

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ М-07 КИЇВ –  
КОВЕЛЬ – ЯГОДИН НА ДІЛЯНЦІ ВІД КМ 30+600 – КМ 33+100 У  
КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

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

освітня програма Будівництво та цивільна інженерія  
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи БДН-42  
**БІЦІВ Володимир Ярославович**

(підпис)

Керівник:  
к.т.н.,  
Процюк Віталій Олексійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«  »                      2024 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:  
Андрійчук Олександр Валентинович

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну  
Кафедра будівництва та цивільної інженерії  
Ступінь вищої освіти бакалавр  
Галузь знань 19 Архітектура та будівництво  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія (автомобільні дороги та аеродроми)  
Освітня програма Будівництво та цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри будівництва та  
цивільної інженерії

О. УЖЕГОВА

"\_\_" \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

БІЦІВУ Володимиру Ярославовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра Проект реконструкції автомобільної дороги  
М-07 Київ – Ковель – Ягодин на ділянці від км 30+600 – км 33+100 у Київській області

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Віталій ПРОЦЮК, к.т.н., доцент  
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від " 29 " грудня 2023 року № 430/-01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 1 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра матеріали інженерних вишукувань по  
об'єкту; кліматичні умови регіону; дані по будівельно-матеріальних ресурсах регіону;  
характеристики транспортних потоків; план місцевості з даними по землеволодінню,  
комунікаціях; ґрунтово-геологічні характеристики; гідрологічні дані по місцевості.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Розділ 1. Планувальні рішення: зробити описову характеристику району будівництва, ділянки  
проектування; природних умов, навести техніко-економічні показники.

Розділ 2. Конструктивні рішення: розробити план траси, поздовжній профіль, конструкції  
земляного полотна та дорожнього одягу; провести розрахунок класу наслідків  
(відповідальності), запропонувати заходи доступності об'єкта будівництва для маломобільних  
груп населення.

Розділ 3. Технологія будівництва: Розробити технологію виконання земляних робіт,  
вкладання основи з піску, щебеню методом заклинювання, асфальтобетонної суміші.

Розділ 4. Організація будівництва: Визначити тривалість будівництва.

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

1. План дороги на ділянці від км 30+600 до км 33+100.

2. Поздовжній профіль від ПК 306+00 до км 33+100.

3. Поперечні профілі земляного полотна.

4. Конструкції дорожнього.

5. Схема розташування технічних засобів організації дорожнього руху від км 30+600 до км 33+100.

6. Схема розташування елементів труби отв. 1.50 м на ПК 326+30.

7. Будгенплан

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Ім'я, прізвище, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Планувальні рішення	Віталій ПРОЦЮК доцент		
2. Конструктивні рішення	Віталій ПРОЦЮК доцент		
3. Технологія будівництва	Іван ЯСЮК доцент		
4. Організація будівництва	Олександр ШИМЧУК доцент		

7. Дата видачі завдання " 29 " грудня 2023 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Перша контрольна перевірка. Планувальні рішення	03.05.2024	
2	Друга контрольна перевірка. Конструктивні рішення. Технологія будівництва	13.05.2024	
3	Третя контрольна перевірка. Організація будівництва. Завершення випускної кваліфікаційної роботи	27.05.2024	
4	Подання виконаної випускної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	01.06.2024	
5	Подання виконаної випускної кваліфікаційної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію	07.06.2024	
6	Подання виконаної випускної кваліфікаційної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	07.06.2024	
7	Захист випускної кваліфікаційної роботи	Графік роботи екзаменаційної комісії № 27: 21 червня 2024 р.	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Володимир БІЦІВ

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

Керівник дипломного проекту

\_\_\_\_\_ (підпис)

Віталій ПРОЦЮК

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

Гарант освітньої програми

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олександр АНДРІЙЧУК

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

БІЦІВ В.Я. «Проект реконструкції автомобільної дороги М-07 Київ – Ковель – Ягодин на ділянці від км 30+600 – км 33+100 у Київській області». (на матеріалах інженерних вишукувань по об'єкту; кліматичних умовах регіону, даних по будівельно-матеріальних ресурсах регіону; характеристиках транспортних потоків, плану місцевості з даними по землеволодінню, комунікаціях; ґрунтово-геологічних характеристиках; гідрологічних даних по місцевості). Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, чотирьох розділів, літератури, додатків.

У роботі досліджено кліматологічні особливості району будівництва, існуючий стан автомобільної дороги РМ-07 Київ – Ковель – Ягодин на ділянці від км 30+600 – км 33+100 та запропоновано виконання реконструкції автомобільної дороги М-07 Київ – Ковель – Ягодин на ділянці від км 30+600 – км 33+100 з конкретним земляним полотном та дорожнім одягом.

Ключові слова: автомобільна дорога, ґрунт, земляне полотно, дорожній одяг, покриття.

## ANNOTATION

BITSIV V.Ya. «Reconstruction project of highway M-07 Kyiv – Kovel – Yagodin on the section from km 30+600 to km 33+100 in the Kyiv region». (on the materials of engineering surveys on the object; climatic conditions of the region, data on construction and material resources region, characteristics of traffic flows, area plan with data on land tenure, communications, soil and geological characteristics, hydrological data on the area). Manuscript.

Qualification work of the bachelor of OP «Construction and Civil Engineering» specialty 192 Construction and Civil Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The bachelor's thesis consists of an introduction, four sections, conclusions, a list of sources used, applications.

In the work, the climatological features of the construction area, the existing condition of highway M-07 Kyiv – Kovel – Yagodin on the section from km 30+600 to km 33+100, and the reconstruction of highway M-07 Kyiv – Kovel – Yagodin on the section from km 30+600 to km 33+100 with a concrete ground surface and road surface were proposed.

