

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**  
**КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І ГОСПОДАРСТВА**  
(повна назва кафедри)

### Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)  
(рівень вищої освіти)

на тему «Аналіз систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг України»

Виконав: студент 2 курсу, групи БУД 18-5мді  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(код і назва спеціальності)

освітньої програми «Міське будівництво та господарство»  
(код і назва освітньої програми)

Уаллал Махді  
(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Банах А.В.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент ст.викл. Світлична В.Б.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет Будівництва та цивільної інженерії  
Кафедра Міського будівництва і господарства  
Рівень вищої освіти другий рівень (магістерський)  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(код та назва)  
Освітня програма Міське будівництво та господарство  
(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри А.В. Банах  
«08» листопада 2020 року

### ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Уаллал Махді  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) «Аналіз систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг України»

керівник роботи Банах Андрій Вікторович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ЗНУ від «10» вересня 2019 року № 1542-с

2 Строк подання студентом роботи 08.01.2020

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

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) проаналізувати та узагальнити системи поверхневого водовідведення автомобільних доріг України; проаналізувати нормативну базу та результати досліджень з розробки систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг; провести аналіз закономірностей зміни температури і вологості шарів основи дорожнього одягу і робочої зони земляного полотна з часом та процесу фільтрації у піщаних дренажних шарах дорожньої конструкції; виконати розрахунок параметрів піщаного дренажного шару

*дренажної системи мілкового закладення автомобільної дороги із застосуванням сучасних інформаційних методів дослідження.*

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових елементів) *Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обчислень наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик, результатами розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів дослідження.*

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Банах А.В., доцент		
2	Банах А.В., доцент		
3	Банах А.В., доцент		
4	Банах А.В., доцент		

1 Дата видачі завдання 03.09.2019

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	І
1.	Розділ 1 Сучасний стан питання	20 жовтня	
2.	Розділ 2 Дренажні системи та їх елементи	15 листопада	
3.	Розділ 3 Проектування водовідводу	10 грудня	
4.	Розділ 4 Охорона праці та техногенна безпека у будівництві	25 грудня	
	Попередній захист	8 січня	

Студент Уаллал Махді  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) Банах А.В.  
(підпис) (ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

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

## АНОТАЦІЯ

Уаллал Махді. Аналіз систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг України.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник А. В. Банах. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра міського будівництва та господарства, 2020.

Наведений в роботі метод розрахунку дозволяє проектувати поздовжню дренажну систему мілкового закладення в робочій зоні земляного полотна залежно від глибини фільтраційного потоку у розрахунковий період з урахуванням кліматичних особливостей регіону та параметрів поперечного перерізу конструкції.

Ключові слова: СИСТЕМИ ПОВЕРХНЕВОГО ВОДОВІДВЕДЕННЯ, ДРЕНАЖНІ СИСТЕМИ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ, НАДІЙНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ, ЗЕМЛЯНЕ ПОЛОТНО.

## ABSTRACT

Yallal Mahdi. Analysis of surface drainage systems of Ukrainian roads.

Qualification final work for obtaining a higher education degree of a master's degree in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor A.V. Banakh. Faculty of Civil Engineering and Civil Engineering, Department of Urban Construction and Economics, 2020.

The calculation method presented in the work allows designing a longitudinal shallow drainage system in the working area of the subgrade depending on the depth of the filtration flow during the calculation period, taking into account the climatic features of the region and the structural cross-section parameters.

Key words: SURFACE WATER DRAINAGE SYSTEMS, DRAINAGE SYSTEMS OF SMALL LOCATION, RELIABILITY OF FUNCTIONING OF THE ROAD, EARTH CANVAS

## АНОТАЦІЯ

Уаллал Махди. Анализ систем поверхностного водоотвода автомобильных дорог Украины.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель А. В. Банах. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра городского строительства и хозяйства, 2020.

Приведенный в работе метод расчета позволяет проектировать продольную дренажную систему мелкого заложения в рабочей зоне земляного полотна в зависимости от глубины фильтрационного потока в расчетный период с учетом климатических особенностей региона и параметров поперечного сечения конструкции.

Ключевые слова: СИСТЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДООТВОДА, ДРЕНАЖНЫЕ СИСТЕМЫ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ, НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ, ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ .....	9
1.1 Основні принципи функціонування дорожнього водовідводу.....	9
1.2 Джерела зволоження дорожньої конструкції та їх негативний вплив на експлуатаційний стан і довговічність автомобільної дороги.	13
1.3 Переваги використання покриття із пористого асфальтобетону для забезпечення відведення води з проїзної частини .....	19
1.4 Вибір і призначення схеми водовідведення автомобільної дороги ...	22
РОЗДІЛ 2 ДРЕНАЖНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТИ .....	28
2.1 Дренажні системи мілкового закладання .....	28
2.2 Проектування дренажних систем робочої зони земляного полотна ..	36
2.3 Розрахунок дренажного шару, що працює за методом поглинання ...	45
2.4 Розрахунок дренажного шару, що працює за методом осушення.....	50
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ВОДОВІДВОДУ .....	56
3.1 Система водовідводу .....	56
3.2 Проектування водовідвідних систем і споруд .....	65
3.3 Практичні аспекти застосування результатів розрахунків .....	68
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА .....	79
4.1 Обслуговування та ремонт системи водовідведення автомобільних доріг .....	79
4.2 Утримання земляного полотна і водовідвідних споруд .....	83
4.3 Ремонт земляного полотна і водовідвідних споруд .....	85
ВИСНОВКИ .....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	90

## ВСТУП

*Актуальність проблеми.* Міцність і стійкість земляного полотна і дорожнього одягу автомобільної дороги в значній мірі залежать від вологості ґрунтів, які складають земляне полотно. Існує два джерела зволоження ґрунтів в земляному полотні: за рахунок поверхневого струку і капілярного підняття ґрунтових вод. Крім того, дія поверхневих вод може призвести до таких руйнувань земляного полотна, як розмивання узбіччя, зсув і розмивання укосів. Тому для нормального функціонування автомобільної дороги необхідне влаштування системи водовідводу, що складається зі спеціальних споруд і заходів, призначених для перехоплення, відведення і перепуску поверхневої води. Слід відмітити, що заходи з водовідведення впливають на стан безпеки дорожнього руху і рівновагу навколишнього середовища.

*Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.* Випускна робота виконана відповідно з планами науково-дослідних робіт кафедри міського будівництва та господарства Запорізького національного університету. В основу роботи покладено теоретичні дослідження та практичні розробки систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг.

*Метою роботи* є аналіз систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг України.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачене рішення наступних задач:

- проаналізувати та узагальнити системи поверхневого водовідведення автомобільних доріг України;
- проаналізувати нормативну базу та результати досліджень з розробки систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг;
- провести аналіз закономірностей зміни температури і вологості шарів основи дорожнього одягу і робочої зони земляного полотна з

часом та процесу фільтрації у піщаних дренаючих шарах дорожньої конструкції;

- виконати розрахунок параметрів піщаного дренаючого шару дренажної системи мілкого закладення автомобільної дороги із застосуванням існуючих методів.

*Об'єкт дослідження* – є процеси надходження вологи до дренажної системи поверхневого водовідведення автомобільних доріг.

*Предмет дослідження* – є метод розрахунку поздовжніх дренажних систем мілкого закладення в робочій зоні земляного полотна автомобільної дороги.

*Методи дослідження.* В процесі опрацювання роботи застосовано метод аналізу та узагальнення; теоретичних досліджень, заснованими на сучасних досягненнях в області теорії та практики підвищення надійності конструкцій автомобільних доріг згідно сучасних нормативних документів; статистичні методи обробки експериментальних даних для порівняння розрахункових параметрів, одержаних із використанням різних методів.

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

*Наукова новизна* одержаних результатів полягає в наступному:

- проаналізовані та узагальнені існуючі системи поверхневого водовідведення автомобільних доріг України;
- проаналізована нормативна база та приведені результати досліджень з розробки систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг;
- проведений аналіз закономірностей зміни температури і вологості шарів основи дорожнього одягу і робочої зони земляного полотна з часом та процес фільтрації у піщаних дренаючих шарах дорожньої конструкції;

- виконаний розрахунок параметрів піщаного дренажного шару дренажної системи мілкового закладення автомобільної дороги із застосуванням існуючих методів.

*Практичне значення одержаних результатів.* Наведений в роботі метод розрахунку дозволяє проектувати поздовжню дренажну систему мілкового закладення в робочій зоні земляного полотна залежно від глибини фільтраційного потоку у розрахунковий період з урахуванням кліматичних особливостей регіону та параметрів поперечного перерізу конструкції.

*Особистий внесок автора.* Наведені методичні підходи спрямовані на підвищення надійності функціонування автомобільних доріг України, проаналізовано основні фактори, які формують водно-тепловий режим верхньої частини земляного полотна та основи дорожнього одягу; розглянуто методи визначення параметрів дренажних систем мілкового закладення з урахуванням режиму руху рідини, підвищення щільності піщаного шару з часом, особливостей клімату регіону будівництва.

*Відомості про апробацію результатів роботи.* Апробація роботи – за результатами досліджень опубліковано тези доповіді на XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІІ ЗНУ, Запоріжжя, 26-29 листопада 2019 р. Запоріжжя: ІІ ЗНУ, 2019. Том ІІ. С. 13.

*Відомості про публікації здобувача.* Аналіз систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг України – тези доповіді на XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІІ ЗНУ, Запоріжжя, 26-29 листопада 2019 р. Запоріжжя: ІІ ЗНУ.

*Структура та обсяг магістерської роботи.* Робота складається з вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 93 сторінках, 14 таблиць, 33 рисунків. Для написання даної роботи використано 42 літературних джерела.

## РОЗДІЛ І СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ

### 1.1 Основні принципи функціонування дорожнього водовідводу

Система дорожнього водовідводу є важливим елементом дороги.

Завдання водовідвідних споруд - запобігти перезволоженню земляного полотна. У міру збільшення вологості фізичний стан ґрунту змінюється від твердого до текучому, різко зменшується здатність чинити опір навантажень.

Для відводу поверхневої води влаштовують бічні і водовідвідні канали, які збирають воду, що стікає як з дороги, так і з прилеглої місцевості, і відводять її в знижені місця, прокладають нагірні канали для перехоплення води, що тече по схилу до дороги. Канави бувають трапецієвидними і трикутними залежно від розрахункової кількості відводиться ними води.

Підземний стік води здійснюється за тими пластів ґрунту, які мають гарну водопроникність. Такі пласти називають водоносними. Якщо водоносний шар залягає неглибоко від поверхні, виникає небезпека перезволоження ґрунтовими водами земляного полотна і виявляється необхідним їх штучне зниження - видалення води від земляного полотна на безпечно відстань. Для перехоплення, пониження рівня і відведення ґрунтових вод застосовують пристрої, які складають систему підземного водовідведення - дренаж - мережа укладених під землею труб або кам'яних начерк з великими порожнечами, по яких вода стікає швидше, ніж по порах навколишнього водоносного ґрунту.

Найважливішу роль у забезпеченні належного рівня функціонування систем водовідведення автомобільних доріг грають правильне виконання робіт на стадії проектування, своєчасне виявлення відхилень у технологічному процесі при будівництві водовідвідних споруд та прийняття відповідних заходів щодо їх усунення, а також роботи з утримання конструкцій дорожнього водовідводу в експлуатаційний період.

Система дорожнього водовідводу функціонально і конструктивно сполучена з стійкістю земляного полотна і дорожніх одягів, а також з перетинами і примиканнями, укісними водопропускними, водоперепускних спорудами, укосами виїмок, прилеглими до автомобільної дороги схилами, водоймами і водотоками.

На автомобільну дорогу впливають не тільки природні фактори (клімат, рельєф, гідрологічні та геологічні умови прокладання траси), а й результати будівництва дороги і штучних споруд на ній, які перебувають у взаємозв'язку між собою. Тому на стадії проектування автомобільної дороги при оцінці кліматичних, гідрологічних і геологічних умов району будівництва і виборі схеми збору і відводу поверхневих вод слід прогнозувати роботу водовідвідної конструкції в процесі експлуатації, тим самим, зменшуючи можливість зміни природних умов під впливом виробничої діяльності людини.

Дошові опади роблять визначальний вплив на зміну водно-теплового режиму земляного полотна і дорожніх одягів. На основі результатів численних досліджень, проведених в Росії і за кордоном, було доведено, що вологість ґрунту земляного полотна зростає при зменшенні відстані від горизонту ґрунтових вод, при скороченні відстані від фільтруючого шару, а також при збільшенні середньої кількості опадів за 15 сут.

Земляне полотно - фундамент дорожнього одягу, і його стійкість визначає довговічність дорожнього одягу. Стійкість земляного полотна забезпечується не тільки його раціонально проєктованими конструкціями, характеристиками ґрунтів та умовами їх складання, але також особливостями збору, відведення води, водовідвідних конструкцій і технологією будівництва. Руйнування, що виникли в земляному полотні через відсутність належного відводу води з поверхні покриття, можуть бути повністю усунені тільки в період проведення робіт з реконструкції автомобільної дороги.

Опір зсуву ґрунтів земляного полотна значно змінюється при коливаннях їх вологості і ступеня ущільнення, тому необхідно підтримувати водний

режим земляного полотна постійним протягом усього року. Насичення ґрунту укосів земляного полотна дошовими або паводковими водами є основною причиною їх спливів і зсувів, що в подальшому призводить до втрати міцності всіх елементів автомобільної дороги.

Незадовільна робота водовідвідних конструкцій приводить також до акумуляції води на поверхні покриття та її проникненню в ґрунт земляного полотна через узбіччя, тріщини і шви в покриттях. Згідно з результатами численних лабораторних досліджень за кордоном, асфальтобетонні покриття, в яких є втомні тріщини, пропускають 70-95% води за кількістю, еквівалентному дошовим опадам інтенсивністю 50 мм / ч.

Найбільшою шкоди стійкості дорожньої конструкції заподіює вільна вода, що знаходиться в її конструктивних шарах, де під тиском коліс транспортних засобів відбувається її переміщення. Вільна вода в зернистому шарі основи дорожнього одягу при динамічних навантаженнях може знизити його міцність на 25% і більше.

Інтенсивні короточасні літні дощі не роблять істотного впливу на підвищення вологості ґрунту земляного полотна через нестачу вологості повітря і значного випаровування. Однак зниження температури повітря сприяє міграції до поверхні покриття зв'язаної води, що міститься на різних глибинах промерзаючого ґрунту земляного полотна.

Крім цього, водна плівка на поверхні проїзної частини автомобільної дороги значно погіршує умови руху транспортних засобів через зниження зчпних якостей дорожнього покриття та обмеження видимості при русі. Практично в 70% дорожньо-транспортних пригод з особливо тяжкими наслідками серед супутніх основною причиною є незадовільні дорожні умови. Дошові опади, що випадають в літній період, безпосередньо впливають на стан покриття і безпеку руху автомобілів. Вода, затримуючись на дорожньому покритті, призводить до виникнення в зоні контакту шини колеса автомобіля з покриттям водяного клина, який росте в міру збільшення швидкості руху. Виникає ефект аквапланування, при якому колесо

автомобіля повністю втрачає поздовжнє і поперечне зчеплення. Найбільша кількість дорожньо-транспортних пригод, викликаних низькими зчпними якостями дорожніх покриттів, відбувається саме на мокрих покриттях, коли не забезпечений відвід води.

На ступінь функціонування водовідвідних конструкцій також впливає якість влаштування покриття проїжджої частини автомобільної дороги. Застій води на проїжджій частині та узбіччях спостерігається в тому випадку, якщо не забезпечується рівність покриття. Крім того, температурні шви і дрібні тріщини в дорожніх покриттях пропускають воду в кількості, більш ніж достатній для появи руйнувань. У процесі експлуатації в асфальтобетонних покриттях з'являються втомні тріщини внаслідок динамічних навантажень і деформацій дорожнього одягу, в цементобетонних покриттях завжди є тріщини в місцях сполучення з узбіччями, а температурні шви з часом втрачають водонепроникність. Тиск від коліс транспортних засобів викликає переміщення води в шарах дорожнього одягу.

Для прийняття обґрунтованих рішень необхідна точна оцінка розрахункових гідрометеорологічних умов в заданому районі з використанням наявних даних проектних розробок минулих років і досвіду експлуатації побудованих споруд. У разі застосування нових схем і споруд необхідно ретельно аналізувати особливості їх функціонування та при можливості проводити лабораторні дослідження їх працездатності, так як непрямі, необґрунтовані аналогії з наявними конструкціями неприпустимі. Крім того, використання нових конструктивних елементів у системі дорожнього водовідводу може вимагати проведення додаткових досліджень з метою розробки методів оцінки вихідних гідрометеорологічних параметрів проектування.

Конструкції дорожнього водовідводу відносяться до споруд спеціального призначення і не тільки випробовують дії природно-кліматичних факторів, але і під їх впливом здатні чинити негативний вплив на прилеглу природне середовище.

Передчасні руйнування і засмічення водовідвідних конструкцій, найчастіше зумовлені відсутністю розрахунків їх пропускної спроможності та належної апробації, а іноді й досвіду будівництва подібних споруд, а також відсутністю обладнання для їх утримання призводять, насамперед, до перезволоження ґрунтів земляного полотна.

1.2 Джерела зволоження дорожньої конструкції та їх негативний вплив на експлуатаційний стан і довговічність автомобільної дороги

Автомобільна дорога є складною інженерною спорудою, яка складається зі значної кількості конструктивних елементів. Відповідальність і важливість їх безвідмовної роботи пов'язані з безпосереднім впливом на безпеку руху користувачів. Особливо важливим є забезпечення нормативних експлуатаційних характеристик тих елементів, з якими відбувається безпосередній контакт транспортних засобів – це покриття дорожнього одягу та узбіч, земляне полотно. На зазначені елементи чинять вплив погоднокліматичні фактори (зміна температури, вплив опадів, вивітрювання та ін.), сонячна радіація, навантаження від рухомого складу, заходи з експлуатаційного утримання.

Очевидно, що на відміну від покриття, земляне полотно і основа дорожньої конструкції повинні влаштовуватись міцними одразу на достатню перспективу зростання руху; тоді не знадобиться перебудова всієї дороги, що пов'язано зі значними труднощами і витратами [1].

Земляне полотно в невисоких настипах чи в нульових відмітках на дорогах нашої місцевості в деяких випадках, внаслідок утворення в пилюватому ґрунті льодяних лінз, зимою нерівномірно здимається [7]. На цементобетонних покриттях в результаті цього з'являються тріщини, сусідні плити утворюють пороги, а на нежорстких одягах весною при розмерзанні ґрунту відбуваються деформації покриттів від дії навантажень. На таких слабких дорогах для уникнення руйнувань



доводиться обмежувати рух важких вантажних автомобілів. Немалі кошти витрачаються щорічно також і на тимчасові заходи по захисту покриттів від подальшого руйнування на ділянках зі слабким земляним полотном [8, 9].

Натурними спостереженнями, які виконувались у [10, 11] встановлено, що строки обмеження руху великовагового транспорту напряму залежать не лише від температурного режиму верхніх шарів нежорстких дорожніх одягів, а й від вологості ґрунту робочої зони земляного полотна та шарів основи.

Встановлено, що інтенсивним руйнуванням у період перезволоження піддаються не лише ділянки автомобільних доріг, які вичерпали свій ресурс у зв'язку із недотриманням міжремонтних строків, а й ділянки, на яких виконувались поточні середні і капітальні ремонти за декілька років до обстеження. Це свідчить про те, що ні в якому разі не варто нехтувати влаштуванням заходів, спрямованих на покращення водно-теплого режиму, оскільки заміна шарів покриття може не усунути першопричину руйнувань і вони повторяться знову, а це, у свою чергу, призведе до невиправданих витрат на повторні ремонти.

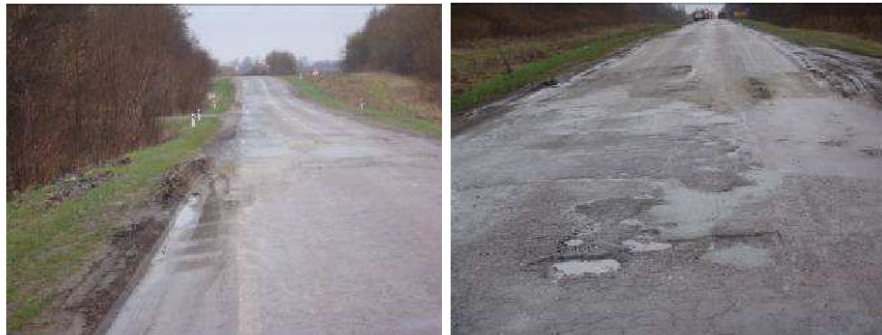


Рисунок 1.1 – Проникнення води через дефекти дорожньої конструкції

Крім того, ремонт дефектів дорожньої конструкції, які спричинені несприятливим водно-тепловим режимом (рисунки 1.1, 1.2), передбачає

тривале обмеження в русі транспортних засобів (такий ремонт є ефективним після стабілізації вологості ґрунту земляного полотна) та заміну конструкції дорожнього одягу на всю товщину.

Цей факт підтверджують натурні спостереження, проведені під час проведення робіт з ліквідації руйнувань та деформацій покриття автомобільних доріг загального користування в післязимовий період (рисунок 1.3).



