

Поперечний похил та ширина шару.

Товщина ущільненого шару (у трьох точках: на осі та 1 м від краю).

Допустимі відхилення (приймання робіт):

По ширині ± 10 см.

По товщині шару ± 10 , але не більше ± 20 мм.

Просвіт під 3-метровою рейкою: не більше 15 мм (для кам'яних матеріалів)
13, 5 мм (для асфальтобетону).

Контроль якості щебенивих та гравійних шарів

Якість матеріалів перевіряють візуально та за даними лабораторних випробувань зразків не рідше одного разу на 1 км або раз на тиждень.

Рівність поверхні перевіряється під 3-метровою рейкою у п'яти контрольних точках на кожному кілометрі.

При оцінці ущільнення під час проходження катка масою 10-12 т на поверхні не повинно залишатися слідів, а зерно, покладене під валок, має бути роздавлене, а не вдавлене.

Причини браку – хвилі на поверхні можуть бути викликані надлишком дрібних фракцій; усувається зрізанням та посиленням ущільненням зі зволоженням. Місцеві руйнування часто виникають через неоднорідність складу або невдале розклинювання.

Контроль якості асфальтобетонних шарів

Перевірці підлягає приготування суміші на заводі (якість матеріалів, дозування, температурний режим), влаштування покриття на дорозі та готове покриття. На дорозі перевіряється температура суміші та візуально її якість. Наявність синього димку свідчить про перевищення температури.

Коефіцієнт ущільнення оцінюється відношенням щільності кернів до щільності переформованого зразка. Нормативні значення: 0,99 – для гарячих щільних сумішей та пористих асфальтобетонів; 0,96 – для холодного асфальтобетону.

Проби (керни або вирубки) відбирають для гарячого асфальтобетону через 3-10 діб, для холодного – через 15-30 діб після влаштування. При відборі також вимірюють товщину шарів і візуально оцінюють міцність зчеплення.

В процесі укладання (кожні 100 м): Контролюють товщину шару, поперечний ухил, рівність (3-метровою рейкою) та час початку/завершення укочування.

Особлива увага приділяється якості влаштування поздовжніх та поперечних сполучень суміжних смуг покриття.

Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

4.1. Загальна характеристика технічних засобів ОДР

Технічні засоби, що регулюють рух, поділяються на дві ключові групи відповідно до їхнього призначення:

1. Засоби безпосереднього впливу (перша група). До першої групи належать технічні елементи, що безпосередньо впливають на транспортні та пішохідні потоки, формуючи їхні необхідні параметри.

Сюди входять: дорожні знаки, дорожня розмітка, світлофори, напрямні пристрої.

2. Засоби забезпечення роботи (друга група). Другу групу становлять засоби, які забезпечують функціонування елементів першої групи згідно із заздалегідь визначеним алгоритмом.

Сюди належать: дорожні контролери, детектори транспорту, засоби обробки та передачі інформації, обладнання управлінських пунктів автоматизованої системи керування дорожнім рухом (АСУДР), засоби диспетчерського зв'язку тощо.

Характер впливу технічних засобів першої групи на об'єкт управління має подвійний механізм:

➤ сталий порядок (нерегульований) – некеровані дорожні знаки, розмітка проїзної частини та напрямні пристрої фіксують постійний порядок руху. Його зміна можлива лише шляхом фізичної заміни цих елементів (встановлення іншого знака або використання іншого типу розмітки).

➤ змінний порядок – інший порядок руху визначають світлофори та керовані дорожні знаки, які здатні його оперативно змінювати.

Приклади включають:

○ Почерговий пропуск транспортних потоків через перехрестя за допомогою сигналів світлофорів.

○ Тимчасова заборона руху у певному напрямку шляхом заміни символу на керованому знаку.

На рисунку 4.1 представлена структурна схема, яка детально повторює контур управління і візуально пояснює цей принцип загальної класифікації.

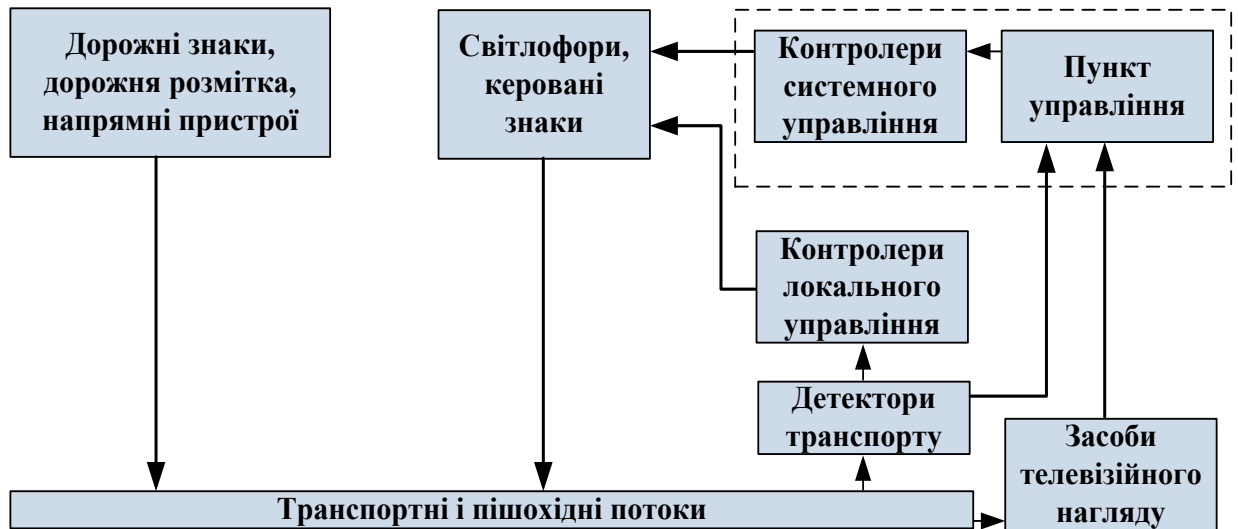


Рисунок 4.1 – Загальна класифікація технічних засобів організації руху

4.2. Способи встановлення дорожніх знаків

Дорожні знаки – це є засоби для організації дорожнього руху, що надають водіям і пішоходам повну інформацію про умови руху на певній ділянці і своїми вимогами забезпечують безпеку руху на ній.

Стандарт передбачає сім груп дорожніх знаків: попереджувальні, пріоритету, заборонні, наказові, інформаційно-вказівні, сервісу і таблички до дорожніх знаків (знаки додаткової інформації).

Стандартом передбачено чотири типорозміри дорожніх знаків (рис. 2.2). Вибір конкретного типорозміру знака наведено в табл. 2.1.

Таблиця 4.1 – Типорозміри дорожніх знаків

Типорозмір знака	Застосування знаків	
	поза населеними пунктами	у населених пунктах
I	дороги з шириною проїзної частини менше 6 м	дороги з однією смугою для руху в одному напрямку
II	дороги з однією чи двома смугами для руху в одному напрямку	дороги з двома смугами для руху в одному напрямку
III	дороги з трьома і більше смугами для руху в одному напрямку, а також автомагістралі	дороги з трьома і більше смугами для руху в одному напрямку
IV	ремонтні роботи на автомагістралях, місцях концентрації дорожньо-транспортних подій, небезпечні ділянки – у разі обґрунтування доцільності застосування знаків	

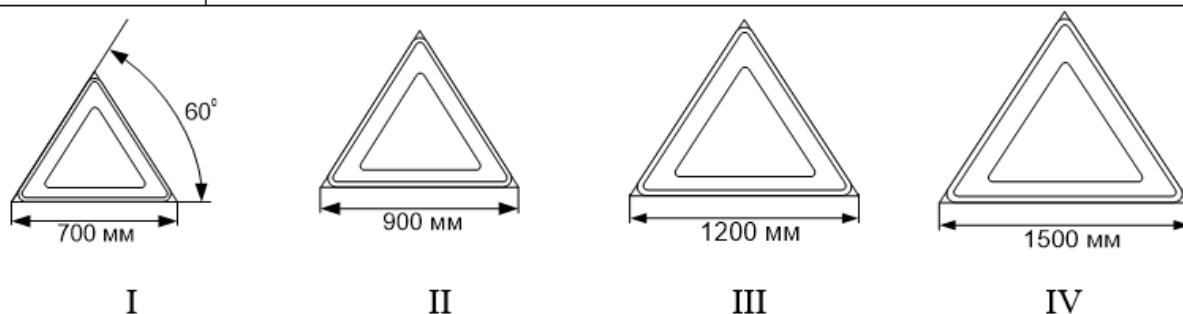


Рисунок 4.2 – Приклади типорозмірів попереджувальних знаків

Світлоповертальні властивості дорожніх знаків забезпечують завдяки використанню спеціальних плівок, які формують відбивне зображення. Світлоповертання визначають як здатність поверхні скеровувати світлові промені назад до джерела. Для оцінки таких властивостей застосовують питомий коефіцієнт сили світла. Його визначають за допомогою фотоелектричного методу.