Key words: highway, street, soil, subgrade, pavement.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>Розділ 1. ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ</b> .....	10
1.1. Характеристика району будівництва .....	10
1.1.1. Природні умови.....	10
1.1.1.1. Клімат.....	10
1.1.1.2. Рельєф.....	11
1.1.2. Геологічна будова та гідрогеологічні умови .....	11
1.1.3. Фізико-механічні властивості ґрунтів .....	13
1.2. Дорожньо-будівельні матеріали.....	14
1.3. Техніко-економічне обґрунтування необхідності реконструкції дороги.....	15
1.4. Транспортно-економічна характеристика району будівництва .....	18
1.5. Народногосподарська ефективність реконструкції автомобільної дороги.....	19
1.6. Основні техніко-економічні нормативи проектування.....	19
1.7. План траси.....	20
1.7.1. Коротка характеристика існуючої дороги.....	20
1.7.2. План дороги.....	20
1.7.3. Смуга відводу.....	20
1.8. Земляне полотно.....	21
1.9. Поздовжній профіль.....	21
1.10 Поперечні профілі конструкції земляного полотна .....	21
1.11. Об'єми земляних мас .....	22
<b>Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ</b> .....	24
2.1. Конструювання і розрахунок дорожнього одягу .....	24
2.1.1. Вихідні дані .....	24
2.1.2. Розрахунок конструкції дорожнього одягу на міцність .....	27
2.2. Штучні споруди .....	30
2.2.1. Гідравлічний розрахунок труб .....	31
2.2.2. Конструктивний розрахунок залізобетонного кільця труби .....	32
2.3. Перетин і примикання автомобільних доріг .....	37

2.4. Дорожні знаки і дорожня розмітка .....	38
2.5 Безпека дорожнього руху.....	38
<b>Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА .....</b>	<b>40</b>
3.1. Визначення обсягів робіт .....	40
3.2. Підготовчі роботи .....	44
3.3. Технологія влаштування штучної споруди .....	45
3.4. Технологія влаштування земляного полотна .....	46
3.5. Технологія влаштування дорожнього одягу .....	49
3.6. Обстановка дороги .....	56
<b>Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА .....</b>	<b>57</b>
4.1. Розрахунок тривалості будівництва .....	58
4.2. Розрахунок тимчасових споруд .....	58
4.3. Розрахунок потреб в електроенергії будівельного майданчика .....	59
4.4. Розрахунок водопостачання будівельного майданчика .....	60
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>61</b>
<b>ДОДАТОК А. Попікетна відомість земляних робіт .....</b>	<b>63</b>
<b>ДОДАТОК Б. Розрахунок дорожнього одягу .....</b>	<b>65</b>

## ВСТУП

Транспортний комплекс є однією з найважливіших галузей економіки і забезпечує виробничі та невиробничі потреби населення у всіх видах транспорту. За умовами пересування розрізняють наземний (залізничний, автомобільний, трубопровідний); водний (річковий, морський) і повітряний транспорт.

В рамках єдиної транспортної мережі велика перевага з точки зору кількості перевезених вантажів належить автомобільному транспорту, і його розвиток неможливо без наявності упорядкованих автомагістралей.

Розвиток автомобільного транспорту визначається розширенням сфери його застосування. З міського внутрішнього транспорту, обслуговування залізничних станцій, портів для доставки та експорту товарів автомобільний транспорт перетворюється в міжміський транспорт на середні і далекі відстані, що вимагає використання легкових автомобілів і великогабаритних автопоїздів, що обумовлено адаптацією до руху автотранспортних засобів. Через недостатню якість автомагістралі і недостатнє фінансування міських і регіональних дорожньо-експлуатаційних служб, передчасного і недостатньо якісного ремонту автомагістралей, як наслідок, знижується технічна швидкість руху транспортного засобу, витрата палива, мастильних матеріалів, знос шин, а також різко зростає вартість технічного обслуговування і ремонту транспортного засобу .

Крім того, низька якість доріг значно скорочує термін служби автомобілів і збільшує кількість дорожньо-транспортних пригод.

Збільшення парку транспортних засобів, збільшення вантажопідйомності і швидкості руху транспортних засобів сприяють зниженню витрат і часу, що витрачається на перевезення вантажів і пасажирів.

Крім того, збільшується відстань, з якої здійснюються автомобільні перевезення, що дозволяє перекласти частину вантажу із залізничного та водного транспорту на автомобілі. Прискорити транспортування та зменшити витрати, зменшивши витрати на проміжні вантажно-розвантажувальні операції,

зберігання товарів на складах та станціях, полегшивши упаковку вантажів та значно зменшивши загальний час, витрачений на транспортування товарів та пасажирів.

Переваги перевезення вантажів автомобільним транспортом призводять до збільшення інтенсивності руху на магістралі і вимагають прийняття деяких додаткових організаційних заходів. Для водіїв і пасажирів, які тривалий час знаходяться в дорозі, необхідно організувати відпочинок і харчування.

Для цього на дорогах будуються готелі та кемпінги з буфетами.

Розвиток автомобільної промисловості, яка випускає велику кількість легкових автомобілів, що використовуються приватними особами, призводить до збільшення числа туристичних поїздок в період відпусток. Щоб інформувати водія про дорогу, встановлюються кілометрові знаки, покажчики з назвою населених пунктів, до яких веде магістраль, назви річок і т. д.

При проектуванні магістралі необхідно враховувати склад транспортного потоку, вживати заходів щодо підвищення безпеки і поліпшення умов дорожнього руху.

## РОЗДІЛ 1

### ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

#### 1. Характеристика району будівництва

##### 1.1.1. Природні умови

##### 1.1.1.1. Клімат

Відповідно до метеорологічних і кліматичних факторів, гідрологічних умов ґрунту і зволоження, проєктована ділянка магістралі знаходиться в межах кліматичної зони У-І [1].

«Клімат району помірно-континентальний. Річна кількість опадів складає 500 – 600 мм, з яких близько 450 мм – рідкі і змішані

Сніговий покрив лежить на протязі 80-100 днів. Середня висота снігового покриву 25 см, максимальна – 50 см.