Рисунок 1.2 – Руйнування покриття, спричинені несприятливим водно-тепловим режимом



Рисунок 1.3 – Ліквідація руйнувань дорожньої конструкції

Стан дорожніх конструкцій залежить від процесів, що відбуваються в приземних шарах атмосфери і верхніх шарах літосфери. Оцінюючи міцність і



довговічність доріг, найбільшу увагу слід звернути на фактори, що впливають на зміну температури і вологості шарів конструкції. До них відносяться кліматичні дії – температура і відносна вологість повітря; сонячна радіація, атмосферні опади і швидкість вітру; гідрологічні – поверхневий стік; гідрогеологічні – ґрунтові води; вплив інженерних комунікацій – теплотраси, водопроводи, каналізації та ін.

Цей різноманітний і складний комплекс тепловологісних дій викликає в дорожній конструкції тепломасообмінні процеси: кондукцію і конвекцію тепла, дифузію водяної пари, концентраційну дифузію рідинної фази води, капілярну міграцію і гравітаційний рух води, промерзання порової води і розтавання льоду [5].

Тепловологісний вплив і тепломасообмінні процеси визначають водно-тепловий режим, тобто закономірні сезонні зміни в активній зоні дорожньої конструкції температури і вологості шарів одягу і ґрунту полотна [12].

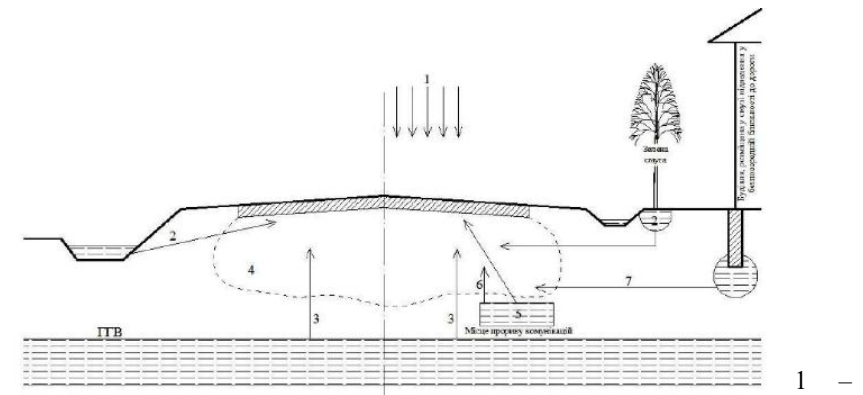
Водно-тепловий режим обумовлює деформаційну здатність, міцність і довговічність дорожньої конструкції. Тому, при розробці принципів і методів проектування стійких та економічних дорожніх конструкцій необхідно вміти оцінювати інтенсивність та закономірність зміни водно-теплого режиму.

Особливості водно-теплого режиму дорожніх конструкцій визначаються джерелами зволоження (рисунок 1.4) [13, 14].

Короткочасним, але найбільш активним джерелом зволоження є атмосферні опади. Вони зволожують шари конструкції при існуванні в дорожньому покритті тріщин, які утворюються внаслідок неякісного утримання доріг та дії надмірних навантажень від транспортного потоку, або у випадку наявності водонепроникних покриттів. При порушенні цілісності труб або колодязів зливової каналізації створюються зони локального зволоження біля кромки проїзної частини. У випадку нормального утримання доріг з сучасними водонепроникними

покриттями атмосферні опади практично не проникають в шари дорожньої конструкції.

В період інтенсивних дощів, сніготанення або поверхневого стоку в зеленій зоні відбувається промочування ґрунту. Зона максимальної інфільтрації води в ґрунт може досягати 50-100 см. В результаті створюється певна небезпека бокового капілярного й плівкового зволоження. Джерело 2 короткочасне і при нормально ущільненому ґрунті земляного полотна не являє собою небезпеки.



атмосферні опади; 2 – вода з бокових канав і з боку зеленої смуги; 3 – ґрунтова вода; 4 – водяна пара; 5 – вода від прориву водоносних комунікацій; 6 – вода від тимчасового горизонту вод; 7 – вода із зони значного зволоження

Рисунок 1.4 – Джерела зволоження автомобільних доріг

При близькому заляганні ґрунтових вод (1-2 м від низу дорожнього одягу) відбувається капілярно-висхідне зволоження. Джерело 3 потужне, постійно діюче і небезпечне.

Ґрунт земляного полотна є дисперсно-пористим тілом. Одночасно з повітрям в порах дифундує водяна пара. При відсутності інших джерел

зволоження водяна пара – основне і постійно діюче джерело. Якщо конструювання дорожнього одягу неправильне, джерело 4 може бути небезпечним.

Під проїзною частиною або поблизу від неї можуть бути розташовані різні водоносні комунікації (водопровід, каналізація тощо). Досвід експлуатації доріг свідчить про існування можливості прориву таких водоносних комунікацій внаслідок різних причин.

В зонах прориву виникає надзвичайно могутнє локальне зволоження – 5. Вода під тиском охоплює значну зону. Після усунення аварій ґрунт в цій зоні тривалий час знаходиться у перезволоженому стані і є локальним джерелом.

У ряді випадків вода проникає у зливову каналізацію і, рухаючись по ній, виходить у віддалені від місць проривів комунікації.

Таке зволоження, що переміщується, особливо небезпечне, оскільки часто важко встановити місце виникнення джерела зволоження.

На віддалених ділянках можливе утворення джерела зволоження з боку ґрунтових вод, що безперервно наступають. Це джерело 6 є потужним і небезпечним.

У процесі влаштування фундаменту під будови, що розташовуються у смузі відведення автомобільної дороги у безпосередній близькості до земляного полотна, відбувається інтенсивне зволоження ґрунту атмосферними опадами і поверхневим стоком. Виникають зони надмірного зволоження, які деякий час після закінчення будівництва споруд залишаються джерелом зволоження. Це джерело 7 може створювати незначну загрозу лише при близькому розташуванні проїзної частини доріг від споруди.

1.3 Переваги використання покриття із пористого асфальтобетону для забезпечення відведення води з проїзної частини

В даний час найбільш поширеним матеріалом для влаштування удосконалених покриттів доріг вищих категорій є асфальтовий бетон [48-66]. В США та країнах Європи вони складають більше 90 % від загальної протяжності доріг, по яких перевозиться більше 40 % вантажів.

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

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

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

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

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

Асфальтобетон характеризується значною міцністю, водонепроникністю, водостійкістю, здатністю до пружних і пластичних деформацій, що забезпечує дорожньому покриттю еластичність, шорсткість і високе зчеплення з автомобільними шинами.

Дослідженнями Г.К.Сюньї, Л.Б. Гезенцева, М.В. Горелишева, І.В. Корольова, В.О. Золотарьова, А.О. Белятинського, К.В. Краюшкіної та інших [54, 56-59] доведено, що при об'єднанні бітуму з мінеральними

складовими щебенем і піском відбувається взаємодія між цими компонентами з протіканням складних фізико-хімічних міжмолекулярних явищ, які виявляються не тільки при приготуванні суміші, а й при експлуатації покриття.

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

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

Для попередження явища аквапланування актуальним є питання використання на ділянках доріг з підвищеним рівнем небезпеки дренуючого покриття із пористого асфальтобетону, який має здатність вбирати в себе воду, сприяючи швидкому осушенню поверхні і попередженню виникнення застою води на покритті після дії атмосферних опадів.

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

В США пористий (дренуючий) асфальтобетон отримав назву «Open graded friction course (OGFC)» і використовується вже більше 60 років.

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

Значно ширше пористий (дренуючий) асфальтобетон почав використовуватись в США з 1980 років, коли почала діяти програма федерального дорожнього агентства (FHWA) по боротьбі із заносами на дорогах.

FHWA разом з Національним центром досліджень асфальту (NCAT) розробили гранулометричні склади дренуючих асфальтобетонних сумішей та визначили оптимальну кількість в'язучого.

ASTM Д6932/Д6932 М регламентує улаштування верхніх шарів зносу із пористих (дренуючих) асфальтобетонів для підвищення безпеки руху і попередження явища аквапланування автомобілів.

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

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

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

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

#### 1.4 Вибір і призначення схеми водовідведення автомобільної дороги

Вибір і призначення схеми водовідведення автомобільної дороги можуть, як значно зменшувати несприятливий вплив гідрологічних і гідрогеологічних факторів, так і прискорювати їх негативний вплив на автомобільну дорогу в цілому, що вказує на необхідність ретельного опрацювання всіх можливих варіантів систем дорожнього водовідводу на стадії проектування.

Деякі водовідвідні конструкції абсолютно не прийнятні для влаштування на укосах насипів автомобільних доріг, проте випадки будівництва цих конструкцій та їх незадовільного функціонування мали місце. В даний час в практиці проектування і будівництва автомобільних доріг зарубіжних країнах існують наступні схеми організації поверхневого водовідведення.

Схема 1 характеризується вільним стоком води по поверхні проїзної частини автомобільної дороги на узбіччя, далі на укосі і потім в бічні водовідвідні канали (кювети).

Швидкість стікання води в цьому випадку визначається параметрами поздовжніх і поперечних ухилів проїжджої частини та узбіччя, а також типом і станом покриття проїжджої частини, регламентованим типовим проектом на дорожній одязі. При цьому для захисту від розмивів необхідно зміцнювати укоси земляного полотна та кювети. Поперечні перерізи водовідвідних споруд призначаються на основі результатів гідрологічних та гідравлічних розрахунків. Різні способи зміцнення узбіччя і укосів земляного полотна автомобільних доріг регламентуються типовими проектними рішеннями, вимогами нормативних документів і методичними рекомендаціями.

Поверхневий стік, притікає до підшви відкосів земляного полотна, при проходженні автомобільної дороги в насипу відводиться за допомогою кюветів, лотків, поздовжніх і поперечних водовідвідних каналів; у виїмці - кюветами або лотками.

Випуск води з водовідвідних каналів, кюветів і лотків в знижені місця рельєфу місцевості допускається за умови, що це не викличе заболочування місцевості і застою води біля прилеглого земляного полотна.

Як правило, кювети влаштовуються з поперечним перерізом трапецеподібні, однак у ряді випадків допускається влаштовувати кювети трикутного і прямокутного перерізу. Конструкції укріплень водовідвідних каналів і кюветів повинні забезпечувати необхідну міцність, стійкість всієї дорожньої конструкції і зручність при вмісті в період експлуатації.

Крім того, зміцнення необхідно виробляти в суворій відповідності з типовими конструкціями і нормативних вимог, а також з урахуванням максимального використання місцевих матеріалів і механізмів.

В даний час застосовуються типові конструкції укріплень водовідвідних каналів щебенем з засівом трав на укосах, збірними бетонними плитами, Торкретбетон, монолітним бетоном, кюветним збірними лотками, бетонними сегментами, асфальтобетонними плитами і піщаним асфальтобетоном, лотками-жолобами, залізобетонними прямокутними і рамними лотками

Схема 2 характеризується вільним стоком води по поверхні проїзної частини автомобільної дороги до прикрайкового водозбірним лотків, розташованим з обох сторін проїжджої частини, далі у відкриті откосні водоскидні лотки, розташовані через певні відстані один від одного, потім у водовідвідні укріплення канали, в очисні споруди або на прилеглу територію.

Відповідно до цієї схеми система поверхневого водовідведення на території Росії і ряду зарубіжних країн включає типові залізобетонні водозбірні прикрайкового і водоскидні откосні телескопічні лотки, а також укріплення водовідвідні канали. Крім типових прикрайкового конструкцій на

автомобільних дорогах застосовуються водозбірні лотки еліпсоїдного, круглого, трапецеїдального і прямокутного поперечних перерізів.

Схема 3 характеризується вільним стоком води по поверхні проїзної частини автомобільної дороги до бордюрів, розташованим з обох сторін проїжджої частини, далі у відкриті откосні водоскидні лотки, розташовані через певні відстані один від одного, потім у водовідвідні укріплення русла, в очисні споруди, закриту каналізацію або на прилеглу територію.

Для збільшення швидкості відводу води з поверхні покриття на автомагістралях, підходах до мостів і шляхопроводів, а також міських вулицях широко застосовуються підземні зливостоки з відведенням води за межі земляного полотна.

Особливу увагу при організації поверхневого водовідведення за схемами 2 і 3 необхідно приділяти вузлам сполучення прикрайкового і укісних споруд, ділянкам входу в укісними лоток, водогасителям в кінцевій частині укісних лотків, зміцненню нижнього б'єфу укісного водоскидного споруди і ділянкам його сполучення з поздовжніми водовідвідними канавами, очисними спорудами і прилеглою територією.

Одним з основних вимог, що пред'являються до автомагістралей, є обов'язковий поділ зустрічних потоків руху автомобілів ґрунтової або укріпленої смугою, яка не використовується для проїзду.

Відведення води з розділової смуги опуклого обриси здійснюється за рахунок поперечних і поздовжніх ухилів. Поверхня опуклих розділових смуг влаштовується за типом основної проїзної частини, і часто на ній встановлюються металеві або бетонні бар'єрні огорожі, сполучені з крайовою укріпленою смугою. На ділянках віражів автомобільних доріг з опуклою розділювальною смугою поверхневі стоки з прилеглих до неї прикрайкового літаків скидаються в зливоприймальні колодязі і виводяться за межі земляного полотна.

Поверхня увігнутою розділової смуги може зміцнюватися на всю ширину засівом трав, бетонною плиткою або монолітним бетоном або на підставі відповідних розрахунків зміцнюється тільки русло розділової смуги. Збір і скидання поверхневих вод з розділової смуги увігнутого обриси на віражі проводиться за допомогою укріплених підвідних русел на розділовій смугі, дощоприймальних колодязів, водостічних труб під насипом дороги і вихідних русел.

Одним з елементів дорожнього водовідводу є водопропускні труби, які поділяються на певні групи залежно від матеріалу виготовлення, форми отвору, місця укладання, форм і типів оголовків.

Водопропускні труби є найпоширенішими штучними спорудами на автомобільних дорогах і використовуються для пропуску води через тіло земляного полотна, водообміну перетинаються дорогою площ водозбору, біологічного та господарського сполучення між розділеними територіями. У разі техніко-економічного порівняння труби і малого мосту перевагу зазвичай віддається трубі, оскільки експлуатаційні витрати на її зміст значно менше, ніж на утримання малого моста, а земляне полотно і конструкції дорожнього одягу при її прокладанні не зазнають істотних порушень.

Конструкція труби залежить від розрахункової витрати води, висоти насипу, навантаження, несучої здатності підстиляючих ґрунтів, глибини промерзання, величини поздовжнього ухилу, особливості водотоку, періоду підтоплення, наявності твердого стоку.

Водопропускні труби необхідно влаштовувати відповідно з типовими проектами, виконувати зміцнення вхідних і вихідних русел і влаштовувати гасителі. Основне призначення водогасящих пристроїв полягає у зменшенні на короткій ділянці кінетичної енергії водного потоку до розмірів, що не викликають загрозу резюмував штучного водовідвідного русла або місць викиду води на прилеглу територію.

У районах, де спостерігається паводкове підтоплення, необхідно

забезпечувати стійкість підмостових конусів і водоскидних лотків, розташованих на підмостових укосах між мостами.

Крім того, завжди виникає необхідність відводу води з поверхні автомобільної дороги через укріплюються укоси підтоплюються насипів - без пристрою укісних літаків або з укісними лотком. Вибір конструкцій водовідвідних лотків на укосах підтоплюються насипів проводиться з урахуванням руйнівних впливів річкового потоку - суднові й вітрові хвилі, швидкість течії потоку вздовж насипу, розмиви підшови насипів, льодохід, карчеход. Одне з істотних вимог - необхідність влаштування укісних літаків і збереження міцності конструкції укріплення. У кінцевій частині укісних лотків на підтоплюються насипах влаштовуються гасителі енергії потоку і стінки проти розмиву паводковими водами. На високих заплавних насипах на неподтоплюємих ділянках укосів допускається застосування типових телескопічних лотків з виводом води з них на укріплення підтоплювані ділянки укосів.

З метою зниження обсягу припливу дощових вод на підтоплювані укоси поверхні регуляційних споруд надається ухил у бік неподтоплюємого укосу, при використанні грушоподібних дамб - у внутрішню їх сторону з подальшим відведенням води лотками, розташованими в місцях сполучення укосів дороги й дамби.

На ділянках високих насипів, підходах до мостів і шляхопроводів, обмеженим двосторонніми виїмками, скидання поверхневих вод з водовідвідних каналів і прикрайкового літаків проводиться на низовий бік. Крім того, влаштовуються закриті перепуски через дорогу на початку і в кінці насипу, закриті зливові мережі під прикрайкового смугою чи узбіччям.

При розробці проектів дорожньо-мостових споруд поверхневі стоки з автомобільних доріг і мостових переходів не завжди розглядалися і розглядаються як основне джерело забруднення прилеглої території та водойм. Збільшення площі техногенних поверхонь при будівництві автомобільних доріг і мостових переходів викликає значні зміни в

гідрологічному режимі і інфільтраційних характеристиках прилеглої території, що призводить до зростання обсягів поверхневого стоку і ступеня його забруднення.

У великих містах і на позаміських швидкісних автомобільних дорогах поверхневий стік представляє собою значні обсяги забруднених вод, які найчастіше без очищення, зі значеннями гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин, що перевищують норму в кілька разів, потрапляють у водні об'єкти. При цьому максимальний вплив на навколишнє середовище і водні об'єкти виявляється тоді, коли забруднюючі компоненти потрапляють в поверхневі стоки під час дощів, сніготанення та зволоження покриття за допомогою поливомийні машин.

Забруднення поверхневих стоків виникає за рахунок змивання атмосферними опадами з проїжджої частини та прилеглої території пилу, сміття, ґрунту, нафтопродуктів, токсичних полімерних матеріалів і важких металів.

Вплив забрудненого поверхневого стоку на прилеглу до автомобільної дороги територію виявляється найбільш інтенсивним за відсутності задовільно функціонуючої системи дорожнього водовідведення та очищення стічних вод. Ступінь забруднення прилеглої до автомобільної дороги території і водойм безпосередньо залежить від правильності застосованої схеми організації поверхневого водовідведення та його працездатності.

Щоб уникнути порушення екологічного балансу на території, прилеглої до автомобільної дороги, і особливо у водоймах і водотоках, очищення поверхневих стоків з проїжджої частини є необхідною. Вибір інженерного рішення по влаштуванню конкретної системи очищення стічних вод, поєднаної з водовідвідними конструкціями, проводиться на основі даних про величину поверхневого стоку і його хімічний склад, природно-кліматичних умовах району будівництва, рельєфу і ступеня забруднення поверхні прилеглої території.



## РОЗДІЛ 2 ДРЕНАЖНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТИ

### 2.1 Дренажні системи мілкого закладення

Досить поширеним і простим способом регулювання водно-теплого режиму верхньої частини земляного полотна та дорожнього одягу є влаштування дренажної конструкції мілкого закладення.

Дренажні конструкції на автомобільних дорогах влаштовуються для забезпечення стійкості земляного полотна та максимального захисту від перезволоження основи дорожнього одягу поверхневими та підземними водами. Вода під покриття просочується шляхом капілярного підняття та через пори і тріщини покриття і т. д., появу яких і розподіл по площі покриття передбачити заздалегідь неможливо. Тому, дренаж повинен забезпечити акумулювання і відвід води з будь-якої точки покриття без переривання руху, в любий період. Дренажна конструкція повинна розповсюджуватися по низу покриття на повну його ширину. На даний момент відсутні водонепроникні покриття, які змогли б забезпечити достатню водостійкість на необхідний час.

Саме тому, проектування дренажної системи потрібно передбачати при будівництві як жорстких, так і нежорстких типів покриттів.

При будівництві доріг з давніх часів знали про необхідність враховувати рівень ґрунтових вод і приток води від усіх відомих джерел зволоження.

Переважно при конструюванні дренажу враховують відведення води, яка надходить в конструктивні шари дорожнього одягу від впливу ґрунтових вод та внаслідок весняного вологонакопичення, не враховуючи вплив інфільтраційної вологи. Проте, інфільтраційна волога інколи є основним і найбільш вагомим джерелом зволоження.

Після детального вивчення випадків і причин руйнування покриттів від перезволоження інфільтраційною водою було зроблено висновки про те, що дренажна система покриття повинна влаштовуватись завжди, крім особливих випадків, наприклад, при будівництві покриття в посушливих районах з незначною кількістю опадів або коли вони розраховуються для руху низької інтенсивності, тобто крім випадків, коли влаштування дренажу стає економічно не вигідним.

Дренажі мілкого закладення використовуються у виїмках, на ділянках малих насипів, в «нульових» місцях у випадку значного притоку води в активну зону земляного полотна. Особливістю є те, що вони розташовуються в зоні промерзання і призначені для видалення води з верхньої частини дорожньої конструкції у теплий період або в період розтавання дорожньої конструкції. Їх застосовують для просушування дренажного прошарку, який забезпечує фільтрацію води в капілярному вигляді. Дренажі мілкого закладення необхідно передбачати у випадку, коли кількість води, яка надходить в основу дорожнього одягу в окремі періоди, більша, ніж може розміститися в порах нижніх шарів одягу та підстильному ґрунті без значного зниження їх опору автомобільним навантаженням.