Під час вибору місця встановлення знака враховують тип інформації, яку він передає. Згідно з правилами використання дорожніх знаків, розмітки, світлофорів, огорожень та направляючих пристроїв, попереджувальні знаки на автомобільних дорогах розміщують на відстані 150-300 м від небезпечної ділянки. У межах населених пунктів цю відстань зменшують до 50-100 м, оскільки швидкість руху там нижча.

Заборонні, інформаційно-вказівні та інші знаки, а також знаки пріоритету (крім «Перетин з головною дорогою» і «Примикання другорядної дороги») встановлюють безпосередньо перед місцями, де змінюється порядок руху або вводять певні обмеження.

Черговість розташування знаків на одній опорі (вниз або праворуч) має бути такою (рис. 4.3):

- знаки пріоритету;
- попереджувальні;
- наказові;
- заборонні;
- інформаційно-вказівні;
- знаки сервісу.

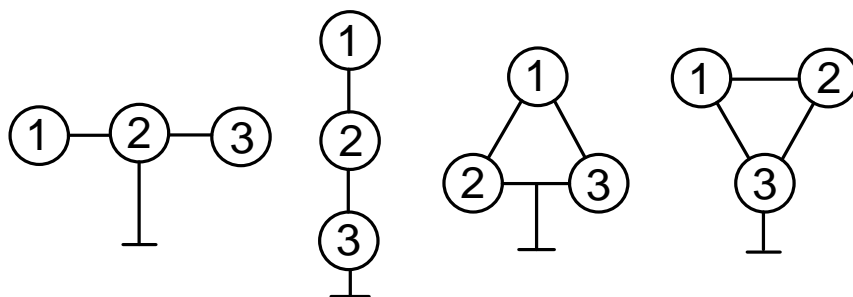


Рисунок 4.3 – Послідовність розташування декількох знаків на одній опорі

Відстань між сусідніми знаками, що стоять на одній опорі та діють на ту саму проїзну частину, має бути в межах 50-200 мм. Це правило не стосується знаків, виконаних у спільному корпусі (рис. 4.4).

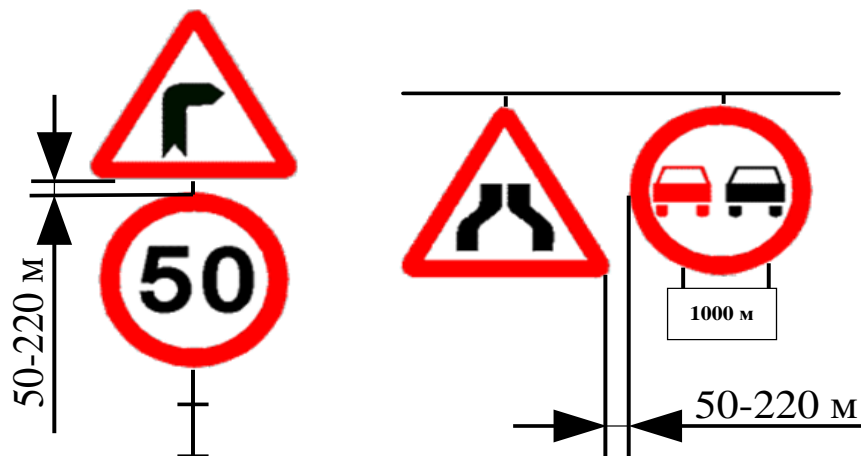


Рисунок 4.4 – Розміщення знаків на одній опорі

Знаки не можна розміщувати ближче ніж 1 м до проводів високовольтної мережі. У межах охоронної зони ліній високої напруги заборонено підвішувати знаки на тросах-розтяжках.

Відстань встановлення дорожніх знаків відносно проїзної частини або брівки земляного полотна визначають від найближчого краю проїзної частини, для якої знак призначений, до найближчого краю проекції знака на горизонтальну площину. У цій площині розташований відповідний край проїзної частини або брівка земляного полотна (рис. 4.5).

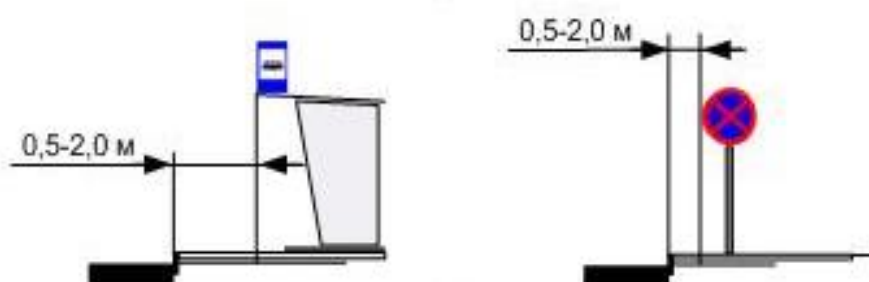


Рисунок 4.5 – Визначення відстані встановлення знаків збоку від проїзної частини у населених пунктах

Відстань від краю проїзної частини, а при наявності узбіччя — від брівки земляного полотна, до найближчого краю знака, встановленого збоку дороги, має становити 0,5-2,0 м. Для інформаційно-вказівних знаків ця відстань може бути більшою – 0,5-5,0 м.

Висоту встановлення дорожніх знаків визначають як відстань від нижнього краю знака до горизонтальної площини, що проходить через найближчу точку поверхні проїзної частини, для якої знак встановлено (рис. 24.6). Для знаків, розміщених збоку від дороги, висоту беруть від поверхні покриття на краю проїзної частини.

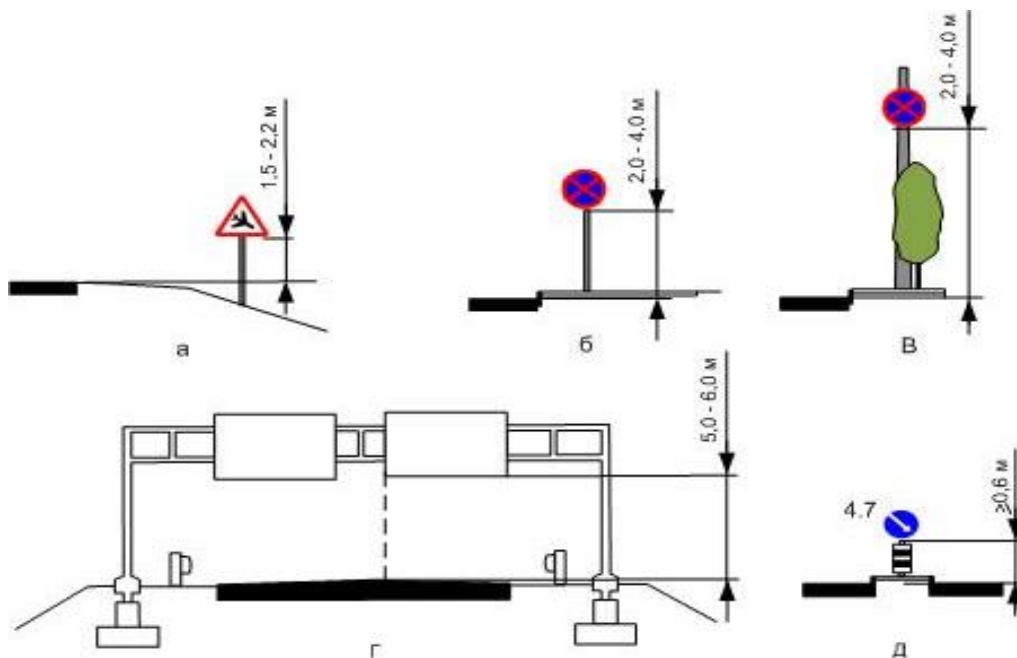


Рисунок 4.6 – Визначення висоти встановлення знаків:

- а) – поза населеними пунктами; б,в) – у населених пунктах;
 г) – над проїзною частиною; д) – на островці безпеки

Якщо знаки розташовані один під одним, висоту стійки для знаку встановлення беруть від нижнього знака.

Відстань від нижнього краю знака (без урахування попереджувальних 1.31.1-1.31.6, 1.4.1-1.4.3 та табличок до знаків) до поверхні дорожнього покриття, за винятком випадків, зазначених у ДСТУ 4100-2021 «Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування» [27], повинна становити:

- від 1,5 до 2,2 м – при розміщенні збоку від дороги поза населеними пунктами;
- від 2,0 до 4,0 м – при встановленні збоку дороги у населених пунктах;
- не менше 0,6 м – для знаків на островцях безпеки та на проїзній частині;
- від 5,0 до 6,0 м – якщо знак розташований над проїзною частиною.

У разі встановлення знаків на прольотних конструкціях штучних споруд або якщо відстань від дорожнього покриття до низу прольоту менша за 5 м, знак не повинен виходити за нижній край конструкції.