Кількість днів в році: з ожеледицею – 15, з туманами – 62, хуртовиною – 20, грозою – 25, поземкою – 5, градом - 2.

Середня річна температура повітря  $7,0^{\circ}\text{C}$ , мінімальна –  $37^{\circ}$ , максимальна +  $38^{\circ}\text{C}$ .

Глибина сезонного промерзання ґрунтів 0,80м, максимальна – 1,35м.

Тривалість періоду з середньодобовою температурою повітря меншою або рівною  $0^{\circ}\text{C}$  складає 124 дні.

Дати переходу температури повітря весною через:

$0^{\circ}\text{C}$  – 10.III-21.III;  $5^{\circ}\text{C}$  – 5.IV-10.IV;  $10^{\circ}\text{C}$  – 25.IV-28.IV;

Дати переходу температури повітря восени через:

$0^{\circ}\text{C}$  – 24.XI-14.XI;  $5^{\circ}\text{C}$  – 28.X-24.X;  $10^{\circ}\text{C}$  – 2.X-3.X.

Домінуючий напрямок вітру – західний, північно-західний. Середня швидкість вітру в січні 5,3 м/сек, в липні – 4,3 м/сек» [1].

### 1.1.1.2. Рельєф

В геоморфологічному відношенні ділянка автомобільної дороги Київ – Ковель – Ягодин км 30+600 – км 33+100 розташована в межах Поліської низовини.

Рівнини складаються в основному з відкладень льодовикового походження Дніпровського льодовика, що залягають на бурих і червонувато-коричневих глинах.

Товщина лісових порід залягає на коричневих або червонувато-коричневих суглинках і глинах. Потужність четвертинних відкладень коливається дуже нерівномірно, від 10 до 40 м, а в деяких випадках навіть більше.

Поверхня ділянки проходження автомобільної дороги – рівнинна (висота на північний схід -170-202 м, на південь захід - 60-100 м), пологий спуск до річки Дніпро. На сході рівнини злегка хвилясті, розчленовані глибокими річковими долинами, ущелинами і каньйонами-каньйончиками.

### 1.1.2. Геологічна будова та гідрогеологічні умови

На ділянці км 30+600 – км 33+100 автомобільна дорога запроектована під II категорію, за технічною класифікацією, поширення існуючого земляного полотна роботою передбачено двобічне.

Існуючий насип складається з супіска піщанистого та суглинка легкого піщанистого (ІГЕ-1, ІГЕ-2, ІГЕ-3, ІГЕ-4, ІГЕ-5), .

Існуюче покриття на ділянках км 30+600 – км 31+850, км 32+550 – км 33+100 нежосткого типу, виконане із асфальтобетону. Спостерігаються тріщини (поздовжні та поперечні), вибоїни, колійність, руйнування кромки покриття. Узбіччя укріплене сумішшю щебеню з відсівом.

На інших ділянках траси покриття знаходиться в задовільному стані. Місцями видно невеликі тріщини і вибоїни. Узбіччя укріплене сумішшю щебеню з відсівом.

У конструкції існуючих дорожніх покриттів розрізняють наступні структурні шари:

- асфальтобетон дрібнозернистий або середньозернистий, загальною товщиною до 18 см;
- щебінь з пропіткою бітумом, товщиною від 6 см до 8 см.
- щебінь з гранвідсівом, загальною товщиною від 10 см до 21 см;
- ґрунт ущільнений, товщиною від 18 см до 25 см.

На ділянці автомобільної дороги км 32+850 – км 33+100, проектується нове будівництво у виїмці глибиною до 1,23 м. Підстилаючі ґрунти являють собою четвертинні еолові відкладення, які являють собою легкі пілуваті суглинки, тверді (ІГЕ-5), важкі пілуваті суглинки, тверді, напівтверді (ІГЕ -2) і вогнетривкі (ІГЕ-2А); легкі пілуваті глини, тверді, напівтверді (ІГЕ -3) і тугоплавкі (ІГЕ-3а); легкий пілуватий суглинок, лесовидний, твердий (ІГЕ -15) суглинок.

На ділянках улоговин км 32+630 передбачено влаштування водопропускної труби. Проектування фундаментів водоперепускних труб рекомендується виконувати на природній основі, якою мають слугувати: суглинки легкі та важкі пілуваті та тугопластичні (ІГЕ-5а, ІГЕ-2а).

Ґрунтові води були зустрінуті на ділянках улоговин на глибині 1,3-3,7 м. Живлення ґрунтових вод відбувається за рахунок фільтрації атмосферних опадів (дощу). Можливі сезонні коливання рівня ґрунтових вод на 0,7-1,4 м.

За рельєфом поверхні місцевості, характером зволоження, інженерно-геологічними умовами, та ступенем стікання води, ділянка дороги відноситься до 2 типу, ділянка біля труби відноситься до 3 типу.

### **Рекомендації**

1. Зведення нового насипу земляного полотна з ґрунтів, що були видобуті способом гідромеханізації, виконується з поливанням водою.
2. На ділянці км 326+30 передбачено влаштування водоперепускної залізобетонної труби на природній основі.

3. Ґрунти виїмок – супіски піщанисті та суглинки легкі піщанисті нездимальні, використовуються для відсипання насипу земляного полотна з обмеженнями за умовами здимання при промерзанні.

### 1.1.3. Фізико-механічні властивості ґрунтів

В ході польового визначення геологічних умов, а також проведення польових інженерно-геологічних робіт, виконання лабораторних випробувань ґрунтів та проведення камеральної обробки отриманих матеріалів виділено наступні інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

а) «фізико – механічні характеристики ґрунтів за ГБН В.2.3-37641918-559:2019» [2]. для розрахунку конструкції дорожнього одягу.