Ці дренажі мають наступні переваги:

- виключають необхідність видалення намерзлого льоду;
- мають порівняно невелику будівельну вартість;
- влаштовуються з високим рівнем механізації робіт;
- мають тривалий термін служби;
- ефективно осушують активну зону земляного полотна.

Проте, всі вище наведені переваги матимуть місце лише при будівництві правильно розрахованої конструкції та дотриманні технології виконання будівельних робіт.

У залежності від методу розрахунку, орієнтації відносно осі автомобільної дороги, матеріалів, що використовуються, виділяється декілька видів дренажних систем мілкого закладення та їх елементів.

Параметри дренажів мілкого закладення розраховуються за двома принципово різними методами:

1) за методом поглинання – з метою визначення мінімальної товщини піщаного дренажного шару для розміщення в ньому всієї води, що надходить в розрахунковий період або для розміщення води, що надходить до піщаного дренажного шару в період розтавання поперечних випусків;

2) за методом осушення – з метою визначення товщини піщаного шару і внутрішнього діаметру дренажної труби, достатніх для ефективного відведення зазначеної вище кількості води.

Дренажна система мілкого закладення може складатися із конструктивних елементів, які в залежності від орієнтації відносно осі дороги можна поділити на три групи:

- 1) площинні елементи дренажу мілкого закладення;
- 2) поздовжні елементи дренажу мілкого закладення;
- 3) поперечні елементи дренажу мілкого закладення.

Площинними елементами є піщані дренажні шари основи дорожнього одягу, розраховані за наведеними вище методами поглинання або осушення.

Площинний дренаж мілкого закладення, розрахований за методом поглинання застосовується самостійно, без поєднання з іншими елементами.

Площинний дренаж мілкого закладення, розрахований за методом осушення, може застосовуватись як самостійно (з виходом на укоси земляного полотна), так і у поєднанні з поперечними і поздовжніми елементами, призначеними для відведення з нього води.

Площинний дренаж мілкого закладення, розрахований за методом осушення, розраховується і за методом поглинання для перевірки можливості його ефективної роботи у період розтавання поперечних випусків.

Поздовжнім елементом дренажної системи мілкого закладення є поздовжня дрена (або крупнопористе ядро) для відведення води із піщаного дренажного шару основи дорожнього одягу.

До поперечних елементів дренажу мілкого закладення належать поперечні випуски із поздовжнього дренажу та поперечні дренажні прорізи.

У залежності від матеріалів, що використовуються при влаштуванні ядра для відводу води у поперечних та поздовжніх елементах дренажу мілкого закладення, їх поділяють на елементи з:

- 1) перфорованими трубами або трубофільтрами [40];
- 2) ядром із крупнопористого матеріалу.

Поперечні дренажні прорізи у свою чергу поділяються на:

- 1) наскрізні двосторонні – направлені в обидві сторони від осі дороги;
- 2) наскрізні односторонні – направлені в одну сторону у межах проїзної частини та одного з узбіч;
- 3) укорочені – розміщені у межах узбіч.

Розглянемо коротко кожен із запропонованих видів дренажних систем мілкого закладення та їх елементів.

Поздовжні дренажі мілкого закладення (рисунок 2.1 а) використовуються у виїмках, на ділянках малих насипів, в нульових місцях у випадку притоку води в дренажний шар. Вони розташовані в зоні промерзання та застосовуються для просушування дренажного прошарку, який забезпечує фільтрацію води в капілярному вигляді.

Поздовжній дренаж мілкого закладення включає дренажну траншею, заповнену піском; дренажний трубопровід з фільтровою обсыпкою (або крупнозернисте ядро) й залізобетонні колодязі для приймання води (або поперечні випуски води). Використовуються азбоцементні, перфоровані перхлорвінілові, пластмасові труби або трубофільтри.

Внутрішній діаметр трубопроводу визначають гідравлічним розрахунком, але приймають не менше 50 мм. Трубопровід укладають безпосередньо на дно траншеї, а при наявності плавунів – на піщану подушку висотою 7 см. Мінімальний поздовжній похил поздовжніх дрена – 0,004 при трубах  $dm > 80$  мм, та 0,005 при трубах  $dm \geq 50$  мм.

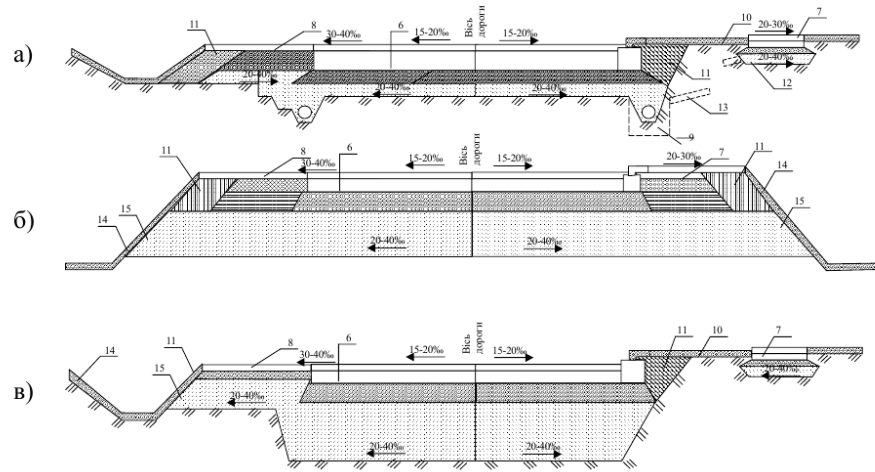


Рисунок 2.1 – Конструкції дренажних систем мілкового закладення [16]:

1 – проїзна частина; 2 – тротуари; 3 – узбіччя; 4 – смуги озеленення; 5 – центральна розділювальна смуга; 6 – конструкція дорожнього одягу проїзної частини; 7 – конструкція тротуару; 8 – укріплення узбіч; 9 – поздовжній дренаж мілкового закладення; 10 – газон; 11 – ущільнений ґрунт; 12 – трубчаста воронка; 13 – труба діаметром 80 – 100 мм; 14 – закріплення ухилів бічних канав; 15 – зворотний фільтр

а) дренажна система мілкового закладення, розрахована за методом осушення, з поздовжнім дренажем мілкового закладення та поперечними випусками (дренажна конструкція з поглибленими поздовжніми рівчачками);

б) улаштування піщаного дренажного шару основи дорожнього одягу на всю ширину земляного полотна (площинний дренаж, розрахований за методом осушення);

в) дренажний шар основи дорожнього одягу, який розрахований за методом поглинання

Дренажну траншею призначають шириною понад 0,3 м при глибині її до 0,25м. При механізованому укладанні дренажів ширину траншеї

приймають рівній ширині землерийного органу машини, але не менше 0,3 м.

Приклади площинних дренажів мілкового закладення, розрахованих за методами осушення та поглинання, наведено, відповідно, на рисунках 2.1 б і 2.1 в.

Для перехвату води звичайно влаштовують глибокі прорізи з відміткою їх дна нижче максимальної глибини промерзання земляного полотна. Але при цьому в зимовий період значно погіршується рівність покриття. Прорізи заповнюють на повну їх глибину крупнопористим матеріалом [17].

Між тим, товщина дорожнього одягу в 3-4 рази менша від товщини кам'яної засипки прорізей і тому відмітка покриття на їх ширині в зимовий період завжди нижча, ніж проїзної частини, яка піднімається завдяки морозному здиманню. Щоб забезпечити безпеку руху, в таких місцях вкладають шлак. Натомість, потрібно влаштовувати прорізи мілкового закладення (рисунок 2.2). Тоді морозне здимання практично однакове в межах і за межами прорізей.

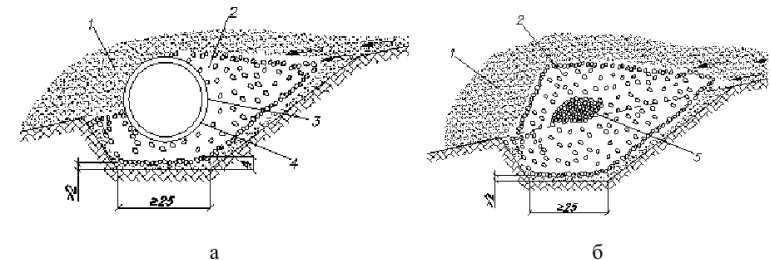


Рисунок 2.2 – Схема поперечного перетину поперечних дренажних прорізей у межах узбіч і розділювальних смуг

Враховуючи нерівномірне розтавання земляного полотна по його ширині, в рівчачки потрібно вкладати труби. В цьому випадку, по мірі надходження вільної води в дренажний шар, вона швидко скидається в кювети або водовідвідні канали. Якщо відчувається недостача в трубах,

то по ширині проїзної частини влаштовують ядро прорізей з морозостійкого щебеню або гравію крупністю 20-40 мм.

На узбіччях і укосах обов'язкове укладання труб, що забезпечить швидке скидання вільної води, яка надходить протягом розтавання дренажного шару.

При стійкій додатній температурі повітря стінки труби нагріваються і вода, яка надходить з дренажного шару, виштовхує раніше утворений лід.

У плані при двоскатному поперечному профілі автомобільної дороги прорізі влаштовують наскрізними двосторонніми і, якщо їх похил більше 0,03, то потрібно передбачити додатково ще по одній для підсилення осушення дренажного шару повітряною аерацією.

На ділянках з поздовжнім похилом від 0,02 і більше прорізі можна влаштувати односторонніми, оберненими до південної сторони. Швидкість розтавання південної сторони значно більша, ніж північної, тому прорізь швидше включається в роботу (рисунок 2.3).

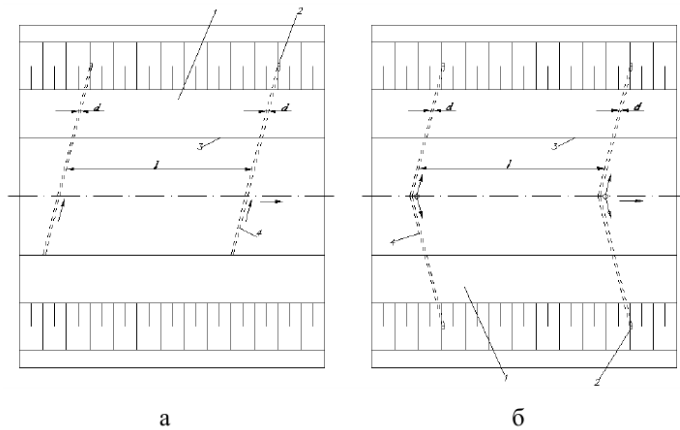


Рисунок 2.3 – Розміщення поперечних прорізей мілкового закладення:

а – наскрізних односторонніх; б – наскрізних двосторонніх; 1 – узбіччя; 2 – скид води на укіс земляного полотна; 3 – край проїзної частини;  $i_l$  – поздовжній похил ділянки;  $l$  – відстань між прорізями; стрілками показано напрямок руху води в прорізях

Прорізі влаштовують похилими, що покращує рівність покриття і не вимагає заглиблення кюветів або канав. Кут між ними і віссю ділянки залежить від поздовжнього похилу дороги. Довжина прорізі пов'язана з шириною узбіч і закладенням укосів земляного полотна (рисунок 2.4 а).

У випадку широких узбіч і пологих укосів, а також на косогорах і віражах застосовують односторонні прорізі (рисунок 2.4 б). У виїмках, нульових місцях і низьких насипах прорізі влаштовують тільки на ширині проїзної частини (рисунок 2.4 в). Для скидання з них води кладуть з одного краю проїзної частини поздовжню дрена. Якщо висота насипу більше товщини дорожнього одягу, то влаштовують наскрізні прорізі.

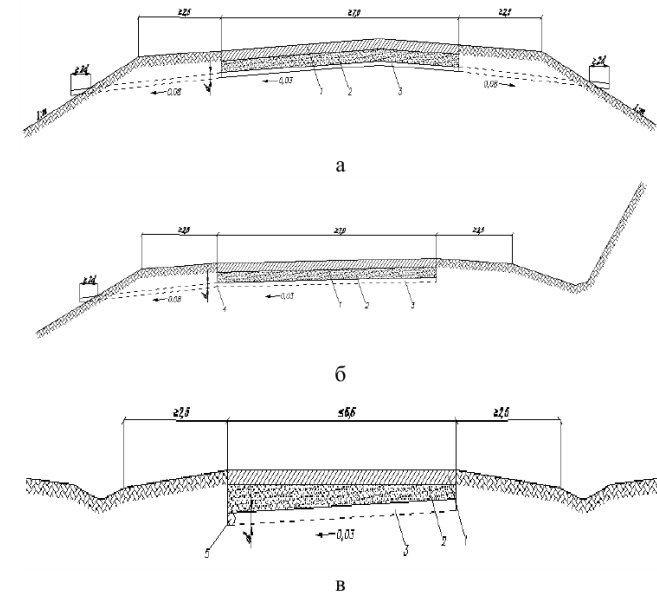


Рисунок 2.4 – Поперечний профіль дороги на ділянці з дренажними прорізями: а – в насипах; б – в напівнасипах-напіввиїмках; в – у виїмках та нульових відмітках; 1 – покриття та основа дорожнього одягу; 2 – дренажний шар; 3 – прорізь; 4 – скид води з прорізі; 5 – поздовжня дрена

Отже, прорізи влаштовують:

- на сухих і мокрих ділянках при поздовжньому похилі більше поперечного;
- у місцях увігнутих вертикальних кривих і переходах з виїмок в насип;
- у місцях перелому поздовжнього профілю.

## 2.2 Проектування дренажних систем робочої зони земляного полотна

Приклади найбільш поширених дренажних конструкцій, що добре зарекомендували себе в експлуатації для ділянок доріг, що проходять у виїмках, у місцях із нульовими позначками, а також для ділянок, які реконструюються, наведено на рисунках 2.1 - 2.6.

При виборі дренажних пристроїв чи споруд дорожнього одягу та земляного полотна доцільно дотримуватися такої послідовності проектування:

а) дорогу розділити на типові ділянки за видом поздовжнього профілю і природними умовами (характер рельєфу, наявність водостоків, що пересікають дорогу, та ін.) з урахуванням особливостей конструкції земляного полотна (насип, виїмка, місця із нульовими позначками) та дорожнього одягу (наявність монолітних шарів основи, а також морозозахисних або теплоізоляційних шарів із укріплених матеріалів), забезпечення матеріалами для дренажної системи і дрен, застосування заходів для зменшення надходження води в дорожню конструкцію;

б) для типових ділянок визначити кількість води, що надходить до основи за добу і за весь розрахунковий період, із урахуванням передбачених заходів щодо обмеження притоку води в дорожню конструкцію;

в) визначити варіанти дорожніх конструкцій;

г) розрахувати товщину дренажної системи, яка необхідна за даних умов

залежно від прийнятого методу осушення, або знайти значення коефіцієнту фільтрації дренажної системи у визначеній дренажній конструкції.

Поздовжня дренажна система мілкового закладення, у загальному випадку, складається з піщаного дренажної системи шару (підстильний шар основи з піску); поздовжніх дрен, які призначені для відведення води з піщаного шару та формування кривої депресії, яка знижує рівень води у піщаному шарі, та поперечних випусків, які забезпечують відведення води з конструкції на укіс, в дренажний колодязь тощо (рисунок 2.5 [16]).

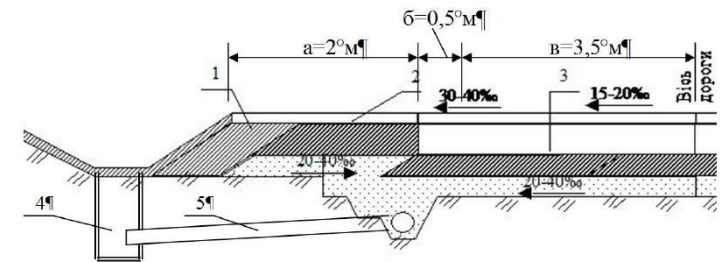


Рисунок 2.5 – Приклад поздовжнього дренажу мілкового закладення на дорозі III технічної категорії:

1 – ущільнений ґрунт; 2 – укріплення узбіччя; 3 – дорожній одяг проїзної частини; 4 – підкюветний дренаж; 5 – поперечний випуск; а – ширина частини узбіччя без укріпленої смуги; б – ширина укріпленої смуги узбіччя; в – ширина смуги руху

У випадку недоцільності влаштування поздовжніх дрен, піщаний шар може виходити безпосередньо на укіс і таким чином забезпечувати відведення води. Проте, у такому випадку необхідно передбачати спеціальне укріплення укосів для попередження їх розмиву.

Поздовжні дрени можуть бути як трубчатими з перфорацією, так і з пористого матеріалу (трубофільтри; щєбінь, обгорнутий геотекстильним

матеріалом та ін.). Їх поперечний переріз призначається гідравлічним розрахунком з урахуванням умови роботи у безнапірному режимі.

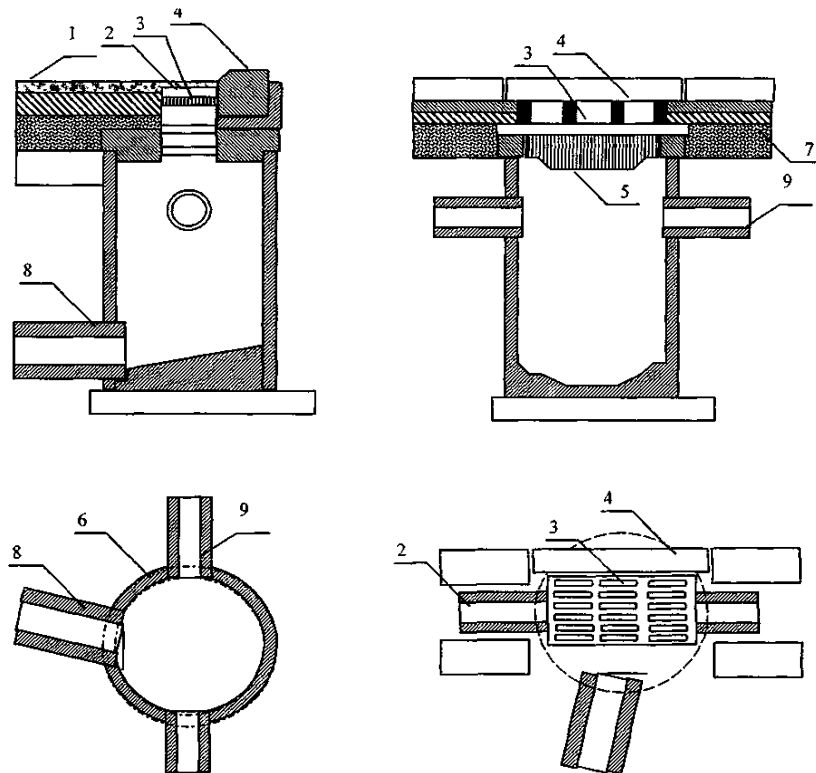


Рисунок 2.6 – Схема скидання поверхневої води у водоприймальний колодязь

1 – дорожній одяг; 2 – лоток проїжджої частини; 3 – водоприймальна решітка з люком; 4 – бортовий камінь; 5 – плита перекриття; 6 – робоча камера із днищем та лотком; 7 – піщана основа; 8 – водостічна труба; 9 – дренажні труби.

Поперечні випуски повинні відводити воду, яка рухається по поздовжніх дренажних трубах. Вони розміщуються під кутом до поздовжніх труб у залежності від їх поздовжнього похилу.

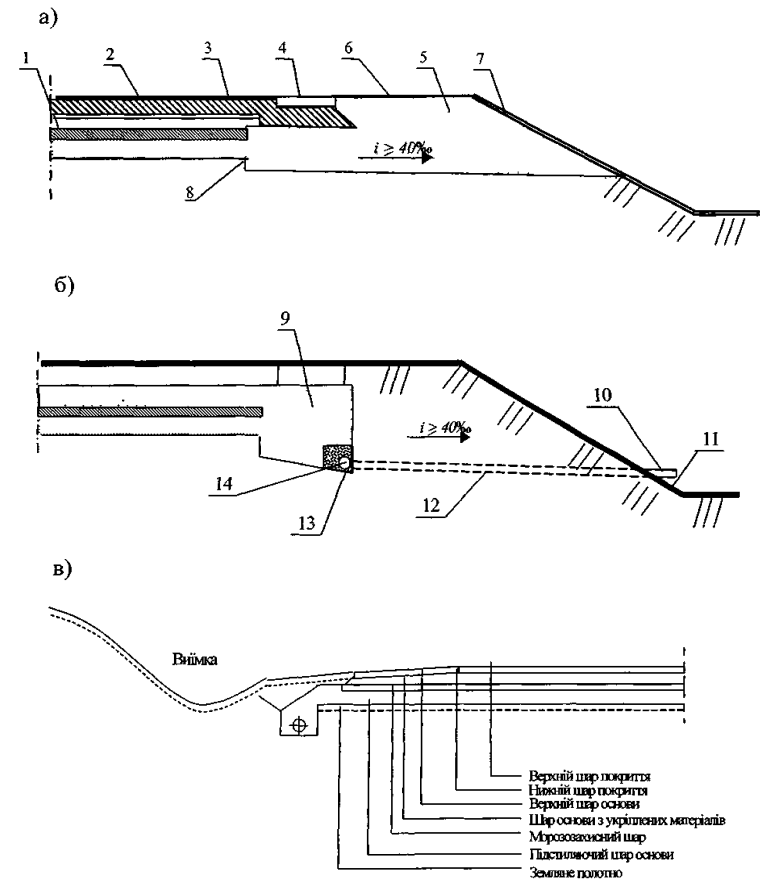


Рисунок 2.7 – Розміщення дренажу на дорогах, що реконструюються:

а) із суцільним водовідвідним шаром; б) із поздовжніми трубчастими дренами; в) із поздовжніми трубчастими дренами у виїмці

1 – існуючий дорожній одяг; 2 – покриття, яке влаштовується заново; 3 – те саме, основа; 4 – укріплююча смуга; 5 – новий дренаючий шар на всю ширину земляного полотна або піщаний, добре фільтруючий ґрунт узбіччя; 6 – укріплення узбіччя; 7 – засів травами; 8 – заглиблення старого піщаного шару, що дорівнює  $(0,6 - 0,8) \cdot h_k$ , у метрах, де  $h_k$  – висота капілярного підняття в піску старого шару; 9 – новий дренаючий шар при поширенні проїжджої частини; 10 – вихідний оголовок випуску дренажу; 11 – бетонні плити; 12 – трубчастий випуск із дрен; 13 – фільтруюча обсыпка; 14 – поздовжня трубчаста дрена.