Особливості розміщення, правила застосування та дія різних груп дорожніх знаків, включно з інформаційно-вказівними індивідуального проектування, викладені у ДСТУ 4100-2021 «Знаки дорожні. Загальні технічні вимоги. Правила застосування» [27].

На всіх даних пересіченнях знаки встановлено відповідно до цього ДСТУ 4100-2021, а їхні геометричні параметри відповідають стандартам II типорозміру.

4.3. Методи нанесення дорожньої розмітки

Дорожня розмітка (ДР) – це лінії, написи та інші позначки на проїзній частині і елементах дорожніх споруд. Вона визначає порядок руху та інформує водіїв і пішоходів про умови пересування. Розмітка входить до складу загальної схеми організації руху (СОР), тому при її нанесенні необхідно дотримуватись відповідності дорожнім знакам, світлофорам і іншим регулюючим засобам, встановленим згідно з СОР, а також вимог, зафіксованих у «ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови» [26].

Згідно зі стандартом виділяють дві основні групи розмітки: горизонтальну та вертикальну. Горизонтальна розмітка включає лінії, написи, стрілки та інші позначення. Вона буває поздовжньою (1.1-1.11), поперечною (1.12-1.15) або іншого виду (1.16-1.23) та наноситься безпосередньо на поверхню доріг із покриттям підвищеної якості.

До вертикальної розмітки відносять смуги і позначки, які наносять на торцеві поверхні дорожніх споруд і на інженерне обладнання доріг. Сюди також входять світловідбивні елементи, закріплені на зазначених поверхнях.

Для горизонтальної розмітки застосовують два кольори: білий і жовтий (для смуг 1.4, 1.10, 1.17). Вертикальна розмітка поєднує червоний та білий відтінки. Світловідбивні елементи можуть мати червоний і жовтий або білий колір.

На дорогах із вузькою проїзною частиною суцільна розмітка може створювати проблеми. Водії рухаються близько до краю проїзної частини та часто заїжджають на узбіччя. При вологому узбіччі така розмітка втрачає ефективність, оскільки її порушують майже всі водії.

Ефективність будь-якої розмітки визначають також за її видимістю у будь-який час доби та за різних погодних умов. Нормативні показники видимості дорожньої розмітки наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Нормативні значення відстані видимості дорожньої розмітки

Класифікація доріг та вулиць	Максимальна швидкість, км/год	Відстань видимості горизонтальної поздовжньої розмітки, м			Відстань видимості вертикальної розмітки, м		
		вдень	сутінки	вночі	вдень	сутінки	вночі
<i>Дороги загального користування:</i>							
автомагістралі	130	200	185	95	200	190	95
інші дороги	90	135	110	65	135	120	65
дороги у населених пунктах	60	90	60	45	90	70	45
<i>Вулично-дорожня мережа міст:</i>							
магістральні вулиці і вулиці загально-міського значення	90	135	100	65	135	120	65
вулиці і дороги місцевого значення	60	90	60	45	90	70	45

4.4. Характеристика та способи встановлення дорожнього огороження та напрямних пристроїв

Дорожні огороження при розробленні проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомо-діфікованого щебеневомасикового асфальтобетону встановлюють на небезпечних ділянках доріг, мостах і роздільних смугах для відокремлення транспортних потоків та захисту пішоходів і велосипедистів. Існують пішохідні бар'єри, які не допускають заїзду автомобілів у зони руху людей. Огороження відрізняються матеріалом, конструкцією, міцністю та призначенням, а їхні параметри визначають національні стандарти.

Жорсткі бар'єри (бетонні або парапетні) встановлюють на магістралях і небезпечних ділянках для повного запобігання виїзду транспортних засобів із смуги руху. Вони розділяють потоки та зменшують масштаб аварій. Часто монтуються на мостах, крутих поворотах і підвищених ділянках, а також використовуються для перекриття руху.

Амортизуючі огороження призначені для зменшення ударних навантажень. Найпоширеніші – металеві хвильові бар'єри, які розподіляють силу удару. Пластикові блоки з піском або водою спрямовують автомобіль назад на дорогу під безпечним кутом. Такі системи зменшують збитки та підвищують безпеку пасажирів.

Бетонні блоки застосовують для постійних і тимчасових огорожень, розмежування смуг, створення пішохідних зон та контролю з'їздів. Високі блоки (1 м і більше) відокремлюють пішохідні ділянки на вузьких або небезпечних місцях. Металеві огорожі мають різні форми та способи монтажу. Мобільні конструкції використовують на будмайданчиках або тимчасових об'єктах. Стаціонарні бар'єри відповідають стандартам щодо форми та антикорозійного покриття.

Дорожні огороження поділяються на дві групи: бар'єрні та парапетні (0,75-0,8 м) для утримання транспорту на проїзній частині і сітчасті/поручневі (0,8-1,5 м) для обмеження руху пішоходів і тварин – регламентують ДСТУ.

Напрямні пристрої (стовпчики, тумби, острівці) виготовляють із металу, бетону, пластику або дерева. Вони мають бути видимі на 100 м, легко деформуватись при наїзді та не піддаватися демонтажу вручну. Тумби з освітленням сигналізують у темну пору. Острівці розділяють потоки, обмежуються бордюрами висотою 0,15 м. Висота стовпчиків – 0,75-0,8 м, острівців – 0,1-0,15 м.

Огороження встановлюють з урахуванням інтенсивності руху та особливостей дорожнього полотна. Висота і тип конструкції підбираються залежно від категорії дороги та швидкісного режиму. Бар'єрні системи проходять випробування на міцність і ударостійкість перед монтажем. Пластикові блоки заповнюють водою або піском для підвищення енергоємності конструкції. Металеві хвильові огороження мають спеціальні кріплення для забезпечення деформації при ударі. Напрямні острівці встановлюють із врахуванням видимості та безпечного під'їзду автомобілів. Тумби зі світлоповертаючими елементами підвищують безпеку в умовах обмеженої видимості. Відстань між стовпчиками напрямних визначають відповідно до нормативних документів. Монтаж бетонних блоків здійснюють із застосуванням спеціальної техніки для забезпечення стабільності. Регулярний огляд і технічне обслуговування огорожень підтримує їхню ефективність протягом тривалого часу.

Монтаж огорожень виконують згідно з проектною документацією та рекомендаціями виробника. Для підвищення довговічності застосовують антикорозійні покриття та захисні шари. Огороження на мостах і естакадах додатково закріплюють для стійкості до вітрових і динамічних навантажень. При розміщенні напрямних враховують безпечну видимість і відстань для гальмування транспортних засобів. Після установки проводять контрольні випробування, щоб переконатися у відповідності всім нормативам.

Розділ 5. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

Під час розроблення проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомо-дифікованого щебеневомасикового асфальтобетону враховано, що кошторисна вартість реконструкції а/д (автомобільної дороги) загального користування (державного та місцевого значення) визначається згідно “Правилам визначення вартості будівництва” що введені в дію наказом Держбуду України.

Кошторисна вартість, визначена на основі розроблених локальних кошторисів, включає прямі витрати та загальновиробничі витрати. Під час виконання дорожніх робіт кошти на адміністративні витрати спрямовуються для відшкодування витрат, що пов’язані з управлінням БМР, але не входять безпосередньо до складу будівельно-монтажних робіт.

Для встановлення дійсної кошторисної вартості проєкту проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області розробляються локальні, об’єктні, а також зведений кошториси.

Кошторисна вартість проєкту ділянки дороги визначається за нормами та цінами, що діють на момент розробки проєкту (жовтень–листопад 2025 року).

На основі чинних нормативних документів та державних стандартів (ДБН і ДСТУ) формується проєктно-кошторисна документація. У проєкті застосовані сучасні технологічні схеми та прийняті рішення, що забезпечують прогресивність і енергоефективність будівництва.

Для розрахунку вартості проєктів використовується спеціалізований програмний комплекс АВК, який дозволяє розробляти будівельні кошториси. За його допомогою отримують зведений кошторис, локальні кошториси на основні види робіт, а також підсумкову відомість ресурсів.

Вартість виконання робіт із становить – кошторисна документація представлена в додатку А.

Розділ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Основні положення

Під час розроблення проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомасикового асфальтобетону велику увагу приділено розробленню необхідних заходів із охорони праці.

Заходи з охорони праці застосовують під час усіх основних дорожньо-будівельних робіт. Вони охоплюють вимоги для робітників та інженерно-технічного персоналу. Закон України «Про охорону праці» зобов'язує проводити інструктаж і навчання перед початком роботи. Працівники повинні знати правила надання першої допомоги та дії у разі аварії. Ці вимоги діють на всіх етапах виконання проєкту.