Таблиця 1.1. – Деформаційні і міцнісні характеристики ґрунтів

Найменування ґрунту	Модуль пружності E, МПа			Питоме зчеплення C, МПа			Кут внутрішнього тертя, φ град.		
	Тип місцевості			Тип місцевості			Тип місцевості		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Пісок середній	120	120	120	0,004	0,004	0,004	35	35	35
Пісок дрібний	100	100	100	0,003	0,003	0,003	31	31	31
Пісок пилюватий	76	70	69	0,016	0,015	0,014	37	36	36
Супісок легкий	88	82	81	0,012	0,012	0,012	28	27	26
Суглинок легкий	53	47	42	0,014	0,013	0,012	19	19	18

б) фізико-механічні характеристики ґрунтів насипу ґрунтового полотна за ІП 2.02.01-83 та БНІП 2.05.03-84 для розрахунку основ штучних споруд (водоперепускних труб)

Таблиця 1.2. – Фізико-механічні характеристики ґрунтів насипу земляного

ПОЛОТНА

Номер ПЕ	Найменування ґрунту	Показник текучості	Щільність ґрунту	Щільність сухого ґрунту	Коефіцієнт пористості	Модуль деформації Е, МПа	Питоме зчеплення С, МПа	Кут внутрішнього тертя, φ град.	Умовний опір, МПа	Коефіцієнт ущільнення насипу	Оптимальна вологість	Природна вологість
1	Насипний пісок середній, щільний, маловологий	-	1,83	1,74	0,52	36	0,008	36	0,20	0,98	0,080	0,054
2	Насипний пісок дрібний, щільний, маловологий	-	1,95	1,79	0,48	45	0,006	38	0,25	0,99	0,090	0,089
3	Насипний пісок пилюватий, щільний, маловологий	-	2,00	1,85	0,44	39	0,008	36	0,23	1,00	0,110	0,081
4	Пісок пилюватий, середньої щільності, маловологий	-	1,81	1,66	0,60	23	0,005	32	0,20	-	-	-
5	Пісок пилюватий, середньої щільності, вологий	-	1,89	1,65	0,61	22	0,005	32	0,15	-	-	-
6	Пісок пилюватий, середньої щільності, насичений водою	-	1,93	1,59	0,68	11	0,002	27	0,10	-	-	-
7	Супісок твердий	<0	1,97	1,76	0,53	27	0,018	30	0,33	-	-	-
8	Супісок пластичний	0,50	2,09	1,82	0,48	30	0,018	27	0,10	-	-	-
9	Суглинки тверді	<0	1,88	1,77	0,53	29	0,041	26	0,36	-	-	-
10	Суглинки тугопластичні	0,43	1,97	1,64	0,65	19	0,027	21	0,11	-	-	-
11	Суглинки м'якопластичні	0,53	2,03	1,69	0,60	21	0,028	20	0,08	-	-	-
12	Крейда м'якопластична	0,66	2,05	1,74	0,56	22	0,028	19	0,05	-	-	-
13	Крейда плиннопластична	0,78	2,06	1,75	0,55	21	0,026	18	0,04	-	-	-
14	Супісок легкий з домішкою органічних речовин, пластичний	0,26	1,74	1,41	0,90	6	0,009	18	0,13	-	-	-
15	Слабозаторфований ґрунт	-	1,64	1,12	1,14	Не нормується			-	-	-	

## 1.2. Дорожньо-будівельні матеріали

Фізико-механічні властивості дорожньо-будівельних матеріалів та їх місце знаходження наведені таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Фізико-механічні властивості дорожньо-будівельних матеріалів

Назва матеріалу	Модуль пружності, $E_y$ , МПа	Кут внутрішнього тертя, $\varphi$ , град.	Коефіцієнт зчеплення, $C$ , Мпа	Місце-знаходження матеріалу
1	2	3	4	5
Пісок - крупний	130	35	0,004	місцевий
- середньої крупності	120	32	0,004	місцевий
- дрібний	100	31	0,003	місцевий
Грунти:				місцевий
- супісок піщанистий	80-100	27-29	0,011-0,0014	місцевий
- супісок пилуватий	80-100	27-29	0,011-0,014	місцевий
- суглинок легкий піщаний	52-77	19-23	0,014-0,024	місцевий
- суглинок легкий пилуватий	52-77	20-24	0,015-0,03	місцевий
Щебінь 1-3 класу міцності	250-450	-	-	Житомирська обл.
Бітум - різні марки	-	-	-	Київ
Цемент - різні марки	-	-	-	Київ

### 1.3. Техніко-економічне обґрунтування необхідності реконструкції дороги

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 24 червня 2006 року № 865 «Про класифікацію автомобільних доріг загального користування та переліку автомобільних доріг України загального користування державного значення автомобільна дорога Київ – Ковель – Ягодин (на Люблін) відноситься до міжнародних автомобільних доріг державного значення, М-07» [3].

Дорога є важливою магістраллю в системі дорожньої мережі східноєвропейських країн, з'єднує великі промислові та адміністративні центри, перетинає дороги державного та місцевого значення, проходить по територіях Київської, Житомирської, Лівенської та Волинської областей.

Ця дорога включена в маршрут E373 основних автомобільних доріг міжнародної мережі, відповідно до Європейської угоди про міжнародні автомобільні дороги, що проходять по території України, і міжнародним транспортним коридором №9 – він є частиною Балтійсько–Чорноморського (Гданськ - порт Чорного моря) і забезпечує транспортний зв'язок в напрямку північ–південь між Балтійським і Чорним морями на найкоротшій відстані.

Ділянка дороги Київ – Ковель – Ягодин (на Люблін), від км 30+600 до км 33+100 – розташована в межах Києво-Святошинського району Київської області.

Існуючі розв'язки і перехрестя шосе виконані на одному рівні і не обладнані перехідними смугами швидкісного руху, а також напрямними острівцями.

Вищевказану ділянку дороги було побудовано в 70-х роках минулого століття за параметрами III технічної категорії і до сих пір жодного разу не піддавалася капітальному ремонту.

У зв'язку з цим вже зараз виникає необхідність в реконструкції цієї ділянки дороги.