Отже, перша і основна задача, яка постає при визначенні параметрів поздовжньої дренажної системи мілкого закладення – це визначення товщини піщаного дренажного шару.

Параметри труб визначаються гідравлічним розрахунком, виходячи з кількості вологи, яка надійде через піщаний шар до дрен внаслідок фільтрації.

Тобто, проектування поздовжнього дренажу мілкого закладення можна розділити на такі етапи:

1. Збір даних про район проходження дороги.
2. Визначення розрахункового (найбільш несприятливого) періоду.
3. Розрахунок величини притоку вологи в дорожню конструкцію у розрахунковий період.
4. Визначення товщини піщаного дренажного шару.
5. Визначення розміру поперечного перерізу поздовжньої дрени.

Слід відзначити ще одну особливість роботи дренажу мілкого закладення – це його розміщення у зоні промерзання дорожньої конструкції. У зв'язку з цим, піщаний дренажний шар певний період (час розтавання поперечних випусків та поздовжніх дрен) не може відводити вільну воду. При наявності трубчастих дрен, які перебувають весною деякий час в замерзломому стані, робота дренажного шару перевіряється за методом поглинання. У цей період вода накопичується, а товщина піщаного шару повинна бути достатньою для того, щоб розмістити всю воду протягом періоду розтавання.

Тому, слід розрізняти дві принципово різні схеми роботи піщаного шару – робота за принципом поглинання та робота за принципом осушення.

Відповідно до діючого в Україні нормативу [19], розрахунок пропускної здатності дренажу мілкого закладення полягає у визначенні мінімальної товщини піщаного дренажного шару для розміщення в ньому всієї води, що надходить в розрахунковий період (метод поглинання), або товщини

піщаного шару і внутрішнього діаметру дренажної труби, достатніх для ефективного відведення зазначеної вище кількості води (метод осушення).

Основним вихідним параметром для розрахунку пропускної здатності дренажу мілкого закладення є загальна величина притоку вологи у шари основи.

Для визначення інших необхідних для розрахунків величин рекомендується користуватись діючими нормативними та технологічними документами, а також довідковою літературою.

Дренаж влаштовують у випадках недостатнього перевищення поверхні дорожнього одягу над розрахунковим рівнем ґрунтових вод або над поверхнею землі на ділянках з незабезпеченим стоком, а також у випадках, коли ґрунтові води можуть порушити міцність і стійкість земляного полотна.

Найбільш розповсюдженими дренажними пристроями земляного полотна є капіляронерериваючі прошарки (поглинаючі, дренажні і ізолюючі) і поздовжній закритий трубчастий дренаж.

Дрен або рослинний ґрунт під капіляронерериваючими прошарками необхідно видалити, поверхню спланувати і старанно ущільнити. При влаштуванні поглинаючих прошарків поверхні повинен надаватись поздовжній похил не менше 3%.

Поздовжній закритий трубчастий дренаж може бути дрсконаленого і недосконаленого типів. Досконалений дренаж служить для перехоплення ґрунтових вод в основі земляного полотна при заляганні водоупору на глибині до 3 м від брівки земляного полотна. При заляганні водоупору на глибині більше 3 м від брівки земляного полотна передбачають дренаж недосконаленого типу для пониження рівня ґрунтових вод під земляним полотном. Трубчасті дрени представляють собою перфоровані труби діаметром 0,1 – 0,3 м або трубофільтри, які не вимагають фільтруючої засипки.

Найменший похил дренажа повинен бути в піщаних ґрунтах 3‰, в глинистих ґрунтах 2‰. Найбільший похил повинен відповідати максимально допустимій швидкості 1 м/с.

Дренаж можна розташовувати під укосом насипу, біля підшови насипу або в кюветі. У виїмці дренаж можна розташовувати в кюветі, на бермі або укосі.

В проектування дренажу входять гідрологічні розрахунки з визначення притоку води в дренаж і визначенню глибини його залягання. Трубчастий дренаж розраховується за формулами рівномірного руху води.

Дренажними пристроями дорожнього одягу є дренажні шари, які влаштовуються із піску, гравію, шлаку та інших фільтруючих місцевих матеріалів. Дренажні шари передбачаються: у виїмках і невисоких насипах при неглибокому заляганні ґрунтових вод; при тривалому підтопленні земляного полотна поверхневими водами; на ділянках з затяжними поздовжніми похилами і угнутими кривими поздовжнього профілю; при великій кількості опадів.

Дренажні шари влаштовують на всю ширину земляного полотна. На дорогах I – III категорій дренажний шар може бути влаштований на ширину проїзної частини і укріплювальних смуг, а для відведення води із дренажного шару вздовж укріплювальної смуги укладають поздовжні дрени, із яких вода скидається поперечними доенами. Відстань між ними визначається розрахунком (але не менше ніж через 50 м).

На ділянках з затяжними похилами для перехоплення і відведення води із дренажного шару передбачають перпендикулярно проїзній частині дрени або валики із крупнопористих матеріалів.

Дренажну конструкцію потрібно проектувати із урахуванням об'єму води, що буде надходити до основи дорожнього одягу за розрахунковий період, фільтраційної здатності матеріалу, довжини шляху фільтрації  $L$  конструкції земляного полотна і т.п.

При питомому об'ємі припливу води за добу  $q = 0,005 - 0,007$  м/д і більше на 1 м<sup>2</sup> проїжджої частини, а також на ділянках із нульовими позначками й у виїмках доцільно влаштовувати поздовжні трубчасті дрени по краях.

При влаштуванні супутнього дренажу мілкового закладання (з поглибленими рівчачками) розміри поглиблених рівчаків визначають у залежності від прийнятого діаметра дренажних труб. Діаметр труб визначається залежно від розрахункового припливу води з урахуванням заповнення труб на 70 %, ухилу укладення дренажних труб та їх типу.

Орієнтовно діаметр дренажних труб можна визначити за таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Діаметр дренажних труб

Ґрунти	Довжина шляху фільтрації води $L$ , м	Умовний прохід дренажної труби, $d$ , мм за типом зволоження місцевості		
		1	2	3
Супісок піщанистий	3,75	–	–	50
	5,00	50	50	100
	7,50	50	100	150
	11,25	100	150	150
Пісок пилюватий	3,75	–	50	50
	5,00	50	100	100
	7,50	100	100	150
	11,25	150	150	150
Суглинок легкий і важкий, піщанистий, глина	3,75	–	50	50
	5,00	50	100	100
	7,50	100	100	150
	11,25	150	150	150
Суглинок легкий і важкий	3,75	50	100	100
	5,00	50	100	100
	7,50	100	150	150
	11,25	150	150	150
Супісок пилюватий	3,7	0	10	100
	5,00	10	10	150
	7,50	100	150	150
	11,25	150	150	150

Як матеріал для заповнення заглиблених рівчаків використовують піски із коефіцієнтом фільтрації  $K_f \geq 6,0$  м/д, гравій і щебінь із вивержених порід. З

метою зменшення замулювання та поліпшення дренажного ефекту рекомендується застосовувати неткані синтетичні матеріали.

Таблиця 2.2 – Допустимі (нерозмиваючі) швидкості для зв'язних ґрунтів

Ґрунт	Різновидність ґрунтів	Донна нерозмиваюча швидкість $v_{\text{дон}}$ , м/с	Середні нерозмиваючі швидкості $v$ , м/с, при плоскому рівномірному русі води і глибині русел			
			0,2 – 0,5	1	2	3 і більше
Супісок	Мало щільний	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35
	Середньо щільний	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50
	Щільний	0,40	0,40	0,50	0,55	0,60
	Сильно щільний	0,50	0,50	0,60	0,70	0,80
Глина і сунлирик	Мало щільний	0,35	0,35	0,40	0,45	0,50
	Середньо щільний	0,7	0,70	0,85	0,95	1,1
	Щільний	1,00	0,00	1,20	1,40	1,50
	Сильно щільний	0,40	0,55	1,70	0,90	2,100
Лес	Мало щільний	0,30	0,30	0,40	0,45	0,50
	Середньо щільний	0,60	0,60	0,70	0,80	0,85
	Щільний	0,8	0,80	1,00	1,20	1,30
	Сильно щільний	1,10	1,10	1,30	1,50	1,70

Таблиця 2.3 – Допустимі швидкості течії води для укріплень

Тип укріплення	Розмір каменя, см	Допустимі швидкості течії, м/с, при середній глибині потоку, м			
		0,4	1,0	2,0	3,0
Обдернування пліском	–	0,9	1,1	1,3	1,4
Обдернування в стінку	–	1,5	1,8	2,0	2,2
Кам'яний накид із булижника з галькою	7,5	2,0	2,4	2,8	3,1
Ґрунти, укріплені бітумом	–	2,3	2,7	3,0	3,3
Одиночне брукування на щебені	15	2,5	3,0	3,5	4,0
Те ж саме	20	3,0	3,5	4,0	4,5
»	25	3,5	4,0	4,5	5,0
Одиночне брукування з підбором лица і грубим приколом на щебені	20	3,5	4,5	5,0	5,5
Те ж саме	25	4,0	4,5	5,5	5,5
»	30	4,5	5,0	6,0	6,0
Двійне брукування із рваного каміння на щебені	15 – 20	3,5	4,5	5,0	5,5
Бутова кладка із вапняка	–	3,0	3,5	4,0	4,5
Бетон іарки 150	–	6,0	7,0	8,0	9,0
Бутова кладка із каміння міцних порід	–	6,5	8,0	10,0	12,0
Бетонні лотки	–	12,0	14	16,0	18,0

У місцях просідаючих ґрунтів у заглиблених рівчаках слід влаштовувати бетонну або щебеневу підготовку.

### 2.3 Розрахунок дренажного шару, що працює за методом поглинання

Дренажний шар, що працює за принципом поглинання, слід проектувати, виходячи з умов розміщення в порах дренажного матеріалу всього об'єму води  $Q$ , яка надходить в основу проїжджої частини, і своєчасного її відводу після розмерзання водовідвідних споруд.

Розрахунок товщини дренажного шару у цьому разі проводять за номограмою (рисунок 2.8). Знаючи  $Q$  для вибраного виду ґрунту дренажного шару, знаходять його повну товщину. Кількість води, що може розміститися у вільних порах, визначають із залежності:

$$Q = q_p \cdot t, \quad (2.1)$$

де  $t$  – повна кількість днів надходження води в підстиляючий шар.

В основу дорожнього одягу надходить вода, яка звільняється при розмерзанні перезволоженого ґрунту земляного полотна під проїжджою частиною та узбіччям, і вода від атмосферних опадів, яка просочується із поверхні дороги та із придорожньої смуги.

Приплив води в основу традиційної конструкції, що припадає на  $1 \text{ м}^2$  проїжджої частини, за добу –  $q$  і за весь розрахунковий період весною –  $Q$  визначають за таблицею 2.4.

Приплив води в дренажний шар (у кубічних метрах на  $1 \text{ м}^2$ ) за добу складає:

$$q_p = \frac{q \cdot K_{II} \cdot K_{II}}{1000}, \quad (2.2)$$

де  $K_{II}$  – коефіцієнт, що враховує неусталений режим припливу води через нерівномірне розтавання та випадання атмосферних опадів (таблиця 2.5);

$K_f$  – коефіцієнт гідрологічного запасу, що враховує пониження фільтруючої спроможності дренуючого шару в процесі експлуатації дороги (таблиця 2.5).

Таблиця 2.4 – Приплив води в основу традиційної конструкції, що припадає на  $1 \text{ м}^2$  проїжджої частини, за добу –  $q$  і за весь розрахунковий період весною –  $Q$

Дорожньо-кліматична зона	Тип місцевості за зволоженням	Об'єм води, який надходить до основи ( $\text{л}/\text{м}^2$ )/( $\text{л}/\text{м}^2\text{д}$ )			
		Супісок піщанистий і пісок пилюватий	Суглинок піщанистий, глина	Суглинок пилюватий	Супісок пилюватий
Північна	1	15/2,5	20/2,0	35/3,0	80/3,5
	2	26/3,0	50/3,0	80/4,0	130/4,5
	3	60/3,5	90/4,0	130/4,5	180/5,0
Центральна	1	10/1,5	10/1,5	15/2,0	30/3,0
	2	15/2,0	25/2,0	30/2,5	40/3,5
	3	25/2,5	40/2,5	50/3,5	60/4,0
Південна	3	20/2,0	20/2,0	30/2,5	40/3,0

Примітка 1. У чисельнику наведено загальний об'єм води  $Q$  (у літрах на квадратний метр), що надходить до основи за весь розрахунковий період, а в знаменнику – питомий  $q$ ;  
Примітка 2. Для насипів, влаштованих із непилюватих ґрунтів, висотою більшою, ніж вимагається за технічними нормами, в Північній дорожньо-кліматичній зоні приймають  $q = 1,5 \text{ л}/(\text{м}^2\text{д})$ , у Центральній та Південній –  $1 \text{ л}/(\text{м}^2\text{д})$ ;  
Примітка 3. За наявності розподільної смуги для ділянок, які проходять у нульових позначках, та насипів висотою менше, ніж вимагають технічні норми, у Північній зоні розрахункові значення  $Q$  та  $q$  підвищують на 20 %.

При цьому в Південній зоні при розрахунку  $Q$  слід враховувати випаровування вологи за розрахунковий період. Якщо тривалість розрахункового періоду невідома, значення  $Q$  можна визначати за таблицею 2.4 із урахуванням накопичення води в місцях зміни поздовжнього профілю.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт гідрологічного запасу, що враховує пониження фільтруючої спроможності дренуючого шару в процесі експлуатації дороги

Дорожньо-кліматична зона	Тип місцевості за зволоженням	$K_{fl}$ для непилюватих ґрунтів	Пилюваті ґрунти	
			$K_{fl}$	$K_f$
Північна	1	1,5	1,5	1,0/1,0
	2	1,5	1,6	1,2/1,2
	3	1,6	1,7	1,3/1,2
Центральна	1	1,4	1,5	1,0/1,0
	2	1,4	1,5	1,1/1,0
	3	1,5	1,6	1,2/1,0
Південна	3	1,0	1,3	1,1/1,0

Примітка 1. Для непилюватих ґрунтів  $K_f = 1,0$ ;  
Примітка 2. У чисельнику наведено значення  $K_f$  при інтенсивності руху понад 1000 авт./д на смугу, а в знаменнику – при інтенсивності менше 1000 авт./д.

На ділянках, де поздовжній ухил зменшується, вода накопичується за рахунок різних швидкостей її припливу й відпливу.

Кількість води, що надходить за добу в основу на  $1 \text{ м}^2$  проїжджої частини, становить:

$$q_{\text{вiг}} = q_p \cdot K_{\text{вiг}}, \quad (2.3)$$

а за весь термін запізнення розмерзання водовідвідних пристроїв

$$Q_{\text{вiг}} = q_{\text{вiг}} \cdot T_{\text{зан}}, \quad (2.4)$$

де  $K_{\text{вiг}}$  — коефіцієнт, що характеризує накопичення води в місцях зміни поздовжнього ухилу.

Якщо ухили мають у переломі профілю однакові напрямки, коефіцієнт  $K_{\text{вiг}}$  визначають за номограмою (рисунок 2.8) в залежності від відношень  $i_1/i_2$  та

та  $K_{\phi} \cdot \frac{i_2}{n}$ ,

де  $i_1$ , та  $i_2$  – поздовжні ухили, вище та нижче за перелом профілю;

$n$  – пористість матеріалу дренажного шару, частки одиниць;

$K_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації матеріалу дренажного шару, м/д.

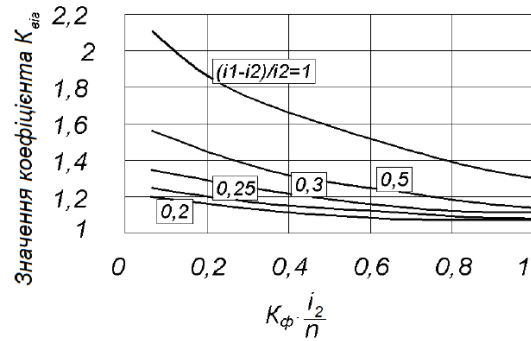


Рисунок 2.8 – Номограма для визначення коефіцієнту  $K_{viz}$  – збільшення об'єму води в дренажному шарі в місцях зміни увігнутого профілю

При зустрічних ухилах поздовжнього профілю:

$$K_{viz} = \frac{1 + K_{\phi} (T_{зан} + 1) \cdot (i_1 + i_2)}{2 \cdot n} \quad (2.5)$$

Для зменшення притоку поверхневої води в основу проїжджої частини в ґрунт земляного полотна слід застосовувати один або декілька наступних заходів:

- а) влаштування тротуарів або укріплення узбіччя із наданням їм належного поперечного ухилу;
- б) влаштування бордюрів вздовж країв проїжджої частини;

в) забезпечення правильних розмірів берм та крутизни ухилів на ділянках, де відсутні близько розміщені будівлі;

г) забезпечення правильного розміщення бічних каналів;

д) улаштування монолітних шарів в основі проїжджої частини.

При остаточному визначенні розрахункового притоку в кожен конкретну дорожню конструкцію слід враховувати реалізацію того або іншого заходу в Північній та Центральній дорожньо-кліматичних зонах, яка приводить до зменшення надходження води до дренажного шару (у процентах).

Таблиця 2.6 – Заходи щодо обмеження притоку води у дорожню конструкцію в залежності від типу місцевості за зволоженням

Заходи щодо обмеження притоку води у дорожню конструкцію	Тип місцевості за зволоженням		
	1	2	3
Водонепроникні узбіччя і їх належний поперечний ухил	20	15	12
Тротуари	30	20	15
Монолітні шари основи і вільна пористість матеріалу до 5 %	20	20	20
Те саме 5 – 10%	10	10	10
Теплоізоляційні шари	–	20	20
Улаштування насипу	20	15	12

Примітка. Якщо передбачено два або декілька видів робіт, то відповідні дані таблиці потрібно сумувати, але не більше за 50 %.

За номограмою (рисунок 2.9) здійснюють також перевірку умов достатності товщини дренажного шару, який розраховують за методом осушення, для тимчасового розміщення кількості води  $Q$ , розрахованої за формулою (2.4), що накопичується в шарі за час запізнення  $T_{зан}$  початку роботи водовідвідних споруд (у Північній зоні  $T_{зан} = 4 - 6$  діб, в Центральній – 3-4 доби, більші значення для дрібних пісків).

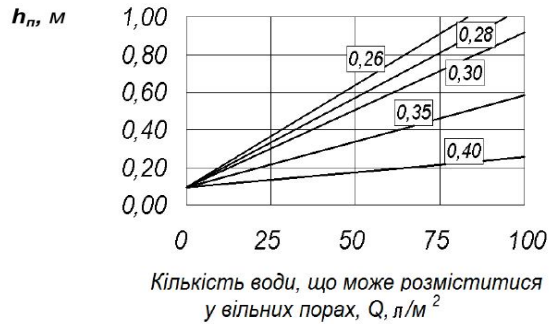


Рисунок 2.9 – Номограма для розрахунку товщини  $h_{пл}$  дренажного шару, який працює за принципом поглинання

Примітка. Номограма побудована для Північної зони. Для Центральної зони товщина дренажного шару визначається за формулою  $h_{плц} = 0,7 * h_{пл}$ , де цифри на прямих – пористість піску.

#### 2.4 Розрахунок дренажного шару, що працює за методом осушення

Дренажний шар, що працює за принципом осушення, необхідно проектувати, виходячи з умов, що сумарний добовий об'єм води, яка надходить до основи проїжджої частини, повністю відводиться за той самий період часу. При цьому необхідно передбачати можливість нетривалого (протягом 3 – 6 діб) розміщення води у вільних порах дренажного матеріалу через різні терміни розмерзання різних частин дренажної системи.