Працівники, які виконують роботи підвищеної небезпеки, проходять спеціальне навчання. Вони щороку проходять атестацію знань з охорони праці. Працівника не допускають до роботи без успішного інструктажу та перевірки знань. За незадовільних результатів навчання призначають повторний курс. За ініціативою працівника інструктаж може проводитися повторно.

У магістерській роботі виконано аналіз основних процесів дорожнього будівництва. Визначено наявність небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на людей і обладнання. У проєкті передбачено комплекс технічних рішень для зменшення ризиків. Розроблено профілактичні заходи для недопущення аварій і нештатних ситуацій. Додатково заплановано дії з протипожежної безпеки.

Виробничі бази і будівельні майданчики повинні відповідати санітарним нормам. Це стосується планування території, обладнання та захисних систем. Нові об'єкти не вводять в експлуатацію без офіційного висновку про їх

відповідність. Такі вимоги поширюються на заводи, майстерні, гаражі та інші допоміжні споруди. Дотримання цих норм забезпечує безпечні умови праці.

Працівників забезпечують індивідуальними засобами захисту. Захисні окуляри з силікатним склом оберігають очі від уламків та пилу. Окуляри коробчатого типу застосовують під час роботи з агресивними рідинами та сипучими матеріалами. Затемнені окуляри використовують для захисту від яскравого світла та випромінювання. Додаткові засоби добирають відповідно до характеру робіт.

Для захисту слуху застосовують протишумові навушники. Вони потрібні при роботі з технікою, що створює шум до 120 дБ. Вібраційні рукавиці використовують для роботи з пневмоінструментом. Віброзахисне взуття зменшує навантаження на ноги та тіло. Ці засоби захищають працівника під час довготривалих змін.

Під час роботи в зоні руху техніки робітники повинні мати сигнальні куртки. Це підвищує видимість і зменшує ризик наїзду. Водіям і операторам машин видають спецодяг та захисні окуляри. Вони також повинні мати індивідуальний медичний пакет. Такий підхід забезпечує базовий рівень безпеки.

Перед початком роботи потрібно перевірити технічний стан дорожньо-будівельних машин. Оглядають гальма, освітлення, системи керування та ходове обладнання. Додатково оцінюють роботу сигналізації та захисних систем. Заборонено виконувати роботи на несправній техніці. Така вимога зменшує ризик аварій під час будівництва.

Під час організації робіт важливо чітко позначати небезпечні зони на майданчику. Таке позначення допомагає працівникам швидко орієнтуватися та уникати ризиків. У місцях інтенсивного руху техніки встановлюють додаткові попереджувальні знаки. Працівники повинні дотримуватися маршруту пересування, визначеного відповідальною особою. Це зменшує можливість зіткнень та непередбачуваних ситуацій.

6.2. Вимоги охорони праці при проведенні підготовчих робіт

Повітряні лінії зв'язку і електропередач, кабельні лінії, а також інші комунікації під час розроблення проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високоомо-дифікованого щебенево-мастикового асфальтобетону переносяться у відповідності до вимог діючих нормативних документів спеціалізованими організаціями.

Під час виконання підготовчих робіт виникає багато небезпечних ситуацій. Найбільші ризики пов'язані з вирубкою дерев у придорожніх насадженнях, роботою кущорізів, корчуванням пнів та первинним розпушуванням ґрунту. Такі процеси потребують ретельної організації та чіткого контролю. Неправильні дії можуть призвести до падіння дерев у непередбаченому напрямку. Тому всі операції проводять за встановленими вимогами охорони праці. Звалювальники дерев перед початком роботи повинні перевірити інструмент. Вони готують клини, багри, вила, мотузки та блоки для забезпечення контролю над напрямком падіння дерева. Якість підготовки обладнання впливає на безпечність усіх наступних дій.

Несправний інструмент створює додаткові ризики. Тому перевірка є обов'язковою частиною підготовки.

Дерева діаметром понад 300 мм необхідно звалювати за спеціальною технологією. Такі дерева спилюють після підрубання або підпилювання. Підпил виконують з боку запланованого падіння. Заборонено робити підрубання з різних сторін, бо це ускладнює керування напрямком повалення. Дотримання цієї вимоги зменшує ризик травмування працівників.

Вирубка дерев допускається тільки за сприятливих погодних умов. Заборонено працювати при вітрі понад 3 бали, коли швидкість сягає 5 м/с. Нічні роботи також заборонені через погану видимість. Якщо видимість менша ніж 50 метрів, роботу негайно припиняють. Такі обмеження захищають працівників від непередбачених ситуацій.

Перед запуском кущоріза необхідно переконатися в його справності. Перевіряють кріплення навісного обладнання та роботу всіх основних вузлів. Особливу увагу приділяють захисним огорожам, що мають захищати машиніста від ударів зрізаними гілками.

Важливим є контроль стану ножів, які повинні бути міцно зафіксовані. Тільки після цього дозволяється розпочинати роботу.

Робоча зона для кущоріза повинна бути попередньо очищена. Забирають каміння, залишки великих пнів та дерева діаметром понад 200 мм на рівні зрізу. Це роблять для уникнення пошкодження обладнання. Очищений фронт робіт дає можливість машиністу працювати без зупинок.

Корчування пнів виконують за допомогою канатів та анкерів. Усі кріплення на пнях мають бути міцними, тому роблять глибокі зарубки. Надійне закріплення запобігає зісковзуванню канату під час тяги. Порушення цієї вимоги може призвести до обриву канату.

Під час корчування всі працівники, які не задіяні в управлінні машиною, повинні відійти на безпечну відстань. Вона має бути не меншою за максимальну довжину канату під час навантаження. Такий відступ захищає людей від можливого удару канатом або рухом пня. Дотримання дистанції є однією з ключових вимог безпеки – для зниження ризику травматизму.

Під час підготовчих робіт важливо підтримувати постійний зв'язок між працівниками. Такий зв'язок дає можливість швидко реагувати на зміни умов. Керівник робіт координує дії кожного учасника процесу. Він контролює дотримання дистанції та порядок виконання операцій. Працівники повинні чітко виконувати його інструкції. Невиконання команд створює загрозу для всієї бригади. Додатковий контроль потрібен під час роботи механізмів. Оператор техніки подає сигнали про початок і завершення дій. Інші працівники повинні їх чути та правильно реагувати. Така організація забезпечує стабільний і безпечний хід підготовчих робіт.

6.3. Вимоги охорони праці при спорудженні земляного полотна

Земляні роботи по зведенню земляного полотна під час проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебенево-мастикового асфальтобетону виконуються у відповідності до затверджених проєктів організації будівництва і проєктів виконання робіт, а також до технологічних карт з урахуванням вимог «ДБН В.2.3-4-2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги» [11].

Під час спорудження земляного полотна виникають ризики для всіх учасників будівельного процесу. Основні небезпеки пов'язані з роботою важкої техніки вагою від 10 до 20 тонн. Машиністи повинні дотримуватися встановлених маршрутів руху. Ширина робочих коридорів повинна бути не менше 5 м. Маршрути позначають сигнальними стовпчиками через кожні 10-15 м. Це допомагає уникнути зіткнень техніки та запобігає травмам. На майданчику працює бригада до 15 осіб, всі вони повинні дотримуватися правил безпеки.

Перед початком робіт проводять інструктаж для 100 % персоналу. Працівники повинні знати правила безпеки на відкосах, укосах та ярах глибиною до 2 м. Додатково пояснюють порядок руху машин та роботу важких механізмів. Інструктаж повторюють раз на 6 місяців або при зміні умов роботи. Це підвищує рівень безпеки і знижує кількість інцидентів на 30-40 %. Відповідальні особи контролюють, щоб усі підписали журнал інструктажу.

Техніка перед виїздом на майданчик проходить ретельний технічний огляд. Машиністи перевіряють гальма, освітлення, гідравліку та роботу ходового обладнання. Виявлені несправності усувають протягом 24 годин. Несправні машини до роботи не допускаються. Це знижує ризик аварій та пошкодження земляного полотна. Крім основних вузлів перевіряють сигнальні системи та огороження кабіни.

Під час розробки ґрунту заборонено перебувати біля ковша екскаватора ближче ніж 10 м. Водій та робітники повинні підтримувати постійний

візуальний контакт. Відстань до поворотної зони витримують не менше 5 м. Різкі маневри заборонені. Це зменшує ризик травмування людей та пошкодження техніки. На майданчику встановлюють сигнальні стрічки та попереджувальні таблички.

Насипи формують шарами товщиною 20-25 см. Працівники не повинні стояти на краю насипу висотою понад 1,5 м. Край насипу може осипатися при вібрації машин або під час дощу. Доступ у небезпечні зони обмежують сигнальними стрічками. Знаки встановлюють кожні 5-10 м, щоб кожен учасник процесу бачив межі роботи. Це допомагає уникнути падінь і травм.