Існуючі параметри і технічний стан дороги не відповідають вимогам дорожнього руху. В результаті, ефективність автомобільного транспорту значно знижується. Згідно виконаному обліку руху та аналізу виконаних раніше проектів існуюча середньорічна інтенсивність руху на ділянці складає 4,397 тис.авт/добу, що відповідає 6,956 тис. авт/добу приведених до легкового автомобіля.

Розрахунок інтенсивності руху вантажних перевезень проводився на основі розрахованого вантажопотоку і транспортно-експлуатаційних показників з урахуванням аналізу інтенсивності руху на магістралі.

Перспективний склад транспортних засобів була прийнята відповідно до марки автомобіля, яка була визначена з урахуванням інтенсивності руху.

Розрахунок легкових автомобілів здійснюється з урахуванням мобільності населення і зростання парку легкових автомобілів, а також перспектив розвитку автомобільної промисловості. Кількість автобусів встановлюється відповідно до існуючих та запланованих автобусних маршрутів.

На 20-річну перспективу, інтенсивність руху очікується в межах 9,85 тис. авт./добу, що відповідає 13,246 тис. авт./добу, що приведені до легкового автомобіля.

Згідно з вимогами «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги» [4] ділянку дороги необхідно реконструювати за параметрами II категорії.

Розрахунок мінімально необхідного коефіцієнта модуля пружності нежорсткого дорожнього покриття здійснюється відповідно до будівельних норм України «ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Дорожній одяг нежорсткий. Проектування» [2]. Строк експлуатації дорожнього одягу капітального типу між капітальними ремонтами або між введенням дороги в експлуатацію і до першого капітального ремонту для автомобільної дороги II категорії становить 12 років. Розрахунок необхідного мінімального модуля пружності проводиться на період 2044 року. Для визначення загального модуля пружності необхідно враховувати коефіцієнт міцності дорожнього покриття.

Щоб визначити мінімальний необхідний модуль пружності дорожнього покриття, приймається коефіцієнт смуги рівним 1.

Для забезпечення економічних розрахунків склад дорожніх транспортних засобів наведено на рік проектування, на рік першого капітального ремонту і на перспективу в 20 років з моменту введення в експлуатацію дороги.

#### 1.4. Транспортно-економічна характеристика району будівництва

На завантаженість проекрованої ділянки дороги впливають магістралі загального користування і багато доріг місцевого значення, розташовані в районах тужавіння.

Існуючий та майбутній транспортний потік на шосе залежить від економічної ситуації та розвитку всієї держави, особливо від економіки регіону, через який проходить шосе. У зв'язку з цим економіка Київської області робить істотний вплив на завантаження ділянок доріг.

**Київська область** являється політичним центром України. В області розвинені машинобудування, металургійна, хімічні, нафтопереробна, харчова та легка промисловість. Київська область являється центром освіти і науки України.

У зоні привабливості проекрованої ділянки магістралі знаходяться дороги міжнародного значення: Київ – Чоп (М - 06), національного та регіонального значення відсутні, регіональні: Київ – Іванків – Овруч (Р-02), Київ – Фастів – Біла Церква – Тараща – Звинигородка (Р-04), місцевого значення (територіальні дороги): Ворзель – Забуччя – до а/д М-06 (Т-10-01), Демидів – Гостомель (Т-10-02), Гостомель – Берестянка – Мирча – до а/д М-07 (Т-10-11), Фенечі – Бородянка – Макарів – Бишів (Т-10-19), та ряд доріг районного та сільського значення.

Залізничні станції, що знаходяться поруч – станція Київ, Ірпінь, та ст. Ворзель.

Основними напрямками сільського господарства є рослинництво, вирощування зернових культур (кукурудзи, пшениці), тенсай, Джугаймо, ама, а також вирощування високоякісного м'яса і сиру на фермах.

## 1.5. Народногосподарська ефективність реконструкції автомобільної дороги

В результаті реконструкції автодороги Київ-Ковель-Ягодин (до Любліна) з км 30+600 по км 33+100 будуть поліпшені транспортні та експлуатаційні характеристики транспортних засобів в зоні тяжіння, знижені вартість транспортування і час перебування вантажів в дорозі, а також поліпшена транспортна безпека, покращаться екологічні умови і підвищиться безпека дорожнього руху.

## 1.6. Основні техніко-економічні нормативи проектування

Технічні нормативи згідно «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги» [4] та приведені в таблиці (див. дані).

Таблиця 1.4. – Таблиця техніко-економічних показників дороги

№ п/п	Назва показника	Величина
1	Розрахункова середньодобова інтенсивність руху автомобілів	9850 авт/добу
2	Категорія дороги	II
3	Розрахункова швидкість руху	90 км/год
4	Число смуг руху	2
5	Ширина смуги руху, м	3,75
6	Ширина проїзної частини, м	7,50
	узбіччя, м	3,75
	земляного полотна, м	15,0
	укріплювальна смуга узбіччя, м	2,50
7	Найменша віддаль видимості	
	- для зупинки автомобіля, м	250
	- зустрічного автомобіля, м	450
8	Найбільший поздовжній ухил, ‰	40
9	Найменший радіус кривих в плані, м	800
10	Найменший радіус кривих в профілі	
	випуклих, м	15000
	ввігнутих, м	5000

## 1.7. Траса дороги

### 1.7.1. Коротка характеристика існуючої дороги

Початок траси дороги ПК 306+00 прийнято на експлуатаційному кілометрі 30+600. Кінець траси прийнято на ПК 331+00, що відповідає експлуатаційному кілометру 33+100.

Довжина ділянки – 2,500 км.

Вісь проектної дороги проходить по вісь існуючого дороги.

По трасі прийнято два кута повороту з радіусами 370 м та 555 м.

### 1.7.2. План дороги

Початок проектної ділянки реконструкції дороги ПК 306+00 відповідає км 30+600 автодороги Київ – Ковель – Ягодин, кінець – ПК 331+00 – км 33+100 вказаної дороги. Довжина ділянки складає 2,50 км.