Дренажна конструкція повинна бути розрахована так, щоб на першому етапі було забезпечено тимчасове розміщення води, що прибуває в дренажний шар до початку роботи водовідвідних споруд, а на другому етапі вода своєчасно та повністю відводилася б з основи.

Для запобігання небезпечній гідравлічній дії на матеріал і забезпечення його стійкості в дренажному шарі під дією миттєвих повторних навантажень від автомобілів, що рухаються, повну товщину дренажного шару, який працює за принципом осушення, визначають за формулою:

$$h_p = h_{нас} + h_{зан}, \quad (2.6)$$

де  $h_{нас}$  – товщина шару, повністю насиченого водою, м;

$h_{зан}$  – додаткова товщина шару, що залежить від капілярних властивостей матеріалу і становить для пісків грубозернистих 0,10 – 0,12 м, середньозернистих 0,14 – 0,15 м і дрібнозернистих 0,18 – 0,20 м.

При проектуванні дренажного шару із крупнозернистих пісків та інших матеріалів із коефіцієнтом фільтрації більше, як 10 м/д, розрахунок його товщини ведуть за номограмою (рисунок 2.10). За відомим значенням  $q_p$  (у кубічних метрах за добу на 1 м<sup>2</sup> (формула 2.2) і  $K_f$  (у метрах за добу) на осі абсцис номограми знаходять величину  $q_p / K_f$  і для відомого значення поперечного ухилу ґрунтової основи знаходять на осі ординат –  $h_{нас}$  (м) при довжині шляху фільтрації  $L$  (м). При іншій довжині шляху фільтрації одержане значення  $h_{нас}$  множать на відношення  $L / 3,5$ .

Повну товщину дренажного шару вираховують за формулою (2.6). За номограмою (рисунок 2.10) можна також знайти необхідний коефіцієнт фільтрації крупнозернистого піску при відомих значеннях  $q_p$ ,  $h$ ,  $i$ ,  $h_{нас}$ ,  $L$ .

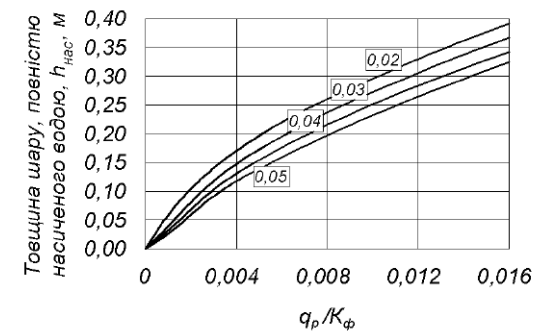


Рисунок 2.10 - Номограма для розрахунку, дренажного шару із грубозернистого піску при довжині шляху фільтрації  $L = 3,5$  м, де цифри на кривих  $i$  – ухил основи дренажного шару



Дренуючий шар, що проектується із середньо і дрібнозернистих пісків розраховують за допомогою номограми, наведеної на рисунку 2.11.

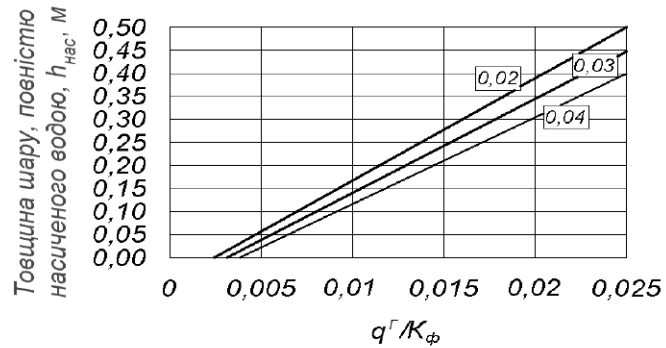


Рисунок 2.11 – Номограма для розрахунку товщини  $h_{нас}$  дренуючого шару із середньо і дрібнозернистих пісків при довжині шляху фільтрації  $L = 3,5$  м, де цифри на кривих  $i$  – ухил низу дренуючого шару

За цією ж номограмою можна знайти необхідний коефіцієнт фільтрації матеріалу при заданій товщині дренуючого шару і відомих інших параметрах.

Якщо загальна товщина дренуючого шару буде дуже великою, її можна зменшити таким чином:

- а) збільшити поперечний ухил низу дренуючого шару;
- б) замінити матеріал дренуючого шару на пісок із більшим коефіцієнтом фільтрації;
- в) замінити вид ґрунту верхньої частини земляного полотна на інший, із меншим притоком води в розрахунковий період;
- г) зменшити приплив води за допомогою заходів;
- д) зменшити зволоження місцевості шляхом пониження рівня ґрунтової води;
- е) при великих поздовжніх ухилах для пониження  $K_{увіл}$ , а значить, і  $q_p$ , необхідно влаштувати поперечні прорізи мілкого закладення;

ж) при питомому притоці води  $q_p$  понад  $0,005$  м<sup>3</sup>/д влаштувати вздовж країв проїзної частини поздовжні трубчасті дрени.

Дренуючий шар у дренуючій конструкції з поглибленими поздовжніми рівчачками (рисунок 2.12), які прискорюють процес руху води в дрібному та середньозернистому піску, розраховують за допомогою номограми (рисунок 2.13).

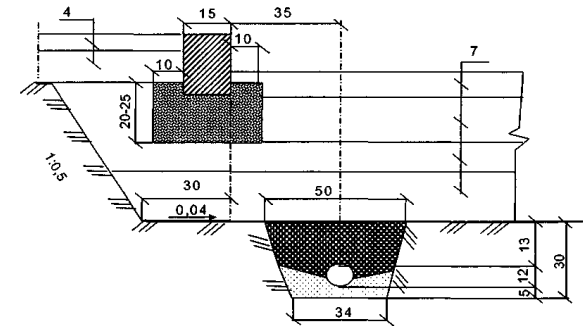


Рисунок 2.12 – Схема влаштування супутнього дренажу мілкого закладення у виїмці (заглиблений поздовжній рівчак із трубчастою дренаю)

1 – труба діаметром 80 – 150 мм або трубофільтр діаметром 50 – 100 мм; 2 – бетонна підготовка, бетон марки М 100; 3 – щебінь або гравій із розмірами зерен 5-10 мм; 4 – конструкція тротуарів; 5 – бортовий камінь; 6 – бетон марки М 200; 7 – конструкція дорожнього одягу.

За цими номограмами залежно від виду піску, розрахункового об'єму припливу води в дренажному шарі  $q_p$ , коефіцієнта фільтрації дренуючого матеріалу  $K_\phi$ , ухилу низу дренуючого шару і довжини шляху фільтрації  $L$ , визначають  $h_{нас}$ , а потім за формулою (2.6) повну товщину дренуючого шару  $h_n$ . За цими номограмами також можна знайти необхідний коефіцієнт фільтрації піску, якщо відомі інші параметри дренажної конструкції.

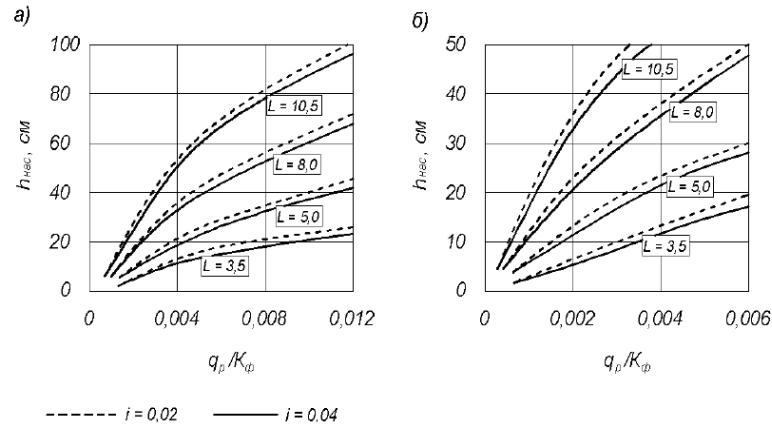


Рисунок 2.13 – Номограма для розрахунку дренаючого шару з піску в конструкції із поглибленими поздовжніми рівчачками ( $i = 0,02$ ;  $i = 0,04$ ):

а) дрібнозернистого; б) середньозернистого

При проектуванні реконструкції дороги дренажні споруди треба призначати з урахуванням стану старої дороги і її дренажної системи, а також прийнятих технічних рішень щодо перебудови – підсилення дорожнього одягу, підсилення з поширенням, повна перебудова.

Якщо нову дренажну систему проектують у межах поширення проїжджої частини і узбіччя, то для підсилення фільтрації води в старому підстиляючому шарі необхідно новий дренаючий шар влаштовувати з поглибленням по відношенню до низу старого (рисунок 2.7).

На ділянках, де дренаючий шар під частиною дорожнього одягу влаштований тільки на ширину проїжджої частини, доцільна конструкція нового дренажу, в якій для відводу води слугує піщаний шар, що укладений на всю ширину узбіччя.

На ділянках, де в існуючому дорожньому одязі немає піщаного шару (або пісок замулювся так, що втратив фільтруючі властивості), новий дренаючий шар потрібно влаштовувати в межах поширеної проїжджої частини тротуарів

або смуги укріплення та узбіччя з деяким заглибленням відносно низу старого одягу (але не менше за 5 – 7 см), якщо для забезпечення необхідної міцності частини одягу, що поширюється, не потрібно більш товстого шару піску.

На ділянках повної перебудови доріг і значного підвищення існуючих позначок земляного полотна заходи щодо забезпечення осушення активної зони та нового одягу суттєво не відрізняються від прийнятих при новому будівництві.

У виїмках і на ділянках з нульовими відмітками при несприятливих ґрунтово-гідрологічних умовах, що призводять до значного надходження води в основу проїжджої частини, для швидкого відводу води з дренаючого шару може бути застосований поздовжній дренаж з трубчастими поперечними випусками.

Принципи розрахунку дренаючого шару вулиць та міських доріг, які реконструюються, такі самі, як і при новому будівництві. Необхідно забезпечити тимчасове розміщення води на початку весни і своєчасний її відвід у дренаючому матеріалі в кінці розмірзання дренаючої конструкції.

При значних поздовжніх ухилах необхідно передбачати заходи щодо запобігання руху води в дренаючому шарі під ухил.

Розрахунок дренавальних шарів дорожнього одягу з жорстким прошарком виконують згідно з п.6.1.5 ГБН В.2.3-37641918-557:2016, а морозостійкість дорожнього одягу та земляного полотна згідно з ВБН В.2.3-218-186.

### РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ВОДОВІДВОДУ

#### 3.1 Система водовідводу

Стійкість і міцність земляного полотна і дорожнього одягу істотно залежать від наявності споруд, які забезпечують відвід поверхневих і ґрунтових вод від дороги. Такі споруди складають систему дорожнього водовідводу. В неї входять:

- поверхневий водовідвід для відведення води атмосферних опадів – канави (бокові, водовідвідні, нагірні), резерви, лотки, випарювальні басейни;
- підземний водовідвід для відведення ґрунтових вод – дренаж, капілярпереривючі прошарки;
- водовідвід дорожнього одягу – дренуючі шари, трубчатий дренаж.

Для того, щоб виявити на ділянці дороги, що проектується, де і які водовідвідні споруди необхідні, потрібно мати план траси в горизонталях, поздовжній профіль і прийняті типи поперечних профілів.

На плані траси намічають водовідвідні споруди і визначають їх водозбірні басейни і похил ложка (рис. 3.1 – 3.4).

У відповідності з прийнятими типами поперечних профілів і поздовжнім профілем виявляють, де можуть бути використані для відведення води резерви біля насипів, де розміщуються виїмки, які вимагають улаштування нагірних канав. При цьому необхідно знати геологічні умови, в яких будуть знаходитись водовідвідні споруди (види ґрунтів на площі водозбірного басейну і відповідні допустимі швидкості течії потоку для них). Необхідно також знати гідрологічні умови (глибину залягання ґрунтових вод і напрямок їх течії, розташування водоносних шарів і глибину залягання водоупорів).

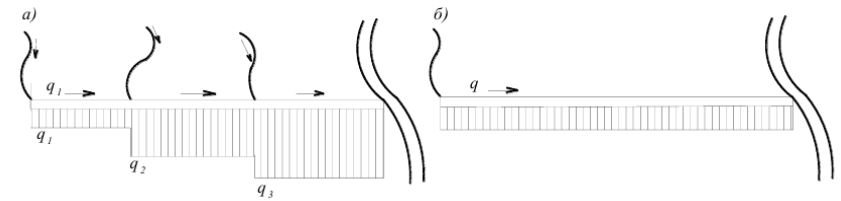


Рисунок 3.1 – Схеми притоку води до канави:

- а – русла примикають до канави в кількох місцях;
- б – русло примикає на початку канави

Якщо вода в канаву поступає тільки на її початку, витрати на усій довжині канави будуть постійними (рис. 3.1, б), а якщо з кількох басейнів (рис. 3.1, а), то її розраховують окремими ділянками по відповідних сумарних витратах, які поступають з окремих басейнів.

Якщо відстань водовідводу велика, а басейн, що прилягає до водовідводу, значно міняється, витрати води визначають для характерних ділянок. При цьому для кожної ділянки канави визначають витрати по площі басейну, що відповідає відстані канави від її початку до кінця даної ділянки (рис. 3.2).

Геологічні і гідрологічні дані наводяться в завданні на проектування дороги за результатами інженерно-геологічних обслідувань траси.

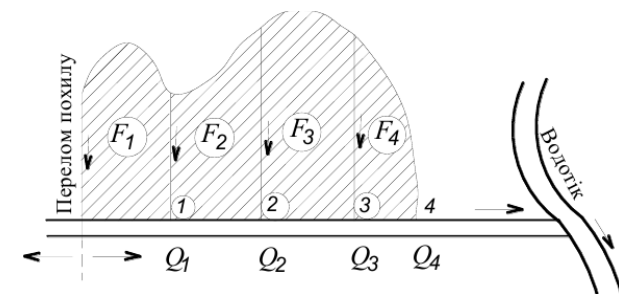


Рисунок 3.2 – Водозбірна площа канави

Для проектування системи водовідведення вихідною величиною є розрахункові витрати води. Поперечні розміри споруд для поверхневого водовідведення визначаються за розрахунковими витратами заданої нормами імовірності перевищення паводка (табл. 3.1), які можна визначити за формулою повного стоку:

$$Q = 87,5 \cdot a_{\text{год}} \cdot F \cdot \alpha; \quad (3.1)$$

де  $a_{\text{год}}$  – інтенсивність зливи тривалістю в одну годину (див. табл. 3.1);

$F$  – площа водозбору, км<sup>2</sup>;

$\alpha$  – коефіцієнт стоку (табл. 3.2).

Розрахункові витрати води для дренажу:

$$Q = q \cdot l; \quad (3.2)$$

де  $q$  – довжина дрени на 1 м довжини дрени;

$l$  – довжина ділянки дренажа, що розраховується.

Притік води на 1 м довжини дренажу:

$$q = K \cdot h \cdot i_g; \quad (3.3)$$

де  $K$  – коефіцієнт фільтрації, який визначається випробуванням зразків ґрунту;

$h$  – глибина води в шарі;

$i_g$  – похил водоносного шару (середній похил кривої депресії).

Розрахунки за формулами (3.1 – 3.3) рекомендується вести в табличній формі.

Проектування споруд поверхневого водовідводу включає: призначення виду споруди водовідводу; визначення поздовжнього похилу; визначення розмірів поперечного розрізу; визначення швидкості течії води в споруді; призначення типу укріплення водовідвідних споруд.

Таблиця 3.1 – Інтенсивність зливи годинної тривалості

Райони	Імовірність зливи годинної тривалості мм/хв, при імовірності перевищення, %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
1	0,27	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70	0,95	1,15
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90	1,14	1,32
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,79
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,50	1,99
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	1,78	2,07
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48	1,83	2,14
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта стоку  $\alpha$

Вид і характер поверхні	Коефіцієнт $\alpha$ при площах водозбору, км <sup>2</sup>		
	0...1	1...10	10...100
Асфальт, бетон, скеля без тріщин	1,0	1,0	1,0
Жирна глина, такири	0,70...0,95	0,65...0,95	0,50...0,75
Суглинки, підзольні ґрунти	0,60...0,90	0,55...0,80	0,35...0,65
Чорнозем, каштанові ґрунти, лес, карбонатні ґрунти	0,55...0,75	0,45...0,70	0,20...0,45
Супіски, степові ґрунти	0,30...0,55	0,20...0,50	0,10
Піщані, гравійні рихлі кам'яністі ґрунти	0,20	0,15	

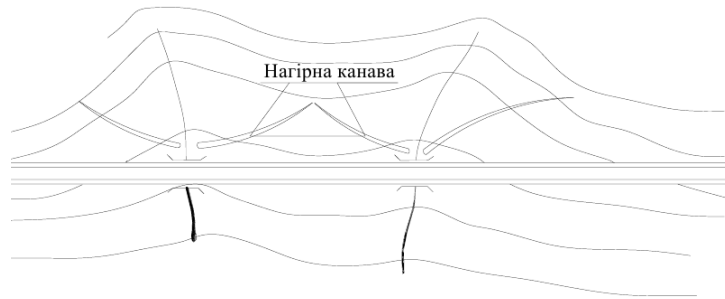


Рисунок 3.3 – перехоплення води з косогору нагірними канавами

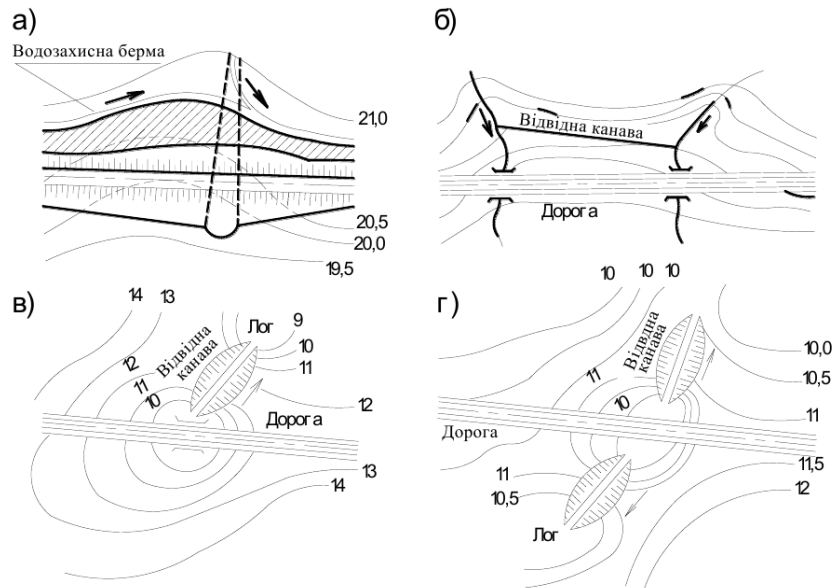


Рисунок 3.4 – Водовідвідні канали:

а – збір водовідвідною канавою води із дрібних ложків;

б – відвід води із дрібного лотка;

в, г – відвід води із безстічної впадини

Поверхневу воду відводять від дороги в понижені місця рельєфу місцевості або до водопропускних споруд поздовжніми чи поперечними водовідвідними канавами, нагірними канавами, резервами, лотками.

Поздовжні водовідвідні канали передбачаються: з нагірної сторони насипів без резервів; з обох сторін дороги при поперечному похилі місцевості менше 20‰ і висоті насипу менше 1,5 м, а також на болотах.

Відстань між підшовою укосу насипу і внутрішньою брівкою канави для ділянок земляного полотна, розташованих на сирих і мокрих місцях, призначають за умови, що між брівкою канави і крайкою проїзної частини повинно бути не менше 7 м при насипах із супісків і не менше 3 м – із суглинків і глин.

Для ділянок, розташованих на сухих місцях, при  $H_{нас} < 0,8$  м допускається влаштовувати водовідвідні канали трикутної форми без берм.

Поперечні водовідвідні канали передбачаються: для відведення води із безстічних впадин; для скидання води в бік із поздовжніх водовідвідних канав на затяжних спусках або з понижених місць на вододілах; для відведення води до поглинаючих колодязів і випарювальних басейнів; для підведенні чи відведення води біля заглиблених труб.

Нагірні канали передбачаються: вздовж виїмок, розташованих на косогорі; вздовж насипів без резервів, розташованих на косогорі та мають значні площі водозбірних басейнів. Відстань від брівки нагірної канави до брівки канави повинно бути не менше 5 м, до підшови насипу не менше 2 м.

При значному похилі місцевості і можливості більшого притоку води влаштовують дві або більше нагірні канали.

Кювети влаштовують з обох сторін земляного полотна в виїмках і насипах висотою до 1 м.

Кювети можна не влаштовувати в дренаючих ґрунтах в районах з засушливим кліматом. При значних похилах дна канав і кюветів їм надають ступінчастий поздовжній похил, влаштовуючи перепади (рис. 7.5). без гідравлічних розрахунків орієнтовно можна приймати: одноступінчасті

перепади без гасіїв енергії при поздовжньому похилі, який забезпечить отримання висоти уступу  $h \leq 0,5$  м; багатоступінчасті перепади без гасіїв енергії при поздовжньому похилі 50 – 60‰; багатоступінчасті перепади з гасіями енергії колодязного типу при поздовжньому похилі більше 60‰ і витратах більше  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Похил дна ступені перепаду, що не вимагає укріплення, за звичаєм приймають рівним 20‰.