Ущільнення ґрунту проводять котками масою 8-12 тонн. Працівники тримаються на відстані не менше 5 м від проходу котка. Рух котка повинен бути передбачуваним та рівномірним зі швидкістю до 3 км/год. Несподівані зупинки не допускаються. Контроль руху здійснює інженер-бригадир. Так забезпечують безпечне ущільнення та запобігають пошкодженню ґрунту.

При роботі біля траншей діють підвищені вимоги безпеки. Стіни траншей укріплюють або роблять з укосом 1:1. Робітники не заходять у неукріплені котловани глибиною понад 1,5 м. Перед входом оцінюють стан ґрунту та рівень вологості. Відстань від краю траншеї до робітника повинна бути не менше 0,8 м. Це зменшує ризик обвалу та травм. При глибоких траншеях більше 2 м застосовують додаткові розпірки або підпірки.

Рух техніки в умовах обмеженої видимості здійснюють за участю 1–2 сигнальників. Сигнальник подає команди жестами або радіозв'язком. Машиніст виконує їх точно та без затримок. Порушення сигналів заборонене. Така організація руху зменшує ризик нещасних випадків у 2-3 рази.

При роботі в темний час доби застосовують освітлення потужністю не менше 2000 лк на робочій ділянці. Освітлюють усі активні зони та проходи. Тіні та сліпі ділянки усувають. Техніка працює лише за нормальної видимості не менше 50 м. Це зменшує кількість небезпечних ситуацій та аварій на майданчику.

На майданчику обов'язково мають бути 2-3 аптечки. Працівники повинні знати місце їх розташування та склад медичних засобів. Надання допомоги проводять негайно після травмування. Відповідальний працівник контролює наявність аптечок щодня. Це важливо при серйозних ушкодженнях або аваріях.

Під час підготовчих робіт важливо підтримувати постійний зв'язок між усіма 10-15 працівниками бригади. Такий зв'язок дає можливість швидко реагувати на зміни умов. Керівник робіт координує дії кожного учасника процесу. Він контролює дотримання дистанції та порядок виконання операцій. Працівники повинні чітко виконувати його інструкції. Невиконання команд створює загрозу для всієї бригади. Додатковий контроль потрібен під час роботи механізмів. Оператор техніки подає сигнали про початок і завершення дій. Інші працівники повинні їх чути та правильно реагувати. Така організація забезпечує стабільний і безпечний хід робіт.

Під час руху вантажівок та самоскидів діють обмеження швидкості до 10 км/год. Всі водії повинні мати спецодяг, каски та захисні окуляри. Кожен транспортний засіб оснащують звуковою сигналізацією. Переїзд через робочу зону дозволяють лише після перевірки від сигнальника. Це зменшує ймовірність наїзду на працівників.

Робітники, зайняті на земляному полотні, забезпечуються засобами індивідуального захисту. Вони включають каски, рукавиці, жилети та взуття із посиленою підошвою. Захисні окуляри використовують при обробці каменю та пилюванні ґрунту. Віброзахисні рукавиці і взуття застосовують при роботі з важкою технікою. Це забезпечує захист від травм і професійних захворювань.

Дотримання цих вимог дозволяє знизити ризик травмування працівників до мінімуму. Правильна організація руху, контроль техніки та підготовка персоналу підвищують ефективність робіт. Безпека на майданчику стає пріоритетом для всіх учасників будівництва. Виконання вимог охорони праці є обов'язковим на кожному етапі. Це гарантує, що земляне полотно буде споруджене без аварій та травм.

Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВЛАШТУВАННЯ ПОКРИТТЯ

З ВИСОКОМОДИФІКОВАНОГО

ЩЕБЕНЕВО-МАСТИКОВОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ

7.1. Особливості високомодифікованого щебенево-мастикowego асфальтобетону

Високомодифікований щебенево-мастиковий асфальтобетон виготовляють із бітумів, у які вводять підвищений обсяг полімерів – зазвичай від 5 до 7 %, що значно перевищує стандартні 2–3 %. Таке в'язуче отримують шляхом змішування нафтових дорожніх бітумів із великою часткою полімерних добавок, що підсилює основні фізико-механічні характеристики матеріалу. За підвищеного вмісту полімерів у бітумі формується просторовий каркас, що збільшує структурну стабільність і забезпечує зростання еластичності та розтяжності більш ніж у 2 рази при температурі 0 °С. Такі бітуми мають теплостійкість понад 80 °С, а температура крихкості знижується приблизно до -25...-28 °С.

Підвищення частки полімерів спричиняє зростання міцності асфальтобетону на 15-25 %, особливо в умовах підвищених температур та повторних транспортних навантажень. Це дозволяє зменшити товщину верхніх асфальтобетонних шарів у середньому на 10-15 % без втрати довговічності покриття. Проте збільшена в'язкість матеріалу потребує нагрівання до 180-190 С, тоді як стандартні модифіковані бітуми працюють у межах 160-170°С. Це створює труднощі під час приготування й ущільнення суміші, яка втрачає рухливість на 20-30 % швидше.

Для усунення цих технічних проблем використовують спеціальні полімерні модифікатори, що стабілізують в'язуче під час виробництва. Високомодифіковані бітуми класифікують відповідно до РВ.2.7-03450778-839:2014 за марками БВМ 40/60-80, БВМ 60/90-75, БВМ 90/130-70, БВМ

130/200-60, де числові інтервали визначають penetрацію (у 0,1 мм) та мінімальну температуру розм'якшення. Умовна позначка включає марку та нормативний документ, наприклад: БВМ 40/60-80 Р В.2.7-03450778-839:2014.

Для модифікації застосовують дорожні бітуми за ДСТУ 4044 та СОУ 45.2-00018112-069, а полімерні добавки повинні мати сертифікати відповідності, декларації та технічні свідоцтва згідно з чинними вимогами України.

За фізико-технічними показниками високо модифіковані бітуми повинні відповідати вимогам таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Фізико-технічні показники високо модифікованих бітумі

Назва показника	Значення для марок			
	БВМ 40/60-80	БВМ 60/90-75	БВМ 90/130-70	БВМ 130/200-60
1 Однорідність	У в'язучому не повинно спостерігатись згустків та частинок полімеру			
2 Глибина проникності голки (пенетрація) за температури 25 °С, 0,1 мм	Від 40 до 60	Від 61 до 90	Від 91 до 130	Від 131 до 200
3 Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, °С, не нижче	80	75	70	60
4 Розтяжність (дуктильність), см:				
- за температури 25 °С, не менше	12	15	20	25
- за температури 0 °С, не менше	6	8	12	16
5 Еластичність за температури 25 °С, %, не менше	80	80	85	85
6 Температура крижкості, °С, не вище	Мінус 20	Мінус 22	Мінус 24	Мінус 26
7 Зчеплюваність з поверхнею скла, %, не менше	32	20	17	13
8 Температура спалахнення у відкритому тиглі, °С, не нижче	240	230	230	220
9 Зміна властивостей після прогріття:				
9.1 Зміна температури розм'якшеності, °С, не більше	5	5	6	7
9.2 Залишкова penetрація за температури 25 °С, %, не менше	85	80	70	65

7.2. Технологія та процес приготування високо модифікованих бітумів

Високомодифіковані бітуми отримують шляхом поєднання базових бітумів із полімерними компонентами. У ролі полімерів використовують термоеластоласти, латекси та різні види терполімерів. Таке суміщення виконують відповідно до регламентів, затверджених для конкретного типу продукції. Кожен виробник використовує власний технологічний порядок змішування компонентів. Всі операції проводять у контрольованих температурних умовах.

Приготування високомодифікованих бітумів здійснюють на заводських установках. Це можуть бути асфальтобетонні заводи, спеціальні бітумні дільниці або нафтопереробні підприємства. Для роботи необхідно мати обладнання, що дозволяє точно підтримувати температуру й інтенсивність перемішування. Кожна установка повинна мати окремі ємності для вихідних матеріалів. Додатково потрібні системи транспортування та дозування добавок.

До комплексу обладнання входять установки періодичної дії. Вони оснащені механічними мішалками або колоїдними млинами. Подекуди застосовують комбіновані системи змішування. Такі установки забезпечують рівномірне введення добавок у бітум. Якість перемішування визначає однорідність майбутнього в'язучого.

Системи нагріву є важливою частиною технологічного процесу. Нагрівальні пристрої подають бітум у змішувальний резервуар. Дозатори контролюють кількість полімерних добавок із точністю до декількох грамів. Насоси забезпечують стабільний транспорт бітуму по трубопроводах. Змішана суміш має відразу вивантажуватися у відповідну ємність.

Для зберігання вихідних компонентів використовують окремі резервуари. Їх обладнують системами обігріву, щоб уникнути загустіння матеріалу. Полімерні добавки зберігають в ізольованих приміщеннях з контрольованим мікрокліматом. Температурний режим зберігання впливає на стабільність модифікаторів. Порушення умов призводить до втрати їх властивостей.