Траса дороги прокладена в заному напрямку з поїним використанням траси існуючої дороги.

Закріплення траси в натурі виконано по існуючій осі автомобільної дороги.

Основні техніко-економічні показники плану траси:

- загальна довжина - 2,50 км;
- ширина проїзної частини - 7,50 м;
- ширина земляного полотна - 15,00 м;
- кількість кутів повороту - 2 шт;
- радіуси закруглення - 370 м та 555 м;

Всі параметри дороги в плані відповідають вимогам «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги» [4], які встановлюються для доріг II категорії.

### 1.7.3. Смуга відводу

Ділянка дороги від км 30+600 до км 33+100 ліворуч і праворуч прокладена в межах земель Києво-Святошинського району. Ширина смуги відводу

становить 40,00 м, що достатньо щоб розмістити елементи земляного полотна запроєктованої дороги.

#### 1.8. Земляне полотно

Присипні узбіччя відсипаються ґрунтом з кар'єру. Кар'єр розташований в с. Гавриловка на відстані 24 км від 27 км автодороги М-07. Ґрунти виїмок та в кар'єрі – суглинки легкі пілуваті тверді та напівтверді.

Перед досипкою присипних узбіч при насипах висотою до 2,0 м, укоси існуючої дороги потрібно розпушити, а при більшій висоті – влаштувати уступи.

#### 1.9. Поздовжній профіль

Дорожнє полотно спроектовано відповідно до вимог чинного нормативного документа з урахуванням профілю існуючої дороги. Це дозволяє використовувати наявний дорожній одяг.

Розрахункова швидкість на польових ділянках – 90 км/год. В населених пунктах – 60 км/год, як для магістральної дороги безперервного руху.

Основні технічні показники поздовжнього профілю:

Максимальний поздовжній ухил на проектній ділянці становить 35 ‰, що не перевищує норми, що передбачені вимогами ДБН В 2.3-4:2015.

Мінімальні радіуси запроєктованих вертикальних кривих становлять:

- випуклих – 15100 м;

- увігнутих – 24800 м.

Радіуси вертикальних кривих не перевищують норм, що припустимі вимогам ДБН В 2.3-4:2015.

Під час проектування проектної лінії поздовжнього профілю керівна відмітка прийнята 0,12 м.

### 1.10. Поперечні профілі конструкції земляного полотна

В результаті проектування поздовжнього профілю по трасі було прийнято 3 типи поперечних профілів земляного полотна:

Тип 1 – це насип висотою земляного полотна до 3,0 м з укосами 1:4, влаштовується на ділянці від ПК 306+00 до ПК 323+50;

Тип 2 – виїмка глибиною до 1,0 м з укосами земляного полотна: внутрішні – 1:4, зовнішніми – 1:10, на узбіччі влаштовані пішохідні доріжки шириною 2,25м, влаштовується на ділянці від ПК 329+85 до ПК 331+00;

Тип 3 – перебудова існуючого дорожнього одягу, зрізка земляного полотна на глибину до 1,23 м. Ширина земляного полотна становить 20,5 м, влаштовується на ділянці від ПК 323+50 до ПК 329+85;

Якщо висота насипу перевищує 3 м, крутизна укосу насипу становитиме 1:1,5, по краю дороги буде встановлено металеве бар'єрне огородження.

Узбіччя шириною 2,50 м будуть виконані з асфальтобетонного покриття в залежності від типу основного проїзду.

Поздовжній водовідвід забезпечується водостоками, що укріплені в залежності від кількості та швидкості води.

### 1.11. Об'єми земляних мас

Розробка ґрунту забезпечується екскаваторами з ковшами ємністю 0,65 м<sup>3</sup>, транспортування самоскидами на відстань 31,00–33,00 км.

Для підвищення стійкості дорожнього полотна, що проектується на ухилах існуючого насипу, передбачено розпушення існуючого покриття площею 11018м<sup>2</sup>. Обсяг земляних робіт розрахований відповідно до програми Credo (див.додаток А).

Укріплення укосів насипу, виїмки і розділювальної смуги проектом передбачено засівом трав по родючому ґрунту товщиною 15 см. Площа укріплення – 27455 м<sup>2</sup>.

## РОЗДІЛ 2

### КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

#### 2.1. Конструювання і розрахунок дорожнього одягу

##### 2.1.1. Вихідні дані

Для вибору і розподілу оптимальної конструкції дорожнього покриття проводиться техніко-економічне порівняння варіантів, розроблених з урахуванням геологічного дослідження стану існуючого дорожнього покриття, при додержанні вимог «ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги» [4], ГБН В.2.3-37641918-559:2019 «Дорожній одяг нежорсткий. Проектування» [2].

У той же час, тип дорожнього покриття, як правило, визначається виходячи з вимог до транспорту, в залежності від категорії доріг і очікуваної інтенсивності руху в майбутньому.

При проектуванні дорожніх покриттів враховувалися фізико-механічні властивості матеріалу з урахуванням доступності місцевих дорожньо-будівельних матеріалів, кліматичних і ґрунтово-геологічних умов, а також технологічності і раціональності будівництва в ході наступних операцій.

Тому, виходячи із терміну служби нежорсткого покриття, за допомогою інженерних розрахунків визначаються міцність і стійкість до навантажень, які можуть викликати горизонтальні і вертикальні переміщення, що викликають залишкову деформацію.

Інженерні розрахунки нежорстких покриттів були виконані з урахуванням необхідного модуля пружності, згідно з техніко-економічними розрахунками у відповідності до ГБН В.2.3-37641918-559:2019 «Дорожній одяг нежорсткий. Проектування» [2].

Запроектована ділянка дороги, яка проходить в Київській області, відноситься до II категорії і має асфальтобетонне покриття.