Відстань між уступами:

$$l = h / (i_1 - i_2); \quad (3.4)$$

де  $i_1$  – похил місцевості;

$i_2$  – похил ступені.

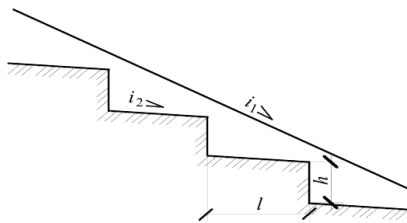


Рисунок 3.5 – Схема перепаду

Кількість перепадів на довжині ділянки  $L$ :

$$n = L / l; \quad (3.5)$$

На окремих ділянках каналів і кюветів, де поздовжній похил у відповідності з похилом місцевості приймається більше критичного, необхідне улаштування бистротоків (рис. 3.6). Резерви служать для відведення води з нагірної сторони насипів при косоїрності до 1:5.

Лотки влаштовують вздовж крайки дорожнього одягу на дорогах I – III категорій на насипах висотою більше 4 м при зтяжному поздовжньому

похилі більше 30‰. Через 50 – 100 м необхідно передбачати скид води із лотків у водоприймальні колодязі або лотки на укосах насипів.

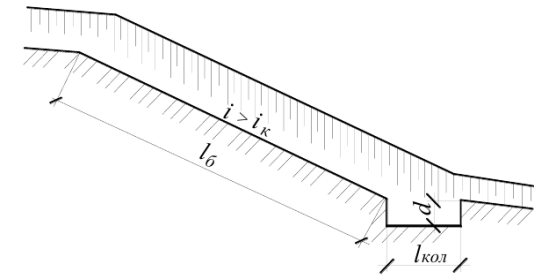


Рисунок 3.6 – Схема бистротоків

Поглинаючі колодязі випарювальні басейни влаштовують в рівнинній місцевості для відведення води із замкнутих понижень рельєфу місцевості.

Якщо на глибині 3 – 5 залягає водопроникний ґрунт, передбачають водопоглинаючі колодязі. В південних степних районах вода скидається в випарювальні басейни.

Випуск води із кюветів і лотків повинен виконуватись в нагірні канави або в понижені місця рельєфу, якщо це не викликає заболочення і застою води біля земляного полотна. Випуск води із каналів, резервів і кюветів на схили лугів допускається при відсутності загрози розвитку ярів. Випуск водив кюветів виїмок із нагірних каналів і резервів, як правило, не допускається. На випуску канави розкриваються з уположенням укосів.

Повороти каналів в плані повинні виконуватись плавними кривими радіусу не менше 10 м, а на ділянках підходів до мостів, труб, перепадів або бистротоків – не менше 20 м (рис. 3.7).

Якщо канава примикає до існуючого водотоку, кут між напрямком каналу і напрямком течії водотоку не повинен перевищувати  $45^\circ$ .

Якщо витрати і розміри каналу завдані, поздовжній похил дна каналу визначається за формулою:

$$i = Q^2 / \omega^2 \cdot W^2; \quad (3.6)$$

де  $Q$  – витрати, м<sup>3</sup>/с;  $W$  – швидкісна характеристика, м/с;  $\omega$  ; – площа живого перерізу каналу, м<sup>2</sup>.

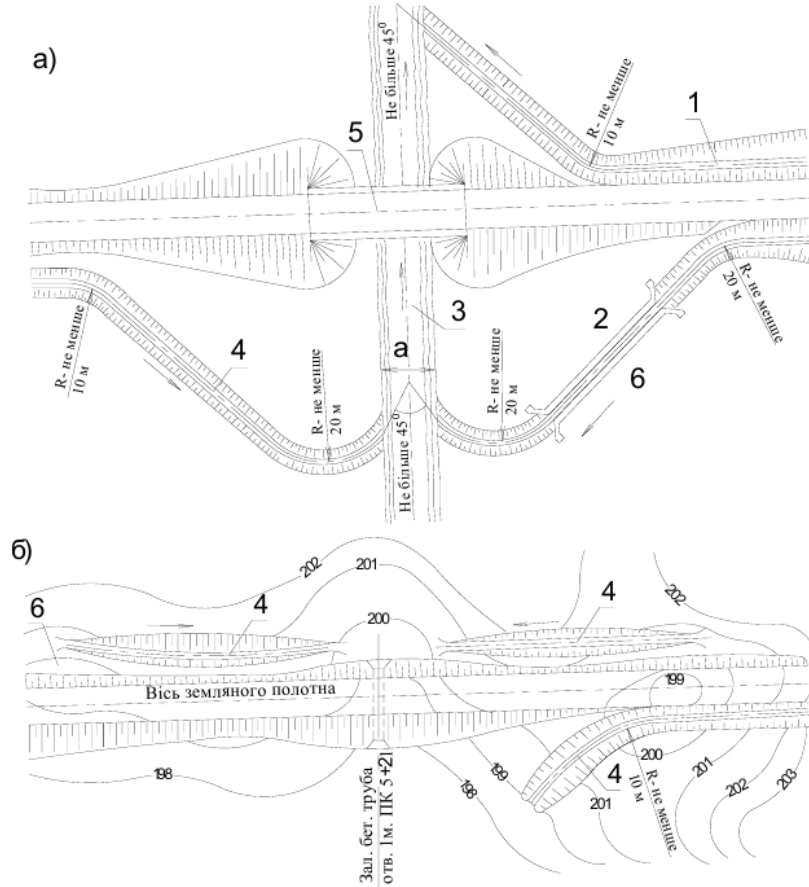


Рисунок 3.7 – Розташування водовідвідних споруд в плані:

а – відвід води із кюветів і каналів у водотоки; б – перепуск води із дрібної лощини до штучної споруди; 1– кювет; 2 – перепади або бистротоки; 3 – водотік; 4 водовідвідна канава; 5 – міст; 6 – планування берми з похилом до каналу

Похил кюветів і лотків насипів приймається рівним поздовжньому похилу тих ділянок земляного полотна, де вони розташовані.

У всіх випадках поздовжній похил дна каналів повинен бути не менше 5‰ (у виключних випадках 3‰).

При проектуванні слід старатись призначати поздовжні похили каналів, які б не викликали необхідність у укріпленні їх дна і укосів.

### 3.2 Проектування водовідвідних систем і споруд

Проектування водовідвідних систем і споруд вулиць і доріг слід проводити виходячи з місцевих природних, архітектурно-планувальних і санітарно-гігієнічних умов у комплексному взаємозв'язку з рішеннями інженерної підготовки, благоустрою та інфраструктури населеного пункту. При цьому загальні умови трасування та прокладання трубопроводів, гідравлічні їх розрахунки, параметри та вимоги до споруд водовідведення (оглядові та перехідні колодязі, дощеприймальники, переходи через дороги, дюкери, зливоводи, зливоспуски), а також відстані від зовнішньої поверхні труб самопливної каналізації (побутова та дощова) та дренажів до підземних мереж і споруд визначаються ДБН В.2.5-75.

Середню довжину вільного пробігу води від водорозділу басейна збору до першого дощеприймального колодязя та між ними слід приймати за розрахунком відповідно до ДБН В.2.5-75.

Дощеприймальні колодязі на вулицях слід установлювати в понижених точках лотків, на перехрестях вулиць зі сторони притоку води до смуги пішохідного руху, на виїздах із дворів, кварталів, між перехрестями поза проїзною частиною. Під час будівництва чи реконструкції вулиць за можливості, а за наявності велосипедної смуги чи спільного руху велосипедів та транспорту – обов'язково потрібно передбачати використання дощеприймальних колодязів, які вмонтовані в бордюрі.

Розміри дощеприймальних колодязів приймаються відповідно до [19].

Відстані між дощеприймальними колодязями повинні прийматися залежно від поздовжнього похилу лотка і наведені в таблиці 3.3.

За ширини односхилої проїзної частини вулиці більше ніж 15 м, двосхилої – більше ніж 30 м, а також наявності дренажів мілкового закладання відстань між дощеприймальними колодязями не повинні перевищувати 60 м.

За поздовжніх похилів вулиць більше 50 % перед перехрестями з боку верхів'я, а також на прямих ділянках вулиць через 300-400 м улаштовуються дощеприймальні колодязі посиленої приймальної здатності (подвійні ґрати, колодязі спеціальної конструкції).

Таблиця 3.3 – Відстані між дощеприймальними колодязями

Похил лотка, ‰	до 4	6	10	30	більше 30
Відстань між колодязями, м	50	60	70	80	90
Примітка. На розташованих на водорозділах вулицях за наявності внутрішньорайонної (квартальної) водостічної мережі, в лотках доріжок бульварів і скверів та на проїздах зазначені відстані допускається збільшувати в 1,5-2 рази.					

Оглядові колодязі залежно від діаметра водостоку, а також з урахуванням можливостей обслуговування повинні розташовуватись один від одного на відстанях, наведених в таблиці 3.4:

Таблиця 3.4 – Оглядові колодязі залежно від діаметра водостоку

Діаметр водостоку, м	до 0,45	0,5-0,6	0,7- 0,9	1,0-1,4	більше 1,5
Відстань між оглядовими колодязями, м	50	75	100	150	200

Розміри в плані колодязів дощової каналізації (круглі або прямокутні) необхідно приймати: на трубопроводах діаметром до 600 мм включно – завдовжки та завширшки 1000 мм; на трубопроводах діаметром 700 мм і більше – завдовжки 1000 мм і шириною, що дорівнює діаметру найбільшої труби.

Діаметр водостічних гілок (труби від дощеприймальних до оглядових колодязів) повинен прийматися таким, що дорівнює 0,3 м, їх похил – від 20 ‰ до 30 ‰ (найменший – 5 ‰), найбільша довжина гілки – 40 м.

На магістральних дорогах і магістральних вулицях безперервного руху влаштовується закрита система водовідведення з двостороннім розміщенням дощеприймальних колодязів незалежно від наявності місцевих проїздів.

Для влаштування водовідвідного лотка слід використовувати збірні або монолітні бортові камені. Висота бордюру на прямолінійних ділянках вулиці повинна бути не менше ніж 15 см.

Збір і відведення поверхневих вод можливі лотками прямокутного та трапецієподібного профілю, які перекриваються водоприймальними решітками.

Кювети і канави, що розташовані у межах населених пунктів слід проектувати згідно з ДБН В.2.5-75.

При проектуванні вулиць, доріг і площ слід передбачати можливість проведення заходів з прибирання снігу:

- ширину резервних та технічних смуг визначати з урахуванням розміщення на них снігу;
- на використовуваних для снігосплавів водостоках передбачати ділянкові (районні) снігоприймальні камери;
- за умови сніготанення обігрівальними панелями на магістралях безперервного руху та на під'їздах до розв'язок у різних рівнях (тунелі, естакади) обігрів проїзної частини проектувати на всій протяжності пандусів і тунелів (за довжини тунелів до 100 м з включенням під'їздів до них на відстані 100 м; при більшій протяжності - на 40 м у глибину тунелю з кожного боку); на естакадах - на всій протяжності естакади з включенням під'їздів до них на довжину 100 м.



### 3.3 Практичні аспекти застосування результатів розрахунків

Практичні аспекти застосування результатів розрахунків у конструкції дорожнього одягу ділянки автомобільної дороги Н-01 Київ – Знам'янка у Київській області

Розрахуємо конструкцію дорожнього одягу для ділянки автомобільної дороги III категорії, яка проходить по території Київської області, та відзначається наявністю щорічних руйнувань і деформацій у період перезволоження конструкції.

Товщини шарів дорожнього одягу прийmemo для чотирьох варіантів відповідно до рис. 3.8.

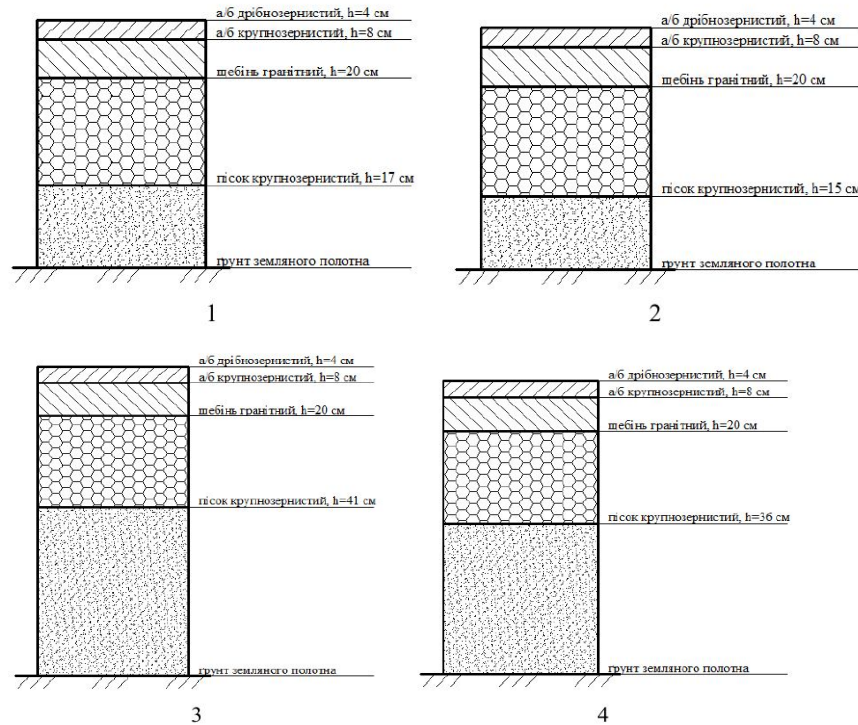


Рисунок 3.8 – Варіанти конструкцій дорожніх одягів у межах проїзної частини

Змінюватимуться лише параметри піщаного дренажного шару, влаштування якого пропонується з метою покращення водно-теплового режиму. Необхідною умовою є дотримання вимог [16] щодо мінімального потрібного модуля пружності дорожнього одягу капітального типу дороги III технічної категорії, який повинен бути не менше 225 МПа. Метою розрахунку є не підбір оптимальної конструкції з точки зору міцності, а оцінка збільшення (або зменшення) вартості конструкції у зв'язку із влаштуванням ефективного дренажного шару, розрахованого за новим методом, при інших рівних умовах.

Запропонуємо чотири конструкції піщаного дренажного шару робочої зони земляного полотна (варіанти конструкцій поперечного перетину дороги зображені на рисунках 3.8 (варіанти 1-3) та 3.8 (варіант 4)):

1. На всю ширину земляного полотна з виходом на укіс та незмінною товщиною по ширині поперечного перетину – 17 см (відповідно до [16], розрахунок за методом осушення).
2. На всю ширину земляного полотна з виходом на укіс та незмінною товщиною по ширині поперечного перетину – 15 см (відповідно до [25], розрахунок за методом осушення).
3. На всю ширину земляного полотна з виходом на укіс та незмінною товщиною по ширині поперечного перетину – 41 см (відповідно до [25], розрахунок за методом поглинання).
4. На всю ширину земляного полотна з виходом на укіс та різною товщиною піщаного шару у межах проїзної частини та узбіч – 36 см та 55 см відповідно).

Як видно з рисунків 3.8, в залежності від обраного методу розрахунку товщина піщаного дренажного шару у межах проїзної частини складає від 15 см до 41 см. Товщини, розраховані відповідно до діючих нормативів за методом осушення (рисунок 3.8, 1 та 2), є заниженими та можуть спричинити передчасне руйнування конструкції у зв'язку із нездатністю піщаного шару відвести розрахунковий об'єм води у

несприятливий період. Товщина піщаного дренажного шару, визначена із застосуванням удосконаленого методу (рисунок 3.8, 4) становить 36 см та менша від товщини, розрахованої за методом поглинання відповідно до діючих нормативів (рисунок 3.8, 3), на 5 см.

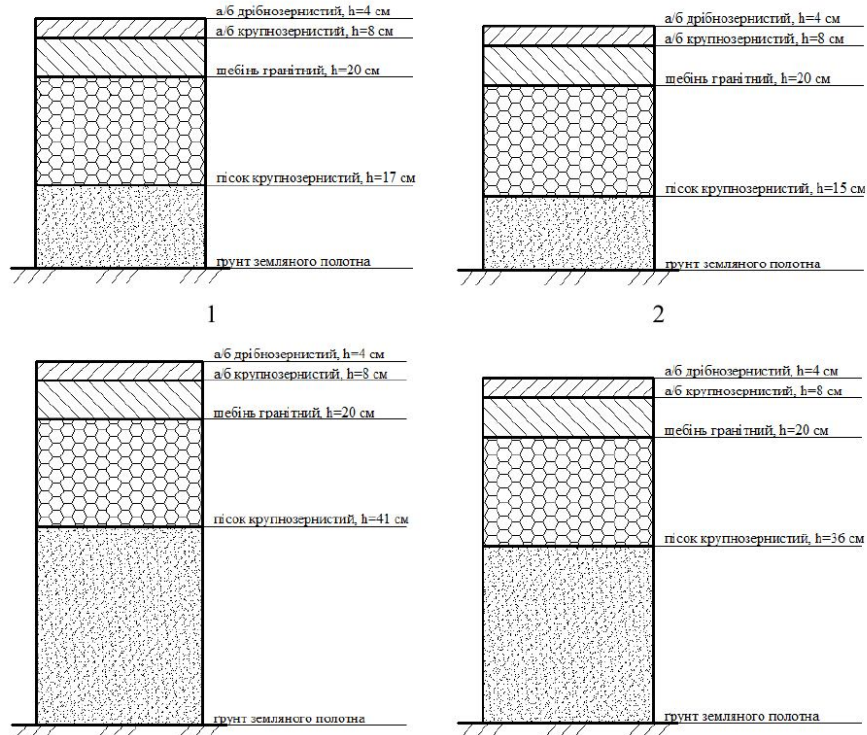


Рисунок 3.9 – Варіанти конструкцій дорожніх одягів у межах узбіч

Розглянемо отримані конструкції дорожнього одягу у межах узбіч. Для перших трьох варіантів (рисунок 3.9, 1, 2 та 3) товщина піщаного шару у межах узбіч є такою ж, як і у межах проїзної частини. Як показав розрахунок за удосконаленим методом, такі товщини є недостатніми для

нормальної роботи конструкції в умовах надмірного зволоження у несприятливий період.

Необхідна товщина піщаного дренажного шару у межах узбіч для даного випадку складає 55 см, що на 14 см перевищує проектну товщину дренажного шару, отриману за методом поглинання відповідно до діючих нормативів.

Порівняємо площі поперечних перерізів піщаних дренажних шарів варіантів 3 (S3) і 4 (S4), припустивши, що закладення укосів становить 1:1,5. При виконанні розрахунків скористаємося рисунками 3.12 та 3.13.

Конструкції дорожніх одягів у межах проїзної частини та узбіч для різних варіантів конструкцій піщаного дренажного шару зображені на рисунках 3.10 (проїзна частина) та 3.11 (узбіччя).

Як бачимо з рисунків 3.10 та 3.11, для варіантів дорожнього одягу проїзної частини та узбіч від 1 до 3 маємо незмінну по ширині товщину піщаного дренажного шару. У залежності від обраного методу розрахунку зазначена товщина може бути від 15 см до 41 см.

Товщина ж піщаного шару для варіанту 4 є різною у межах проїзної частини та неукріпленої частини узбіч, що пов'язано з різними величинами зволоження зазначених конструктивних елементів дороги.

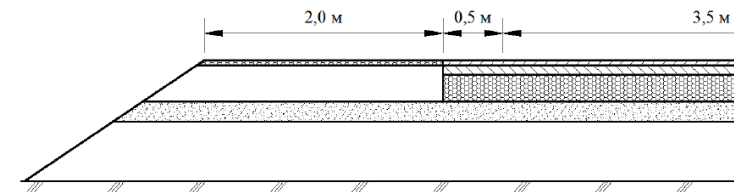


Рисунок 3.10 – Конструкція поперечного перетину дороги варіантів 1-3

$$S4 = ((0,5 + 3,5) \cdot 0,36 + (2 + 0,51) \cdot 0,55 + 0,825 \cdot 0,55 \cdot 0,5) \cdot 2 = (1,44 + 1,38 + 0,23) \cdot 2 = 6,10 \text{ (м}^2\text{)}.$$

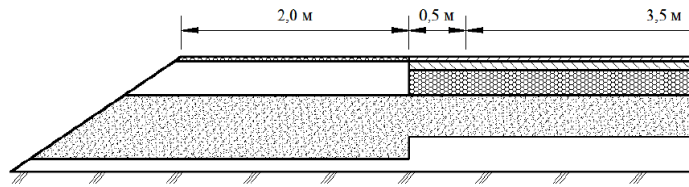


Рисунок 3.11 – Конструкція поперечного перетину дороги варіанту 4

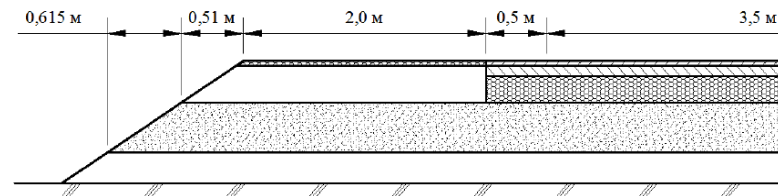


Рисунок 3.12 – Розміри поперечного перетину дороги варіанту 3

$$S_3 = ((2 + 0,5 + 3,5 + 0,51) \cdot 0,41 + 0,615 \cdot 0,41 \cdot 0,5) \cdot 2 = (2,67 + 0,13) \cdot 2 = 5,60 \text{ (м}^2\text{)}.$$

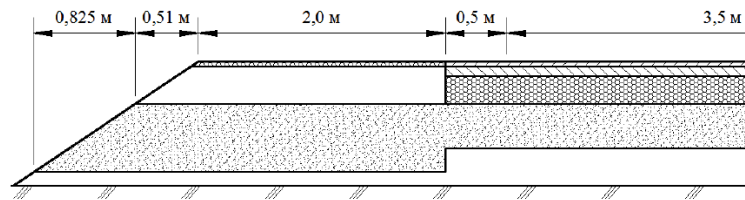


Рисунок 3.13 – Розміри поперечного перетину дороги варіанту 4

Розрахунок дорожнього одягу за 1 варіантом.