Орієнтовна частка полімерів у складі бітуму визначається типом добавки. Для термоеластопластів використовують від 5 до 10 %. Латекси зазвичай вводять у діапазоні від 5 до 7 %. Терполімери застосовують у межах від 3 до 5 %. Кількість полімеру визначається лабораторними випробуваннями. Лабораторія оцінює вплив різних дозувань на основні властивості в'язучого.

Склад високомодифікованого бітуму встановлюють експериментально. Отримані зразки перевіряють на теплостійкість, еластичність та penetрацію. Після оцінки властивостей обирають оптимальний вміст добавки. Усі параметри повинні відповідати діючим нормам та вимогам таблиць контролю якості. Готовий бітум має відповідати встановленим стандартам.

Процес приготування включає кілька послідовних операцій. Спочатку вихідний бітум нагрівають до температури від 175 до 200 °С. Після нагріву бітум подають у змішувальну установку. Резервуар заповнюють не більше ніж на три чверті. Це необхідно для ефективної роботи мішалки.

Далі здійснюють дозування полімерних добавок. Введення полімеру проводять у режимі постійного перемішування. Добавку подають рівномірно та поступово. Швидкість подачі зазвичай не перевищує 10 кг за хвилину. Введення холоднішої добавки може знизити температуру бітуму на 10-15 °С.

Установки з механічними мішалками працюють у широкому діапазоні часу. Перемішування може тривати від 3 до 8 годин. Тривалість залежить від типу мішалки та характеристик добавок. Мінімальна частота обертання становить не менше ніж 60 обертів за хвилину. Інтенсивність перемішування визначає ступінь гомогенізації матеріалу.

У деяких комплексах використовують колоїдні млини. Основним робочим елементом таких установок є один або два млини. Резервуари в таких системах мають об'єм від 5 до 10 м³. Кожна ємність оснащена лопатевими мішалками. Технологія може передбачати попереднє перемішування протягом 15-30 хвилин.

Суміш бітуму з добавкою подають у колоїдний млин. У млині відбувається диспергування полімеру. На виході утворюється тонкодисперсне та однорідне

в'язуче. Після млина продукт потрапляє до другої ємності. Звідти суміш може повторно проходити через млин за потреби.

У разі використання однієї ємності суміш повертається назад у той самий резервуар. У цьому випадку вирішальним параметром є час обробки в млині. Весь об'єм в'язучого повинен пройти через робочу зону млина. Це гарантує рівномірний розподіл добавки.

Температура в'язучого під час диспергування може підвищуватись на 10 -15 °С. Тому система повинна мати контроль нагріву. Перегрів полімеру може погіршити його властивості. Оператор контролює температуру й інтенсивність подачі.

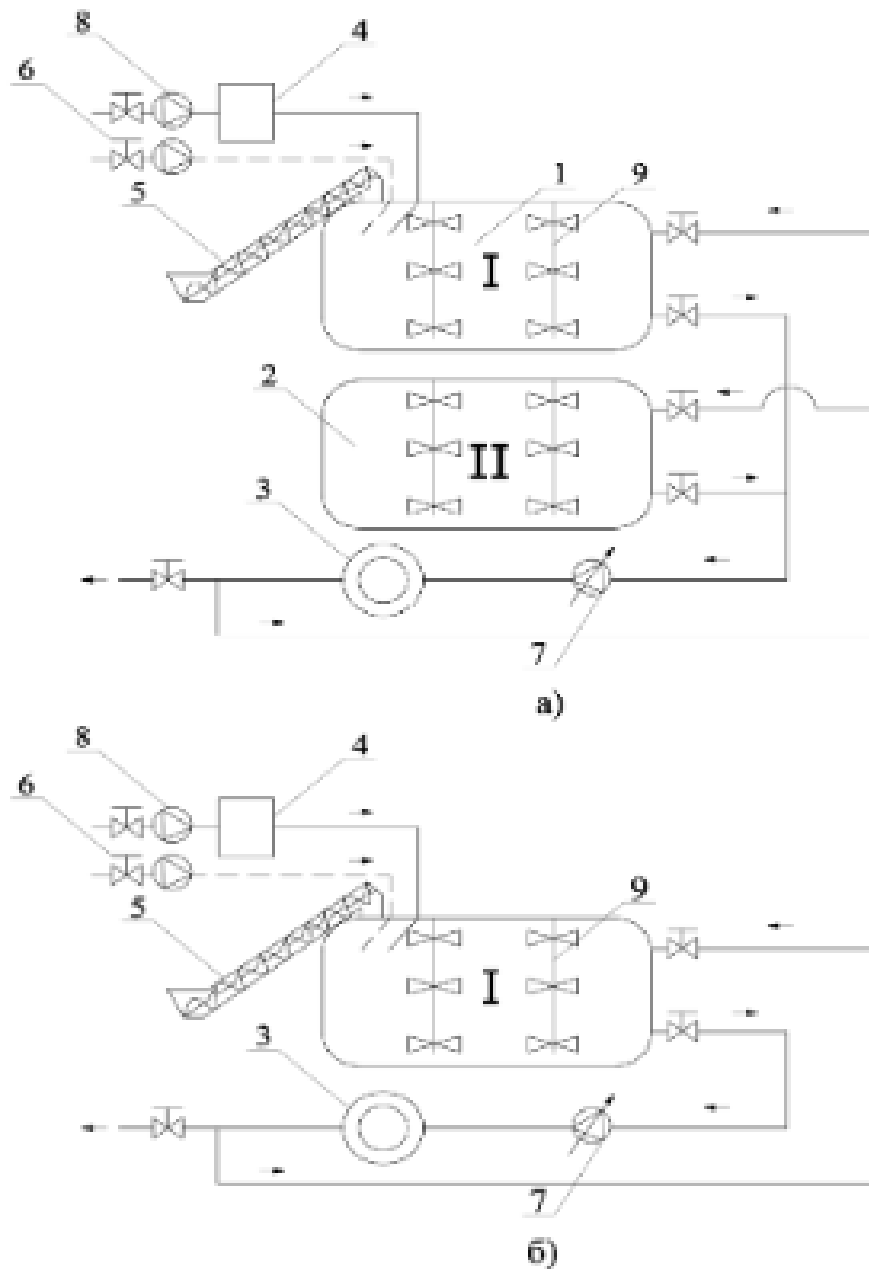
Після завершення змішування готовий бітум вивантажують з установки. Продукт спрямовують у накопичувальні ємності або на лінію застосування. Усі операції виконують при постійній фіксації температурних режимів. Надмірне охолодження може спричинити загущення матеріалу. Дотримання параметрів гарантує стабільну якість готового продукту.

Достатньо встановленої тривалості перемішування або кількості проходів через млин. Це забезпечує однорідність бітумного в'язучого. Контролюють стабільність penetрації при 25 °С та температуру розм'якшення. Параметри визначають під час випуску першої пробної партії. Кожну зміну бітуму або виду добавки перевіряють окремо.

При механічному перемішуванні відбір проб здійснюють кожні 30 хвилин. Це роблять після завершення введення полімерної добавки. Готовий високомодифікований бітум застосовують за призначенням. Його можна вивантажувати у накопичувальні ємності.

Для регулювання в'язкості бітуму застосовують пластифікатори. Використовують індустріальні оливи. Можна додавати сировину для дорожніх бітумів за ТУ У 00149943.427. Дозволяється також використовувати мазут згідно з ДСТУ 4058 «Паливо нафтове. Мазут. Технічні умови».

На рис. 7.1 подано схему установок на основі колоїдного млина.



а) Обладнання з двома ємкостями

б) Обладнання з однією ємкістю

1 - ємкість для бітуму № 1; 2 - ємкість для бітуму № 2;
 3 - колоїдний млин; 4 - дозатор бітуму; 5 - шнековий конвеєр; 6 - клапан;
 7 - бітумний насос колоїдного млина; 8 - бітумний насос; 9 - мішалки

Рисунок 7.1 – Схема установок на основі колоїдного млина

Кількість пластифікатора визначають за видом та в'язкістю бітуму. Оптимальний вміст підбирають у лабораторії. Пластифікатор вводять у бітум, нагрітий до 140-165 °С. Перемішування триває щонайменше 60 хвилин. Максимальний вміст пластифікатора може становити до 20 %.

У таблиці 7.3 наведені вимоги до технологічних процесів приготування високо модифікованого бітуму.