Оцінка стану існуючого дорожнього покриття визначається візуально на етапі вишукувальних робіт, проводяться інструментальні вимірювання

шорсткості, однорідності, а також визначається модуль пружності конструкції існуючого дорожнього покриття відповідно до вимог СОУ 45.2-00018112-042: 2009 [5].

За даними візуального та інструментального огляду, стан дорожнього покриття було визначено як дуже нерівний.

Найбільш характерними варіантами покриття є вибоїни, сітка тріщин, поперечні тріщини і т. д.

Застосовуючи технологію холодної переробки, необхідно відновити працездатність підстави до проведення лабораторних випробувань в центрі на з'єднаних шарах і встановлених ділянках.

Таблиця 2.1. – Інтенсивність руху транспортних засобів

Розрахунковий рік	Інтенсивність руху, авт/добу					Загальна інтенсивність руху, авт/добу	Інтенсивність руху, приведена до легкового автомобіля, авт/добу
	Вантажні			автобуси	легкові		
	легкі	середні	важкі				
2024	214	172	514	370	4477	5747	8534
2035	460	340	960	640	6781	7181	11379
2044	600	430	1220	760	7990	9850	13517

Таблиця 2.2. – Склад автопарку

Марка автомобіля	Вантажо- підйомність т	Загальна маса, т	Інтенсивність руху в обох напрямках, авт./д.		
			2024	2035	2044
1	2	3	4	5	6
<b>Легкі (&lt; 2,5т)</b>			<b>214</b>	<b>460</b>	<b>600</b>
УАЗ 3303	1	2,6	50	106	138
ГАЗ 2705 "Газель"	1,4	3,5	78	170	222
Фольксваген Т-4	1,9	4,5	18	36	48
1	2	3	4	5	6
Форд Транзит	2,1	4,0	34	74	96
Мерседес 407-Д	2,3	4,6	34	74	96
<b>Середні(2,5-5,0 т)</b>			<b>172</b>	<b>340</b>	<b>430</b>
ГАЗ 52-07	2,5	5,3	18	34	42
Мерседес 508-Д	2,6	5,2	20	40	52
Форд Транзит	3,0	5,8	8	14	18
Івеко Турбо 49-10	3,5	6,5	14	28	34
ГАЗ 53-07	4	7,4	78	156	198
ЗІЛ 5301(бичок)	4	7	24	48	60
Мерседес 809 Д	4,4	7,5	10	20	26
<b>Важкі(&gt;5 т)</b>			<b>100</b>	<b>198</b>	<b>250</b>
ЗІЛ 431610	6	11	14	28	34
ДАФ ФА 1000ЦБ 325	6,8	10	4	6	8
Мерседес	6,2	10,5	10	22	28
Івеко Магірус	8,8	13,5	12	24	30
МАЗ 53362	8,3	16,4	40	78	100
КамАЗ 53212	11	19	20	40	50
<b>Автопоїзди з причепами</b>			<b>84</b>	<b>162</b>	<b>200</b>
ЗІЛ 130-76	11,5	18,6	8	14	16
КамАЗ 5320	16	26,8	36	72	90
МАЗ 5549	16,8	27,4	22	42	52
Мерседес Бенц Атего 2528	27,5	40	18	34	42

Продовження таблиці 2.2.

<b>Автомобілі – тягачі з напівпричепом</b>			<b>330</b>	<b>600</b>	<b>770</b>
МАЗ 54323 з н/п МАЗ 9397	20,9	34	20	38	46
КамАЗ 54112 з н/п МАЗ 9397	22,7	33	24	44	54
Рено 385 19 Т	23,7	38	50	96	116
Вольво Ф 12	28,5	41	40	76	92
Мерседес Бенц 2235	24,9	38,6	52	102	124
Івеко 19 – 36 РТ	27,7	41	66	124	154
1	2	3	4	5	6
МАЗ 642208 з н/п МАЗ 93866	27,5	44,6	78	120	184
<b>Усього вантажних</b>			<b>900</b>	<b>1760</b>	<b>2250</b>
<b>Автобуси</b>	<b>Місткість людей</b>				
Фіат	9		64	108	124
Газель	13		84	148	178
Форд Транзит	15		102	170	208
Івеко 3512	20		76	144	168
ЛАЗ 699 Р	41		30	44	52
Ікарус 256	44		14	26	30
<b>Всього автобусів</b>			<b>370</b>	<b>640</b>	<b>760</b>
			<b>4477</b>	<b>6781</b>	<b>7990</b>
<b>Разом</b>			<b>5747</b>	<b>9181</b>	<b>11000</b>

### 2.1.2. Розрахунок конструкції дорожнього одягу на міцність

Виходячи з високої інтенсивності руху і складу автомобільного парку, вибрано покриття капітального типу.

Виходячи з доступності місцевих матеріалів, були розроблені 2 варіанти конструкцій дорожнього покриття: 1 варіант жорсткого покриття – цементобетонне покриття і 2 варіант нежорсткого покриття - асфальтобетонне покриття.

Розрахунок дорожнього одягу нежорсткого типу в проекті було виконано згідно рекомендацій ГБН В.2.3-37641918-559:2019 «Дорожній одяг нежорсткий. Проектування».

Ми розподіляємо автомобілі по марках і приводимо їх до розрахункової групи "А". Загальна кількість транспортних засобів, яку ми розраховували, становить 937 одиниць на день.

В проекті передбачено дві типи дорожніх одягів під проїзною частиною: перший тип – новий нежорсткий дорожній одяг капітального типу; другий тип – посилення існуючого дорожнього одягу.

Потрібний модуль пружності визначаємо.

$$E_{mp} = 260 \text{ МПа} \geq E_{номр} = 230 \text{ МПа}$$

$$\text{Коефіцієнт надійності } K_n = 0.95$$

$$\text{Коефіцієнт міцності } K_{np} = 1.0$$

#### Тип перший – новий дорожній одяг

Розрахункові характеристики матеріалів.