Методика: ВБН В.2.3-218-186 . Об'єкт: 3 категорія.

Розрахункова схема: Нове будівництво

1. Вихідні дані:

Категорія дороги: III

Кількість смуг руху: 2

Номер розрахункової смуги: 1

Ширина смуги руху, м: 3.50

Ширина узбіччя, м: 2.50

Тип дорожнього одягу: Капітальний

Похил у місцях перелому профілю, ‰: 0 / 0

Навант., кН / Тиск, МПа / Д. штампа, см: 100.0 / 0.6 / 37.1

Дорожньо-кліматична зона: У-1

Температурний район: А-2

Схема зволоження: 3

Розрахункова вологість ґрунту, W/Wt: 0.50

Адміністративна область: Київська

Метод визначення вологості: За лабор. даними

Коефіцієнт ущільнення ґрунту: 0.90

Глибина промерзання ґрунту, м: 0.90

Розрахункова висота насипу, м: 2.00

Розрахункова кількість днів у році: 135

Строк служби, років: 15

Рівень надійності: 0.90

2. Склад та інтенсивність руху в перший рік експлуатації:

Транспортний потік не задано.

3. Результати приведення до розрахункового навантаження:

Приведена добова інтенсивність, прикладень/смугу: 3059

Мінімальний потрібний модуль пружності, МПа: 180.00

Заданий розрахунковий модуль, МПа: 300.00

4. Розрахункові характеристики конструктивних шарів та результати розрахунку наведені в таблиці 3.5:  $E_{\text{екв}}=325.60$   $K_{\text{пр}}=1.09$

Розрахунок дорожнього одягу за 2 варіантом.

Методика: ВБН В.2.3-218-186

Об'єкт: 3 категорія

Розрахункова схема: Нове будівництво

1. Вихідні дані

Категорія дороги: III  
 Кількість смуг руху: 2  
 Номер розрахункової смуги: 1  
 Ширина смуги руху, м: 3.50  
 Ширина узбіччя, м: 2.50  
 Тип дорожнього одягу: Капітальний  
 Похил у місцях перелому профілю, %: 0 / 0  
 Навант., кН / Тиск, МПа / Д. штампа, см: 100.0 / 0.6 / 37.1  
 Дорожньо-кліматична зона: У-1  
 Температурний район: А-2  
 Схема зволоження: 3  
 Розрахункова вологість ґрунту, W/Wt: 0.50  
 Адміністративна область: Київська  
 Метод визначення вологості: За лабор. даними  
 Коефіцієнт ущільнення ґрунту: 0.90  
 Глибина промерзання ґрунту, м: 0.90  
 Розрахункова висота насипу, м: 2.00  
 Розрахункова кількість днів у році: 135  
 Строк служби, років: 15  
 Рівень надійності: 0.90

2. Склад та інтенсивність руху в перший рік експлуатації:

Транспортний потік не задано.

3. Результати приведення до розрахункового навантаження:

Приведена добова інтенсивність,  
 прикладень/смугу: 3059

Мінімальний потрібний модуль пружності, МПа: 180.00

Заданий розрахунковий модуль, МПа: 300.00

4. Розрахункові характеристики конструктивних шарів та результати розрахунку приведені в таблиці 3.6:  $E_{кв}=319.33$   $K_{пр}=1.06$

Таблиця 3.5 – Розрахункові характеристики конструктивних шарів та результати розрахунку варіант 1

Найменування шару	Нрасч, см	Запас, +-%	Еупр, МПа	Есдв, МПа	Ераст, МПа	F, град	C, МПа	Кизн
Щільний гарячий асфальтобетон на бітумі БНД 60/90 (Тип Б, Марка I)	4,0		3200	1800	4500			1,00
Щільний гарячий асфальтобетон на бітумі БНД 60/90 (Тип А, Марка I)	8,0	39	3200	1800	4500			1,00
Заклинений шар із фракційного гранітного щебеню (із піщаника, Перекристалізованих вапняків) 1-3 класу міцності	20,0		400					1,00
Пісок крупний (більше 50 % за масою зерен більше 0,5мм)	41,0	100	130				0,006	1,00
Ґрунт робочого шару – суглинок важкий		58	108			32,0	0,045	1,00

Таблиця 3.6 – Розрахункові характеристики конструктивних шарів та результати розрахунку варіант 2

Найменування шару	Нрасч, см	Запас, +-%	Еупр, МПа	Есдв, МПа	Ераст, МПа	F, град	C, МПа	Кизн
Щільний гарячий асфальтобетон на бітумі БНД 60/90 (Тип Б, Марка I)	4,0		3200	1800	4500			1,00
Щільний гарячий асфальтобетон на бітумі БНД 60/90 (Тип А, Марка I)	8,0	38	3200	1800	4500			1,00
Заклинений шар із фракційного гранітного щебеню (із піщаника, Перекристалізованих вапняків) 1-3 класу міцності	20,0		400					1,00
Пісок крупний (більше 50 % за масою зерен більше 0,5мм)	36,0	100	130				0,006	1,00
Ґрунт робочого шару – суглинок важкий		54	108			32,0	0,045	1,00

Отже, площа поперечного перетину піщаного дренажного шару, розрахованого за методом наведеним у [34 - 36], на 0,50 м<sup>2</sup> більша від поперечного перетину піщаного дренажного шару, розрахованого за методом поглинання відповідно до діючих нормативів.

3.4 Врахування зниження пропускної здатності піщаного дренажного шару внаслідок його ущільнення з часом під впливом навантажень від транспорту та забруднення

З часом щільність матеріалу дренажного шару (підстильного шару основи з піску) підвищується через:

- 1) його ущільнення;
- 2) підвищення вмісту більш дрібних часток, що є наслідком подрібнення і перетирання найкрупніших зерен дренажного матеріалу;
- 3) його забруднення ґрунтовими частками, які рухаються разом з водою у зваженому вигляді.

Якщо врахувати, на яку величину знизиться пропускна здатність піщаного шару з часом, і врахувати цю величину при розрахунку загальної товщини, можна забезпечити більш надійну його роботу протягом всього нормативного терміну служби.

Розрахувати зменшення фактичної товщини піщаного шару  $\Delta h$  можна за емпіричною формулою:

$$\Delta h = \frac{N \cdot T_{до} \cdot K_N \cdot v_B}{N_p}; \quad (3.4)$$

де  $N$  – перспективна середньорічна вантажна напруженість, млн. брутто-тон;

$T_{до}$  – перспективний строк служби дорожніх одягів, років (приймається згідно з [31]);

$K_N$  – коефіцієнт, що характеризує відставання швидкості взаємопроникнення при збільшенні вантажнапруженості;

$N_p$  – вантажнапруженість, млн. брутто-тон;

$v_B$  – швидкість взаємопроникнення піщаного шару і ґрунту земляного полотна, що виражається в мм/год., з розрахунку вантажнапруженості на одну смугу руху в розмірі  $N_p=1$  млн. брутто-тон.

Таблиця 3.7 – Технічна класифікація автомобільних доріг у авт/добу [15]

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

Примітка 1. I-а – автомагістраль.  
Примітка 2. Категорію дороги можна визначати за розрахунковою інтенсивністю руху у транспортних одиницях, якщо кількість легкових автомобілів становить менше 30 відсотків від загального транспортного потоку.

При пілуватих ґрунтах в II дорожньо-кліматичній зоні при 1-му типі зволоження місцевості значення  $v_B=5$  мм/рік, а в III зоні –  $v_B=4$  мм/рік і при ґрунтах із вмістом гумусу більше 1-1,5% –  $v_B=3$  мм/рік.

При болотистих ґрунтах, які за гранулометричним складом відносяться до пілуватих суглинків, складає не менше 8 мм/рік.

У випадку пониженого земляного полотна (3-й тип зволоження місцевості) і вимушеної перебудови окремих слабких місць швидкість  $v_B$  збільшують вдвічі. Якщо вантажнапруженість на одну смугу руху  $N_p=1$  млн. брутто-тон, то  $K_N=1$ . При  $N_p=2$  млн. брутто-тон –  $K_N=0,7$  і при  $N_p=3$  млн. брутто-тон  $K_N=0,5$ .

Таблиця 3.8 – Норми міжремонтних строків експлуатації дорожніх одягів (капітальний ремонт) [31]

Категорія автомобільної дороги	Інтенсивність руху, транспортних одиниць/добу	Тип дорожнього одягу	Матеріал покриття	Строк експлуатації дорожнього одягу, в роках
1	2	3	4	5
I	понад 10000	капітальний	цементобетон	18
I	понад 10000	капітальний	асфальтобетон	11
II	3000-10000	капітальний	цементобетон	21
II	3000-10000	капітальний	асфальтобетон	12
III	1500-3000	полегшений	чорнощобеневе (просочування)	10
III-VI	1000-3000	полегшений	асфальтобетон (коефіцієнт міцності 0,9)	13
VI	500-1500	полегшений	чорнощобеневе (просочування)	10
VI	500-1500	полегшений	чорнощобеневе (змішування на дорозі)	9
VI	150-500	полегшений	чорнощобеневе (змішування на дорозі)	10
1	2	3	4	5
VI	150-500	перехідний	щобеневе	5
VI	150-500	перехідний	бруківка	15
VI-V	до 150	перехідний	цементогрунтове: маломіцні кам'яні матеріали, укріплені в'язучими матеріалами	6
V	менше 150	перехідний	маломіцні кам'яні матеріали, укріплені в'язучими матеріалами; фракційовані кам'яні матеріали	5

## РОЗДІЛ 4

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

## 4.1 Обслуговування та ремонт системи водовідведення автомобільних доріг

Завдання цієї системи – захист одягу дороги від зливових вод. Вода, потрапляючи всередину дорожнього одягу, призводить до його швидкого руйнування. Вимивається і просідає ґрунт, руйнується основа. Це призводить до руйнування покриття і виходу дороги з ладу.

Решітки і водостоки зливової каналізації забезпечують видалення води з поверхні через всі шари заснування в колектор.

Водовідведення включає в себе цілий комплекс елементів:

- особлива форма дорожнього покриття, що забезпечує скочування води;
- особливі склади, захищають покриття від контакту з водою;
- шар зносу з литого асфальтобетону. Такий шар забезпечує герметизацію покриття і має достатню міцність, щоб без ремонту працювати 3-5 років;
- обладнані узбіччя, допомагають видаляти воду з покриття і захищають основу;
- стічні канами, по яких стікає з покриття і узбіччя вода відводиться до місць скидання в річку, озеро, море.
- зливовий колектор, розташований під підставою, забезпечує доставку води до місць скидання. Колектори застосовуються в умовах міста, коли неможливо обладнати стічні канами і використовуються для збору води і доставки до місця з'єднання з міською системою каналізації;
- решітки і водостоки зливової каналізації, що забезпечують видалення води з поверхні через всі шари заснування в колектор.

Комунальні служби забезпечують очищення зливових решіток та водостоків від листя, гілок, сміття і промивають трубу колектора.

Кожен елемент системи водовідведення потребує регулярного обслуговування, яке проводиться силами дорожніх комунальних служб.





Рисунок 4.1 – Обслуговування системи водовідведення доріг

Для проведення обслуговування системи водовідведення необхідно провести наступні дії:

- забезпечити очищення зливових решіток та водостоків від листя, гілок, сміття не рідше одного разу в квартал;
- раз на два-три роки оглядати, очищати від крупного сміття, промивати трубу колектора, не допускаючи запливання і утворення заторів;
- щорічно оновлювати захисний шар рідкими полімерами. Це дозволить довше зберігати цілісність покриття одягу і обійдеться дешевше ямкового або великого ремонту;
- усувати пошкодження покриття, не чекаючи планового ремонту. Своєчасне відновлення цілісності покриття зберігає основу і ґрунт від вимивання або просідання.
- відновлення шару зносу. Технологія відновлення таких шарів дозволяє відновлювати цілісність покриття силами двох робітників і одного автомобіля-ремонтнера.
- раз в п'ять-сім років слід перевіряти стан водоскидів, очищаючи їх при необхідності.

Забезпечуючи системи водовідведення автомобільних доріг потрібно перевіряти стан водоскидів, очищаючи їх при необхідності.

Недотримання цих заходів призводить до погіршення роботи всієї системи, що викликає порушення цілісності дорожніх одягів.



Рисунок 4.2 – Ремонт елементів системи водовідведення

Ремонт елементів системи водовідведення.

Відновлення цілісності покриття. Для відновлення покриття проводять планові, в разі необхідності позапланові ямкові ремонти, використовуючи різні технології. Застосування технології гарячого асфальтобетону дозволяє скоротити вартість матеріалів. Використання технології литого асфальтобетону збільшує вартість матеріалів на 15-20%, але завдяки меншій складності дозволяють настільки ж скоротити загальну вартість робіт. Застосування технології регенерації асфальту дозволяє скоротити витрати порівняно з гарячим асфальтобетоном на 30-40%, що призведе до значного зниження загальної вартості ремонту. У містах з населенням понад 100 тисяч чоловік придбання багатофункціонального ремонтнера з регенератором асфальту і дорожньою фрезою економічно виправдано, така машина окупиться протягом трьох-п'яти років. Через 15-20 років настиляють новий шар.

Для відновлення покриття проводять планові ямкові ремонти, використовуючи різні технології.

Відновлення шару зносу. Відновлення проводять у міру появи пошкоджень. Вартість робіт у кілька разів менше, ніж при проведенні ямкового ремонту покриття з ущільненого гарячого асфальтобетону. При

використанні багатофункціонального ремонтера можливо додаткове скорочення вартості робіт на 20-30% за рахунок відмови від додаткової техніки та обладнання.

Ремонт узбіч. При зміні геометрії схилу ремонт здійснюють підсипанням ґрунту для відновлення геометрії покриття. При наявності покриття знімають його, відновлюють геометрію, потім укладають нове покриття.

Ремонт зливних каналів. Ремонт полягає в розширенні в поглибленні каналів для забезпечення необхідного рівня при сильному заилюванні, що дозволяє воді стікати до місць скидання.

Ремонт зливових колодязів. Найчастіше ремонт полягає в заміні обійми решітки зливової або заміні (ремонту) бетонної труби колодязя.

Ремонт колектора. При сильному засміченні сміттям або мулом очищення з допомогою промивання не дає результатів. В цьому випадку визначають місця найбільш сильного засмічення, розкопують одяг і ґрунт, розбирають верхню частину колектора і екскаватором видаляють сміття. Може знадобитися повна заміна окремих ділянок колектора.



Рисунок 4.3 – Ремонт систем водовідведення

Ремонт колектора при сильному засміченні сміттям визначають місця найбільш сильного засмічення, розкопують одяг і ґрунт, розбирають верхню частину колектора і екскаватором видаляють сміття.

Ретельне обслуговування систем водовідведення дозволить скоротити витрати на ремонт покриття автомобільних доріг і продовжити їх термін служби до капітального ремонту.

#### 4.2 Утримання земляного полотна і водовідвідних споруд

Роботи з утримання земляного полотна спрямовані на збереження його поздовжнього та поперечного профілю, постійне підтримання у робочому стані різноманітних водоприймальних, водовідвідних і водопропускних споруд, що забезпечує належну надійність земляного полотна, узбіч і укосів. Особливу увагу необхідно приділяти ділянкам з несприятливими ґрунтово- і гідрологічними умовами і, особливо, на місцях небезпечного здимання, на болотах і у місцевостях з штучним зрошенням.

Головними вимогами до робіт з утримання за періодами року є:

- у весняний період необхідно уникати або максимально зменшувати перезволоження ґрунтів земляного полотна талими і ґрунтовими водами;
- у літній період необхідно виконувати роботи з догляду та усуванню незначних деформацій і пошкоджень конструктивних елементів земляного полотна (узбіччя, укоси, водовідвід);
- в осінній період необхідно попереджувати перезволоження земляного полотна атмосферними опадами з ґрунтовими водами.

Весняний період особливо відзначається несприятливим впливом природних факторів, в результаті чого виникають умови, які сприяють максимальному зволоженню земляного полотна. Дорожньо-експлуатаційна служба повинна своєчасно виявляти місця застою води, замулення, проводити очистку узбіч від снігу та льоду, виконувати роботи, що забезпечують швидкий відвід талих вод, своєчасно видаляючи перешкоди і руйнування, що заважають стоку. Поверхню укосів виїмок, які мають вихід ґрунтових вод, доцільно очищати від снігу з видаленням його за межі виїмки.

В кінці весняного періоду, коли ґрунт підсохне, виконують такі роботи:



- а) засипку ґрунтом окремих вибоїн, колій і інших пошкоджень на поверхні узбіч;
- б) заповнення ґрунтом промоїн, ям і провалів на укосах насипів і виїмок;
- в) планування і ущільнення ґрунтів узбіч;
- г) планування укосів насипів і виїмок для усунення невеликих пошкоджень; д) відновлення пошкодженого трав'яного покриву укосів і узбіч (якщо вони укріплені травою);
- е) відновлення ухилів узбіч та укосів.

На укріплених узбіччях при відновленні деформованих ділянок застосовують матеріали, аналогічні тим, які застосовувались для їх укріплення. Ґрунтові узбіччя, які складаються з важких суглинистих ґрунтів, доцільно зміцнювати піщаним ґрунтом.

У літній період виконують роботи із скошування трав і дрібної порості на узбіччях, укосах, водовідвідних канавах і у смузі відведення, забезпечують умови швидкого стоку води у подальший осінній період.

До початку інтенсивних осінніх атмосферних опадів вся система дренажу і водовідводу повинна знаходитись у робочому стані, укоси і узбіччя повинні мати рівну поверхню і похили, які визначаються місцевими ґрунтовими і кліматичними умовами. Бічні водовідвідні канали і лотки, поблизу ділянок схильних до здимання до закінчення літнього періоду повинні бути ретельно очищені і за необхідності заглиблені.

В осінній період дорожньо-експлуатаційна служба повинна слідкувати за роботою дренажної і водовідвідної систем, своєчасно очищати їх від замулювання і засмічування. Перед замерзанням ґрунту незакріплені узбіччя треба спрофілювати, щоб у зимовий період була змога ефективно виконувати їх очистку від снігу, а у весняний період забезпечувати належний водовідвід. У складних ґрунтових і кліматичних умовах, особливо на ділянках доріг, схильних до виникнення здимань, в осінній період треба забороняти з'їзд транспортних засобів на неукріплені узбіччя. У цей період, як і весною, дорожньо-експлуатаційна служба повинна забороняти використання

притрасових резервів для прогону чи вигону свійських тварин. 4.3.6 Обдернювання укосів земляного полотна і водовідвідних каналів повинно проводитись у вегетаційний період (до 1 жовтня). Смуги дерну завширшки менш ніж 1 метр повинні врізатися в укіс, а більш широкі смуги складаються на спланований укіс і кріпляться до нього кілочками завдовжки 0,2 м та більше (не менше ніж 8 кілочків на 1 м<sup>2</sup>). Насіння травосумішей повинно висіватись при товщині шару гумусового ґрунту не менш ніж 5 см.

Вимоги до стану смуги відведення. Ширина смуги відведення повинна відповідати вимогам ДБН В.2.3-16.

Інженерні комунікації (трубопроводи, повітряні лінії та підземні кабелі тощо), що знаходяться в межах смуги відведення, необхідно розміщувати з урахуванням можливого розширення земляного полотна, озеленення дороги та розміщення її елементів.

У межах смуги відведення необхідно регулярно проводити скошення трави, вирубування чагарнику на узбіччях і укосах та заходи по додержання чистоти. Для забезпечення відповідності зелених насаджень своєму призначенню має проводитись регулярний догляд за ними, в т.ч. боротьба зі шкідниками сільськогосподарських культур.

Виділення та закріплення земель під смугу відведення, а також їх використання здійснюється у відповідності з діючим законодавством.

### 4.3 Ремонт земляного полотна і водовідвідних споруд

#### 4.3.1 Поточний (планово-попереджувальний) ремонт

Поточний ремонт земляного полотна і водовідводу проводять із метою відновлення проектних експлуатаційних характеристик і доведення їх до відповідності вимогам автомобільного руху, місцевих кліматичних і гідрологічних умов.

До поточного ремонту земляного полотна і водовідводу належать роботи які наведені в п. 3.1.1 ВБН Г.1-218-182.