Таблиця 7.3 – Норми технологічного процесу

Найменування технологічної операції	Значення технологічних параметрів					
	Температура, °С	Витрати матеріалу, %	Тривалість процесу в установці, хв		Кількість обертів мішалки, не менше, об/хв	Кількість проходів через колоїдний млин
			з механічними мішалками	з колоїдним млином		
1. Підготовка викідного бітуму, в тому числі регулювання в'язкості шляхом введення пластифікатора при механічному перемішуванні	140 – 165	90,0 – 97,0	60 – 120	–	60	–
2. Подача розігрітого до рідкого стану бітуму в змішувальну установку та нагрівання до робочої температури модифікації	170 – 200	90,0 – 97,0	4 – 50	4 – 20	–	–
3. Введення в бітум при постійному перемішуванні підбраного вмісту полімеру:						
– термоеластопласту	175 – 200	5,0 – 10,0	20 – 200	20 – 75		
– латексу	180 – 195	5,0 – 7,0	20 – 140	20 – 55	60	–
– терполімеру	195 – 200	3,0 – 5,0	12 – 100	12 – 40		
4. Перемішування полімеру з бітумом механічними мішалками	175 – 200	100	180 – 480	15 – 30	60	–
5. Диспергування полімеру в бітумі при проходженні через колоїдний млин	175 – 190	100	–	4 – 20	–	3 – 7
6. Вивантаження високомодифікованого бітуму за призначенням або в накопичувальну ємкість	175 – 200	100	4 – 50	4 – 20	–	–

Примітка 1. При використанні тільки механічних мішалок використовують технологічні операції 1 – 4 та 6; при застосуванні колоїдних млинів – 1 – 6.
Примітка 2. Перелік технологічних операцій та технологічні параметри (температура нагрівання бітуму, вміст полімеру тощо) конкретизуються залежно від марки полімеру та способу модифікації.

7.3. Технологія приготування гарячих асфальтобетонних сумішей на високо модифікованому бітумі

Асфальтобетонні суміші, що містять високомодифікований бітум, виготовляють відповідно до стандартної технологічної схеми. Виробничий процес таких сумішей виконується послідовно та суворо контролюється. Спочатку здійснюють нагрівання та дозування мінеральних компонентів, до яких відносяться щебінь, пісок і мінеральний порошок. Ці матеріали подають у змішувач і перемішують протягом 30-60 секунд. Тривалість циклу залежить від типу змішувальної установки та конкретного виду асфальтобетонної суміші.

Правильне перемішування мінеральних компонентів забезпечує однорідність майбутньої суміші та рівномірне розподілення фракцій щебеню.

На наступному етапі нагрівають високомодифікований бітум. Його дозують і подають у змішувач, де він поєднується з мінеральним наповнювачем. Процес перемішування триває 10-20 секунд. Завдяки цьому утворюється рівномірне покриття всіх частинок щебеню та піску бітумним в'язучим. Інтенсивність і тривалість змішування контролюють, щоб уникнути перегріву бітуму та забезпечити стабільність суміші. У результаті утворюється однорідна асфальтобетонна маса з високою адгезією між компонентами.

Після завершення змішування готову асфальтобетонну суміш вивантажують із змішувача. Її направляють у бункер-накопичувач для тимчасового зберігання або безпосередньо в автомобіль-самоскид для транспортування на будівельний об'єкт. Контроль температури на цьому етапі є важливим, оскільки від неї залежить збереження властивостей суміші.

Температурні режими приготування визначають заздалегідь у лабораторії. Для цього застосовують ротаційні віскозиметри, які дозволяють оцінити в'язкість бітуму при різних температурах. На основі цих даних підбирають оптимальну температуру нагрівання високомодифікованого бітуму для кожної марки. Для бітуму БВМ 40/60-80 температура не повинна перевищувати 180 °С. Для марки БВМ 60/90-75 – 175 °С. Для БВМ 90/130-70 – 165 °С. Для БВМ 130/200-60 – 150 °С. Такий підхід забезпечує стабільність властивостей суміші та довговічність дорожнього покриття.

Крім того, лабораторні випробування дозволяють визначити оптимальну кількість бітуму та добавок. Це допомагає уникнути надмірного витрачання матеріалів та підвищити ефективність виробництва. Використання високомодифікованих бітумів дозволяє отримати асфальтобетон з підвищеною стійкістю до температурних коливань і тривалих циклічних навантажень. Контроль температури та часу перемішування є ключовим фактором для отримання якісного покриття. В результаті дотримання технології гарантує отримання стабільної, однорідної та довговічної асфальтобетонної суміші.

7.4. Впровадження високо модифікованих бітумів (Kraton HiMA)

Під час розроблення проєкту автомобільної дороги II технічної категорії на ділянці ПК0+00 ... ПК47+36 в Хустському районі Закарпатській області з влаштуванням покриття з високомодифікованого щебеневомастикового асфальтобетону актуальним питанням є впровадження сучасних матеріалів.

Постійне зростання інтенсивності руху та транспортних навантажень є однією з основних причин передчасного руйнування асфальтобетонних дорожніх покриттів. Це, у свою чергу, призводить до скорочення міжремонтних термінів та загальної експлуатації покриття. Найбільш поширеними дефектами є пластичні деформації у вигляді колійності, хвиль і зрушень.

Традиційними методами зниження пластичності покриттів є застосування асфальтобетонів із підвищеним вмістом щебеню. Це дозволяє створити жорсткий кам'яний скелет. Іншим методом є використання висококонсистентних бітумних в'язучих. До них відносяться високов'язкі бітуми та бітуми, модифіковані полімерами або структурними добавками.

В Україні основними засобами підвищення міцнісних та пластичних характеристик дорожнього одягу є щебеневомастикові та асфальтополімербетонні суміші. Недоліком цих методів є те, що значного підвищення колієстійкості можливо досягти лише за рахунок використання бітумів, модифікованих полімером. Концентрація полімеру у в'язучому повинна перевищувати 7–9 %. Використання таких високополімерних бітумів в Україні обмежене через економічні та технологічні причини.

Останні 30 років у багатьох країнах світу набуло поширення влаштування асфальтобетонних покриттів із високим модулем жорсткості. До них відносять EME (Enrobés à Module Elevé), HSMA (High Stiffness Modulus Asphalt) та HiMA (High Modulus Asphalt). Для виготовлення таких сумішей використовують спеціальні дорожні бітуми. Це тверді бітуми з penetрацією $5-25 \times 0,1$ мм або мультигрейд-бітуми з penetрацією $20-70 \times 0,1$ мм.

Перші дослідження застосування асфальтобетонів із високим модулем пружності проводили у Франції у 1980-х роках. Було запропоновано гранулометричні склади кам'яних матеріалів для таких асфальтобетонів. Розроблено методику проектування сумішей та комплекс показників якості. Це дозволяло оцінити переваги високомодульного покриття перед класичним асфальтобетоном.

Після отримання позитивного досвіду у Франції технологію почали впроваджувати в інших країнах. Найбільш досконалі дослідження щодо адаптації ЕМЕ до національних умов виконані у Великобританії, Австралії та Південній Африці. Також значні дослідження проводили у країнах ЄС: Бельгії, Португалії, Данії, Швейцарії, Польщі, а також у країнах Близького Сходу, Індії та Китаї.

Основні переваги високомодульного асфальтобетонного покриття порівняно з класичним щільним асфальтобетоном:

- збільшений модуль жорсткості за рахунок використання твердих бітумів із пенетрацією менше ніж $25 \times 0,1$ мм;
- підвищений опір утомленості завдяки більшій кількості в'язучого (близько 6 % порівняно із 4,5 % у звичайних асфальтобетонах);
- зменшена пористість суміші (менше на 6 %);
- підвищена колієстійкість за рахунок використання високов'язких бітумів;
- покращена вологостійкість покриття завдяки зниженню пористості;
- підвищена зручноукладальність сумішей через більший вміст бітумного в'язучого, що спрощує ущільнення;
- можливість зменшення товщини шару дорожнього одягу без зниження міцнісних характеристик, що зменшує витрати на будівництво.

Через ці властивості високомодульні асфальтобетони широко застосовують на дорогах із високою інтенсивністю руху, у аеропортах, на зупинках важкого транспорту та мостових спорудах.

Концепція виготовлення асфальтобетонів із високим модулем жорсткості передбачає використання високов'язких або твердих бітумів. Вона також включає:

- розрахунок оптимальної кількості бітуму;
- проектування сумішей із більшою кількістю в'язучого та меншою пористістю;
- забезпечення неперервної гранулометрії;
- дотримання частки дрібних кам'яних матеріалів (<2 мм) на рівні 32–35 %;
- обмеження частки матеріалів <0,075 мм до 7-8 %.

Тільки за дотримання цих умов ЕМЕ або НіМА демонструють переваги перед звичайним асфальтобетоном.

На жаль, в Україні асфальтобетони з високим модулем пружності наразі не використовуються. Це пояснюється відсутністю необхідного бітумного в'язучого. Тверді бітуми в країні не виробляються та не імпортуються.

Однак у зв'язку з постійним зростанням інтенсивності дорожнього руху та підвищенням навантажень від важкого транспорту питання дослідження та впровадження високомодульних асфальтобетонів в Україні є актуальними.

Високомодульні асфальтобетони забезпечують більшу довговічність покриття навіть при значних навантаженнях від великовантажного транспорту. Вони дозволяють зменшити витрати на поточний ремонт і скоротити простої доріг через необхідність ремонту. Такі суміші демонструють підвищену стійкість до утворення тріщин у холодний період експлуатації. Використання високов'язких бітумів зменшує ризик пластичних деформацій під час спеки. Впровадження технології ЕМЕ/НіМА сприяє оптимізації конструкції дорожнього одягу та підвищенню ефективності дорожнього будівництва.

7.5. Огляд об'єктів в Україні із високомодифікованим бітумом (Kraton HiMA)

Вперше в Україні на дорогах державного значення застосовано технологію HiMA (highly modified asphalt). Вона призначена для ремонту дорожнього покриття на ділянках з інтенсивним рухом великовантажного транспорту. Ділянка ремонту знаходиться на автомобільній дорозі М15 “Одеса - Рені”, км 48+400 – км 48+800.

Вона розташована біля пункту пропуску Маяки-Удобне на кордоні України з Молдовою.

Під'їзд до КПП характеризується повільним рухом транспорту, включаючи значну кількість великовантажних автомобілів. Ділянка раніше ремонтувалася іншим підрядником у 2017 році. Незважаючи на це, на покритті вже з'явилася помітна колійність.

Для вирішення проблеми Служба автомобільних доріг Одеської області залучила компанію “Автомагістраль-Південь”.

Після обстеження фахівці лабораторії запропонували влаштувати посилене дорожнє покриття. Використовувалася асфальтобетонна суміш на високомодифікованому бітумі HiMA. Такий матеріал оптимально підходить для нижніх та верхніх шарів дорожнього одягу на ділянках з уповільненим рухом та місцях зупинки великовантажного транспорту.

Для модифікації бітуму застосовувався полімер-модифікатор SBS Kraton™ D 0243. Кількість добавки становила не менше 7,5 % від маси бітуму. Це забезпечує високу еластичність та стійкість покриття до деформацій. Полімерні добавки формують просторову сітку всередині бітуму, що підвищує його теплостійкість і міцність.

Технологія HiMA широко застосовується у світі. Полімерні модифікатори ефективні при різних температурних режимах. У 2013 році дороги в Катарі виконували з такого матеріалу перед чемпіонатом світу з футболу. У 2014 році з високомодифікованого асфальтобетону влаштували дорогу на Алясці. HiMA

застосовували при будівництві злітно-посадкових смуг та руліжних доріжок аеропортів у Вроцлаві, Катовице, Празі та інших містах.

Асфальтобетон НіМА за характеристиками є альтернативою цементобетону. Він оптимально підходить для проблемних ділянок дорожніх покриттів. Особливо ефективний у місцях зупинки та уповільненого руху великовантажного транспорту.

Виробництво асфальтобетонної суміші на НіМА виконується за стандартною технологічною схемою. Спочатку нагрівають та дозують щебінь, пісок і мінеральний порошок. Ці матеріали подають у змішувач. Перемішування триває від 30 до 60 с. Час залежить від типу установки та складу суміші.

Далі нагрівають високомодифікований бітум до контрольованої температури. Його дозують і вводять у змішувач. Бітум перемішують із мінеральними компонентами 10-20 секунд. Це забезпечує рівномірне покриття всіх частинок. Інтенсивність перемішування контролюють для уникнення перегріву бітуму.

Після змішування готову суміш вивантажують у бункер-накопичувач або безпосередньо в автомобіль-самоскид. Це дозволяє підтримувати температуру суміші перед укладанням. Контроль температури на цьому етапі є важливим для збереження пластичних властивостей асфальтобетону.

Температурні режими приготування визначають у лабораторії. Використовують ротаційні віскозиметри для оцінки в'язкості бітуму. На їх основі встановлюють оптимальну температуру нагрівання для кожної марки бітуму. Для БВМ 40/60-80 температура не перевищує 180 °С. Для БВМ 60/90-75 – 175 °С. Для БВМ 90/130-70 – 165 °С. Для БВМ 130/200-60 – 150 °С.

Параметри суміші визначаються лабораторно. Визначають оптимальний вміст бітуму та полімерних добавок. Це дозволяє уникнути надмірного витрачання матеріалів. Забезпечується стабільність властивостей асфальтобетону.

Для покращення технологічних характеристик застосовують пластифікатори. Використовують індустріальні оливи, сировину для дорожніх бітумів за ТУ У 00149943.427 або мазут за «ДСТУ 4058-2001 Паливо нафтове.

Мазут. Технічні умови». Кількість добавки визначають у лабораторії. Пластифікатор вводять у бітум, нагрітий до 140-165 °С. Перемішування триває щонайменше 60 хвилин. Максимальний вміст пластифікатора може становити до 20 %.

Під час виробництва контролюють тривалість перемішування та кількість проходів суміші через млин. Це забезпечує однорідність в'язучого та стабільність penetрації. Відбір проб здійснюють кожні 30 хвилин після введення добавок.

Після завершення приготування готову суміш укладають на проблемну ділянку дороги. НіМА дозволяє отримати високу стійкість до колійності. Покриття витримує значні навантаження великовантажного транспорту. Матеріал зберігає еластичність у широкому температурному діапазоні.

Експериментальні дослідження високомодифікованого щебенево-мастикового асфальтобетону наведені у презентації до пояснювальної записки. Результати показали високу однорідність та стабільність властивостей суміші.

Високомодифікований асфальтобетон НіМА забезпечує довговічність дорожнього покриття. Він є оптимальним рішенням для ділянок з інтенсивним рухом та місць зупинки великовантажного транспорту. Використання НіМА на М15 "Одеса – Рені" є першим досвідом такого застосування в Україні.

Список використаної літератури

1. Бойчук В. С. Довідник дорожника. – К.: Урожай, 2002. – 560с.
2. Білятинський О. А. та ін. Проектування автомобільних доріг: Підручник. У 2 ч. Ч. 2. – К.: Вища школа, 1998. – 416с.
3. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту.
4. ВБН В.2.3–218–047–2001 Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом (реконструкцією, капіт ремонтом) автомобільних доріг».
5. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.
6. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.
7. ГСТУ 218-03450778.092-2002 Проект (схема) організації дорожнього руху на автомобільній дорозі.
8. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. Зі Змінами № 1 та № 2.
9. ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».
10. ДБН В 1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України»
11. ДБН В.2.3-4-2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
12. ДБН В.2.3-5-2018 Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів.
13. ДБН В.2.6–133:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення
14. ДБН Д.2.2-1-2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 1. Земляні роботи.
15. ДБН Д.2.2-27.2016 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 27. Автомобільні дороги.
16. ДСТУ Б А.3.1-22:2013 Визначення тривалості будівництва об'єктів.
17. ДСТУ Б В.2.3-11-2004 Споруди транспорту. Огородження дорожнє перильного типу. Загальні технічні умови.
18. ДСТУ Б В.2.3-12-2004 Огородження дорожнє металеве бар'єрного типу. Загальні технічні умови. Зміна №1.
19. ДСТУ Б В.2.4-2-2012 Умовні графічні позначення і зображення елементів генеральних планів і споруд транспорту.

20. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови.
21. ДСТУ Б В.2.7-101-2000 Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови.
22. ДСТУ Б В.2.7-119-2011 Будівельні матеріали. Суміші асфальто-бетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
23. ДСТУ Б Д.2.2-27:2016 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Автомобільні дороги (Збірник 27).
24. ДСТУ Б Д.2.2-27:2016 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Автомобільні дороги.
25. ДСТУ-Н Б В.2.6- 218:2016 «Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсноармованого бетону.
26. ДСТУ 2587-2021. Розмітка дорожня. Технічні вимоги. Методи контролю. Правила застосування.
27. ДСТУ 4100-2021 Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування.
28. ДСТУ 8749:2017 Безпека дорожнього руху. Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт».
29. ДСТУ 8751:2017 Безпека дорожнього руху. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Загальні технічні вимоги»
30. ДСТУ 8752:2017 Безпека дорожнього руху. Проект організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення.
31. ДСТУ 9177-2:2022 Матеріали щебеневі та гравійні для дорожнього будівництва. Технічні умови. Частина 2. Матеріали неукріплені.
32. Савченко В. Я., Словінська О. С., Феценко Г. М., Каськів В. І. Технологія будівництва автомобільних доріг в прикладах (для курсового та дипломного проектування). Навчально – наочний посібник. – К., 2003. – 334с.
33. ВСН 123-77 Інструкція з влаштування покриттів та основ із щебених, гравійних та піщаних матеріалів, оброблених органічними в'язучими.
34. ТУ У В.2.7-24.1-03450778-189-2003 Технічні умови. Бітуми модифіковані полімерами.
35. ТУ У В.2.7-45.2-03450778-204-2003 Технічні умови. Суміші асфальто-бетонні щебенево – мастичні дорожні та аеродромні.