При виконанні робіт з поточного ремонту проводять суцільну прочистку водовідвідних і нагірних каналів, швидкотоків і перепадів, надаючи дну поздовжній похил не менш як 10 ‰. Прочищення каналів ведеться назустріч можливому течії води (проти ухилу). Грунт, що витягується з каналів при їх очищенні, укладають на обрізи з подальшим обов'язковим його розрівнюванням і ущільненням. Особлива увага при очищенні каналів слід приділяти найбільш замуленим низовим ділянкам.

В рівнинній місцевості найретельніша увага приділяється низовим ділянкам, що найбільше замулюються та ділянкам, де водовідвід ускладнений, а резерви, які виконують роль випарюючих басейнів, заболочуються.

Ділянки водовідвідних каналів, швидкотоків і перепадів, які найчастіше розмиваються поверхневими водами, укріплюють бруківкою, бетонними плитами, нетканими синтетичними матеріалами, щебенем, просоченим цементним розчином, дерновими килимами та іншими засобами. Укріплення проводять з урахуванням швидкості течії води, місцевих кліматичних умов і ступеня можливого розмиття ґрунтів. Для укріплення водовідвідних каналів можливе застосування ґрунтових сумішей, виготовлених із використанням органічних, неорганічних і полімерних в'язучих. Роботи з укріплення, вибір матеріалів і механізмів повинні проводитись за спеціальними розрахунками. Укоси водовідвідних споруд треба укріплювати на (10-15) см вище максимального рівня води за весняної повені. Для укріплення надводної частини застосовують засів трав або обдерновування.

На ділянках доріг із зсувними явищами необхідно проводити комплекс профілактичних заходів, що включає влаштування поверхневого водовідведення, дренажних каналів в основі і на площині укосів для перехоплення ґрунтових вод, влаштування підпірних стін і контрбанкетів, цементування зсувних схилів і ін.

При зсувах укосів насипів і виїмок необхідно запобігати заходам щодо глибинного зміцнення ґрунтів, зміцненню укосів забиванням паль,

зміцненню поверхні укосів різними матеріалами і конструкціями, у тому числі з використанням синтетичних матеріалів з урахуванням ґрунтових і кліматичних умов причин виникаючих деформацій і руйнувань.

Підйом висотних відміток насипу виконується на ділянках утворення здимань, просідань земляного полотна в умовах відсутності дренажних шарів або неефективності їх роботи. Необхідне збільшення висоти насипу визначається з умови забезпечення розриву між межами глибини промерзання і капілярного підняття вологи, а також висоти снігового покриву в районі виконання робіт. Роботи по досипанню насипу повинні виконуватися відповідно до проекту.

На ділянках дороги, де є небезпека виникнення здимань чи де вони з'являлись раніше, при поточному ремонті необхідно створити ефективний відвід поверхневих вод шляхом планування узбіч, укосів і їх зміцнення, одночасно забезпечуючи надійну працездатність водовідвідних споруд, забезпечити гідроізоляцію земляного полотна від проникнення поверхневих вод, улаштувати додаткові випуски з бічних каналів у бік смуги відведення на ділянках з малими або затяжними поздовжніми похилами, улаштувати випарні басейни і ін.

На ділянках, складених лесовими, набухаючими або просадочними ґрунтами де можливе здимання або просідання ґрунтів, необхідно:

- створити ефективне відведення поверхневих вод шляхом укріплення узбіч і укосів;
- відремонтувати або змінити конструкції в місцях розташування водовідвідних каналів;
- забезпечити ефективне дренажування ґрунтів насипів і виїмок.

При ремонті неукріплених узбіч проводяться роботи по плануванню їх поверхні з наданням поперечного похилу до (50 – 60) ‰. Якщо на узбіччях на період проведення ремонтних робіт не передбачається улаштування шарів укріплення, слід провести засів трав. В цих випадках роботи необхідно проводити в терміни, що забезпечують нормальне зростання трав і розвиток

їх кореневої системи. Якщо на узбіччях є вода, яка накопичилася у нерівностях, то до початку ремонтних робіт її треба спустити і видалити мул. Для підсіпки використовують ґрунт, аналогічний ґрунту насипу.

При ремонті укріплених узбіч здійснюють роботи по запобіганню руйнування покриттів і нижніх шарів укріплення. Ці роботи доцільно суміщати з ремонтом проїзної частини доріг. Поперечний похил укріплених узбіч приймається не менше ніж (30 – 40) %. Для ремонту використовуються матеріали, аналогічні прийнятим в конструкції укріплення або ті, які мають кращі властивості.

Укоси насипів і виїмок повинні бути укріплені засівом трав з проведенням необхідних агротехнічних заходів щодо створення стійкого дернового покриву. Якщо на укосах можливе утворення зсувів, селевих виносів або обвалів, вони повинні бути очищені і сплановані з відновленням дернового покриву. При постійних деформаціях поверхні укосів або їх руйнуванні слід виконати роботи по зменшенню крутизни укосів. При неефективності цих заходів укоси укріплюють збірними елементами, синтетичними матеріалами, влаштуванням волого- і теплоізолюючих шарів і іншими способами в залежності від ґрунтів, місцевих кліматичних умов, причин виникаючих деформацій на основі положень діючих нормативних документів.

Деформації і руйнування шарів або конструкцій укріплення укосів виправляють із застосуванням матеріалів, раніше використаних в укріпленні або більш ефективних. Якщо в цілому конструкція укріплення не відповідає ґрунтовим і кліматичним умовам, необхідно його перевлаштування.

## ВИСНОВКИ

1. Найбільшої шкоди стійкості дорожньої конструкції заподіює вільна вода, що знаходиться в її конструктивних шарах, де під тиском коліс транспортних засобів відбувається її переміщення. Вільна вода в зернистому шарі основи дорожнього одягу при динамічних навантаженнях може знизити його міцність на 25% і більше.

2. На ступінь функціонування водовідвідних конструкцій також впливає якість влаштування покриття проїжджої частини автомобільної дороги. Застій води на проїжджій частині та узбіччях спостерігається в тому випадку, якщо не забезпечується рівність покриття. Крім того, температурні шви і дрібні тріщини в дорожніх покриттях пропускають воду в кількості, більш ніж достатній для появи руйнувань. Незадовільна робота водовідвідних конструкцій приводить також до акумуляції води на поверхні покриття та її проникненню в ґрунт земляного полотна через узбіччя, тріщини і шви в покриттях.

3. Обстеження доріг дають підстави стверджувати, що значна кількість руйнувань та деформацій, які виникають на автомобільних дорогах загального користування України, пов'язані саме з незабезпеченням сприятливого водно-теплового режиму роботи конструкції.

4. Наведений розрахунок величин надходження вологи до дорожньої конструкції від різних джерел зволоження протягом року та товщини піщаного дренажного шару. Розраховано товщини дренажних шарів, необхідні для ефективного відведення розрахункової кількості вологи у межах проїзної частини та узбіч.

5. Наведений метод розрахунку дренажних систем мілкового закладення, розміщених у робочій зоні земляного полотна автомобільних доріг. Доведено, що рівень води у конструкції узбіч є вищим, тому доцільно піщаний дренажний шар дренажної системи мілкового закладення у межах узбіч влаштовувати більшої товщини, ніж у межах проїзної частини.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобільні дороги. Зупинки маршрутного транспорту. Загальні вимоги проектування ГБН В.2.3-37641918-550:2018. [Чинний від 2018-01-06]. Київ: Міністерство інфраструктури України, 2018. 19 с. (Національні стандарти України).
2. Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування. ГБН В.2.3-37641918-557:2016. [Чинний від 2017-01-04]. Київ: Міністерство інфраструктури України, 2018. 71 с. (Національні стандарти України).
3. Автомобільні дороги. Майданчики для стоянки транспортних засобів і відпочинку учасників дорожнього руху. Загальні вимоги проектування.: ГБН В.2.3-37641918-549:2018. [Чинний від 2018-01-06]. К.: Міністерство інфраструктури України, 2018. 17 с. (Національні стандарти України).
4. Александров А. С. Применение теории наследственной ползучести к расчету деформаций при воздействии повторных нагрузок: монография / А.С. Александров. Омск: СибАДИ, 2014. 152 с.
5. Вукан Р. Транспорт в городах, удобных для жизни Название оригинальное: Transportation for Livable Cities. Перевод: Александр Калинин, ред.: Михаил Блинкин. - Изд-во: Территория будущего, Серия: Университетская библиотека Александра Погорельского, 2011. 576 с.
6. Вулиці та дороги населених пунктів.: ДБН В.2.3-5:2018 . - [Чинний від 2018-01-09]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. 55 с. (Національні стандарти України).
7. Гаркуша М.В. Сучасні аспекти підвищення колієстійкості нежорсткого дорожнього одягу / Мозговий В. В., Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Аксьонов С. Ю. // Автошляховик України. Київ 2012 № 5 С. 25 - 30.
8. Гаркуша Н.В. Последовательность проверки. Методы повышения колеестойкости асфальтобетонного покрытия / Мозговой В. В., Онищенко А. Н., Гаркуша Н. В., Аксенов С. Ю. // Автомобильные дороги. 2012 № 7 С. 80 - 85.
9. Гамеляк І.П. Аналіз транспортно-експлуатаційних показників стану автомобільних доріг державного значення / Гамеляк І.П., Райковський В.Ф. // Автомобільні дороги. Київ 2014 Вип. 1. (237) С. 24 - 28.

10. Гаркуша М. В. Підвищення колієстійкості нежорстких дорожніх одягів за рахунок укріплення ґрунтів основи / Гаркуша М. В. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2012. Вип. № 47 С. 47-53.
11. Илиополов С.К., Селезнёв М.Г., Углова Е.В. Динамика дорожных конструкций. // Монография. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный строительный университет, 2002. 258 с.
12. Globalstreetdesignguide– НАСТО, 2017. – 361 с.
13. Сіденко В.М. Водно-тепловий режим міських доріг / Сіденко В.М., Фомін В.О. – Харків : Видавництво Харківського університету, 1971. 180 с.
14. Сиденко В.М. Эксплуатация автомобильных дорог : учебник для студентов вузов по специальности «Автомобильные дороги» / Сиденко В.М., Михович С.И. М. : Транспорт, 1976. 288 с.
15. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво : ДБН В.2.3-4:2007– К. : Мінрегіонбуд України, 2007.– 91 с. – (Державні будівельні норми України).
16. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу : ВБН В.2.3–218–186–2004 / Укравтодор. [Чинний від 2005–01–01]. Київ : Укравтодор, 2005. 176 с. (Нормативний документ Укравтодору).
17. Кизима С.С. Эксплуатация автомобильных дорог : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготов. «Буд-во» / С.С. Кизима. – К. : НТУ, 2009. 272 с.: іл. 53. Бібліогр.: С. 265 – 267.
18. Бурлака О.О. Підвищення міцнісних і фільтраційних показників дренажних труб з пористого бетону: автореф. дис. на здоб. наук. ст. канд. техн. наук / Бурлака О.О. – Харків : ХНУБА, 2013. 18 с.
19. Методика визначення пропускної здатності дренажної конструкції мілкового залягання з урахуванням річного циклу роботи : М 218-02070915-684:2011. К. : Укравтодор, 2011. 35 с. (Нормативний документ Укравтодору).
20. Robinson. M. The Impact of Drainage on Streamflow / Robinson. M., Rycroft D. // Agricultural Drainage. ASA, CSSA and SSSA, 1999. Vol. 38. P. 767 – 800.

21. Олейник А.Я, Поляков В.Л. Дренаж переувлажнённых земель / Олейник А.Я, Поляков В.Л. Киев : Наук. думка, 1987. 280 с. (Наука и техн. прогресс).
22. Ткачук С.Г. Гідравліка. Гідрологія. Гідрометрія / С.Г. Ткачук. Київ : Кафедра, 2013. 392 с.
23. ДСТУ 2587:2010. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 51 с.
24. ДСТУ 4100-2002. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. - К.: Держстандарт України, 2002. 108 с.
25. ДСТУ Б А.2.4-2:200913. Система проектної документації для будівництва. Умовні позначки і графічні зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 28 с.
26. ДСТУ Б А.2.4-29:2008. Система проектної документації для будівництва. Автомобільні дороги. Земляне полотно і дорожній одяг. Робочі креслення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 30 с.
27. ДСТУ Б В.2.7-119:2011. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. К.: Мінрегіонбуд України, 2012. 44 с.
28. СОУ 45.2-00018112-048:2010. Безпека дорожнього руху. Проект (схема) організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення та вимоги до змісту. Київ: Укравтодор, 2010. 19 с.
29. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Метод лабораторного визначення коефіцієнта фільтрації : ДСТУ Б В.2.1-23:2009. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 18 с. (Національний стандарт України).
30. Fouss J.L. Design of controlled drainage and subirrigation facilities for water table management/ Fouss J.L., Evans R.O. and Belcher H.W. // *Agricultural Drainage*. – ASA, CSSA and SSSA, 1999. Vol. 38. P. 719–742.
31. Рекомендації щодо оптимізації заходів з сезонного утримання доріг та підвищення якості їх виконання : Р В.3.1-21476215-816:2013. Київ : Укравтодор, 2013. 26 с. (Нормативний документ Укравтодору).

32. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України : П-Г. 1-218-113:2009. К. : Укравтодор, 2009. 269 с. (Нормативний документ Укравтодору).
33. Норми фінансових витрат на поточний дрібний ремонт та експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування та мостів на них: СОУ 42.1-37641918-065:2013. Київ: Укравтодор, 2014. 26с. (Нормативний документ Укравтодору).
34. Стьожка В.В. Методи визначення параметрів дренажу мілкового залягання на автомобільних дорогах з урахуванням річного циклу роботи / Савенко В.Я., Славінська О.С., Стьожка В.В. // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки : наук.-техн. зб. К. : КНУБА, 2011. Вип. 17. С. 19–26.
35. Стьожка В.В. Індивідуальний підхід при проектуванні дренажів мілкового залягання з урахуванням кліматичних особливостей регіону / Савенко В.Я., Славінська О.С., Стьожка В.В. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво : наук.-техн. зб. К. : НТУ, 2011. Вип. 80. С. 3–15.
36. Styozhka V. Improvement of the calculation method for the sand layer of a shallow drainage system / O. Slavinska, V. Styozhka // *The Advanced Science Journal*. Vol. 2015. Issue 4. P. 13–20.
37. Aziz Amoozegar. Methods for Measuring Hydraulic Conductivity and Drainable Porosity / Aziz Amoozegar and Glenn V. Wilson // *Agricultural Drainage*. ASA, CSSA and SSSA, 1999. Vol. 38. P. 1149–1205.
38. Tokooz S. Steady drainage of layered soils. 1. Theory / Tokooz S., Kirkham D. // *J. Irrig. and Drain. Div.* 1971. Vol. 97, № 1. P. 1–19.
39. Rogers J.S. Comparison of drainage under steady rainfall versus falling water table conditions / Rogers J.S., Selim H.M., Fouss J.L. // *Soil Science*. 1995. Vol. 160 (6). P. 391–399.
40. Skaggs R.W. Drainage simulation models / Skaggs R.W. // *Agricultural Drainage*. – ASA, CSSA and SSSA, 1999. Vol. 38. P. 469–500.

41. R. Wayne Skaggs. Application of Drainage Simulation Models / R. Wayne Skaggs and George M. Chescheir // Agricultural Drainage. ASA, CSSA and SSSA, 1999. Vol. 38. – P. 537–564.

42. Chandra A. Madramootoo. Planning and Design of Drainage Systems. / Chandra A. Madramootoo // Agricultural Drainage. – ASA, CSSA and SSSA, 1999. – Vol. 38. – P. 871–892.

**ВІДГУК**  
керівника кваліфікаційної роботи

здобувача рівня вищої освіти «другий (магістерський)» Уаллал Махді  
(П.І.Б.)

Кваліфікаційна робота на тему: «Аналіз систем поверхневого водовідведення  
автомобільних доріг України»

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

графічного матеріалу і пояснювальну записку з 93 сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) \_\_\_\_\_  
Слід визначити, що тема магістерської роботи є актуальною тому що міцність і стійкість земляного полотна і дорожнього одягу автомобільної дороги в значній мірі залежать від вологості ґрунтів, які складають земляне полотно. Існує два джерела зволоження ґрунтів в земляному полотні: за рахунок поверхневого стоку і капілярного підняття ґрунтових вод. Крім того, дія поверхневих вод може призвести до таких руйнувань земляного полотна, як розмивання узбіччя, зсув і розмивання укосів. Тому для нормального функціонування автомобільної дороги необхідне влаштування системи водовідводу, що складається зі спеціальних споруд і заходів, призначених для перехоплення, відведення і перепуску поверхневої води. Слід відмітити, що заходи з водовідведення впливають на стан безпеки дорожнього руху і рівновагу навколишнього середовища.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багатоваріантності) \_\_\_\_\_  
Наведений в роботі метод розрахунку дозволяє проектувати поздовжню дренажну систему мілкого закладення в робочій зоні земляного полотна залежно від глибини фільтраційного потоку у розрахунковий період з урахуванням кліматичних особливостей регіону та параметрів поперечного перерізу конструкції.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр» \_\_\_\_\_  
відповідає прийнятним вимогам

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



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

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі кваліфікаційна робота магістра виконана за допомогою сучасних комп'ютерних технологій та сучасних нормативних документів

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

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи дотримано

9. Наукова цінність роботи, практична значимість

Наукова цінність роботи одержаних результатів полягає в наступному: проаналізовані та узагальнені існуючі системи поверхневого водовідведення автомобільних доріг України; проаналізована нормативна база та приведені результати досліджень з розробки систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг; проведений аналіз закономірностей зміни температури і вологості шарів основи дорожнього одягу і робочої зони земляного полотна з часом та процес фільтрації у піщаних дренажних шарах дорожньої конструкції; виконаний розрахунок параметрів піщаного дренажного шару дренажної системи мілкового закладення автомобільної дороги із застосуванням існуючих методів.

Практичне значення одержаних результатів. Наведений в роботі метод розрахунку дозволяє проектувати поздовжню дренажну систему мілкового закладення в робочій зоні земляного полотна залежно від глибини фільтраційного потоку у розрахунковий період з урахуванням кліматичних особливостей регіону та параметрів поперечного перерізу конструкції.

10. У кваліфікаційній роботі магістра можна відмітити такі недоліки: у роботі є деякі стилістичні помилки.

Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана на відповідальному рівні

і при відповідному захисті заслуговує на оцінку:

кількість балів 93 національною Верхня СКТС A

Керівник К.Т.Н., доцент  
(посада, науковий ступінь)

[Підпис]  
(підпис)

Банах А.В.  
(ПІБ)

## Рецензія

здобувача рівня вищої освіти «другий (магістерський)»

Уаллал Махді  
(ПІБ.)

Кваліфікаційна робота на тему: «Аналіз систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг України»

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

містить 32 листа графічного матеріалу і пояснювальну записку з 93 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Слід визначити, що тема магістерської роботи є актуальною тому що міцність і стійкість земляного полотна і дорожнього одягу автомобільної дороги в значній мірі залежать від вологості ґрунтів, які складають земляне полотно. Тому для нормального функціонування автомобільної дороги необхідне влаштування системи водовідводу, що складається зі спеціальних споруд і заходів, призначених для перехоплення, відведення і перепуску поверхневої води. Слід відмітити, що заходи з водовідведення впливають на стан безпеки дорожнього руху і рівновагу навколишнього середовища.

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

У магістерській роботі наведений метод розрахунку дозволяє проектувати поздовжню дренажну систему мілкового закладення в робочій зоні земляного полотна залежно від глибини фільтраційного потоку у розрахунковий період з урахуванням кліматичних особливостей регіону та параметрів поперечного перерізу конструкції.

Наукова цінність роботи одержаних результатів полягає в наступному: проаналізовані та узагальнені існуючі системи поверхневого водовідведення автомобільних доріг України; проаналізована нормативна база та приведені результати досліджень з розробки систем поверхневого водовідведення автомобільних доріг; проведений аналіз закономірностей зміни температури і вологості шарів основи дорожнього одягу і робочої зони земляного полотна з часом та процес фільтрації у піщаних дренажних шарах дорожньої конструкції; виконаний розрахунок параметрів піщаного дренажного шару дренажної системи мілкового закладення автомобільної дороги із застосуванням існуючих методів.

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

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

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

Практичне значення одержаних результатів. Наведений в роботі метод розрахунку дозволяє проектувати поздовжню дренажну систему мілкового закладення в робочій зоні земляного полотна залежно від глибини фільтраційного потоку у розрахунковий період з урахуванням кліматичних особливостей регіону та параметрів поперечного перерізу конструкції.

Наведений в роботі метод розрахунку дозволяє проектувати поздовжню дренажну систему мілкового закладення в робочій зоні земляного полотна залежно від глибини фільтраційного потоку у розрахунковий період з урахуванням кліматичних особливостей регіону та параметрів поперечного перерізу конструкції.

5. Недоліки кваліфікаційної роботи магістра в роботі відсутній підбір внутрішнього діаметру дренажної труби \_\_\_\_\_

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

кількість балів 90

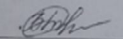
за національною шкалою відмінно

за шкалою СКТС A

Рецензент ст. викладач кафедри міського будівництва і господарства

Запорізького національного університету

(посада, місце роботи)

  
(підпис)

Світлична В.Б.  
(П.І.Б.)