Характеристики матеріалів приведені в таблиці 2.3.

Розрахунок дорожнього одягу за трьома критеріями виконаний в автоматизованій програмі Радон. Результати розрахунку наведені у додатку.

#### Тип другий – посилення існуючого дорожнього одягу

За виміряними пружними прогинами були обчислені фактичні модулі пружності на поверхні конструкції дорожнього одягу. Середнє значення становить  $E_{факт}=200$  МПа. За проектом передбачено вирівнювання існуючої конструкції середньою товщиною 8 см.

Характеристики матеріалів приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.3. – Деформаційні характеристики матеріалів для розрахунку дорожнього одягу

Матеріал шару і ґрунт	Розрахунок на		
	Пружний прогин	Зсув	Розтяг при згині
1	2	3	4
Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-15), товщ. 0,05 см	$E_1 = 3200$ МПа	$E_1 = 1800$ МПа	$E_1 = 4500$ МПа $R = 2.8$ МПа
Гарячий крупнозернистий щільний асфальтобетон типу Б I марки), товщ. 0,07 см	$E_2 = 3200$ МПа	$E_2 = 1800$ МПа	$E_2 = 4500$ МПа
Гарячий крупнозернистий пористий асфальтобетон I марки), товщ. 0,08 см	$E_3 = 2000$ МПа	$E_3 = 1200$ МПа	$E_3 = 2800$ МПа
Гравійно-піщана суміш оптимального складу оброблена 6% цементом М40	$E_4 = 600$ МПа	$E_4 = 600$ МПа	$E_4 = 600$ МПа
Фракційний гранітний щебінь влаштований методом заклинки	$E_5 = 400$ МПа	$E_5 = 400$ МПа	$E_5 = 400$ МПа
Пісок	$E_6 = 120$ МПа	$E_6 = 120$ МПа	$E_6 = 120$ МПа

Таблиця 2.4. – Деформаційні характеристики матеріалів для розрахунку дорожнього одягу

Матеріал шару і ґрунт	Розрахунок на		
	Пружний прогин	Зсув	Розтяг при згині
Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-15), товщ. 0,05 см	$E_1 = 3200$ МПа	$E_1 = 1800$ МПа	$E_1 = 4500$ МПа $R = 2.8$ МПа
Гарячий крупнозернистий щільний асфальтобетон типу Б I марки, товщ. 0,07 см	$E_2 = 3200$ МПа	$E_2 = 1800$ МПа	$E_2 = 4500$ МПа
Гарячий крупнозернистий пористий асфальтобетон I марки, товщ. 0,08 см	$E_3 = 2000$ МПа	$E_3 = 1200$ МПа	$E_3 = 2800$ МПа
Існуючий дорожній одяг	$E_6 = 200$ МПа	$E_6 = 200$ МПа	$E_6 = 200$ МПа

Розрахунок дорожнього одягу за трьома критеріями виконаний в автоматизованій програмі Радон. Результати розрахунку наведені у додатку Б.

### **Укріплення узбіччя**

Проектом передбачено укріплення узбіччя щебенево-мастиковим асфальтобетоном шириною 1,75 м та засівом травною 1,25 м по родючому ґрунту товщиною 0,15 м. Покриття укріплених смуг узбіччя шириною 1,75 м прийнято наступної конструкції:

#### Тип 5

- Фракційний гранітний щебінь влаштований методом заклинки товщиною 0,20 м;
  - Гарячий крупнозернистий щільний асфальтобетон типу Б І марки, товщиною 0,07 см;
  - Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-15), товщиною 0,05 см.
- «Ухил укріпленого узбіччя 25‰, засівом травною 50‰».

Конструкція дорожнього одягу запроектована у відповідності з ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Дорожній одяг нежорсткий. Проектування» [3].

## **2.2. Штучні споруди**

Перепуск паводкових і зливових вод під існуючою дорогою передбачено залізобетонною трубою діаметром 1,50 м – 1 шт., на ПК 326+30. Стан існуючої труби незадовільний. За період експлуатації споруди відбулося руйнування кілець труби і замулювання. Проектом передбачено заміну існуючої труби на нову загальною довжиною 30,36 м.

Перш ніж приступити до розширення існуючої труби, проектом передбачено розбирання першої і кінцевої частин труби. Будівництво труби передбачено із залізобетонних кілець, діаметром 1,50 м та довжиною 1,00 м.

Русло водотоку біля вхідних і вихідних оголовків та біля укосів укріплюються монолітним бетоном.

Конструктивні рішення для подовження труб прийняті згідно типових проектів серії 3.501.1-144 «Труби водопропускні круглі залізобетонні збірні для залізниць та автомобільних доріг» [6]. 3.501,1-156 «Зміцнення русел і укосів насипів біля водопропускних труб» [7].

### 2.2.1. Гідравлічний розрахунок труб

Гідравлічний розрахунок труби на ПК 326+30

Вихідні дані.

1. «Зливовий район для Київської області – 2.
2. Імовірність перевищення паводка, для труб II технічної категорії  $ВП=1\%$ .
3. Інтенсивність дощу часової тривалості  $a_4 = 1,41$ .
4. Площа водозбору  $F=0,30$  км<sup>2</sup>.
5. Довжина головного лога  $h_l=2,0$ км.
6. Середній ухил лога  $i_l=5$  ‰.
7. Коефіцієнт переходу від інтенсивності зливи часової тривалості до інтенсивності дощу розрахункової тривалості  $K_m=1,33$  (т.3,3).
8. Коефіцієнт втрати стоку  $\alpha=0,25$ .
9. Коефіцієнт редукції  $\varphi=0,76$ .
10. Максимальний зливовий розхід  $Q_{зл}=16,7*a_4*K_m*F*\alpha*\varphi = 16,7*1,41*1,33*0,3*0,25*0,76=1,80$  м<sup>3</sup>/с.
11. Загальний об'єм стоку зливових вод
 
$$W = 60000 \times \frac{a_4 \cdot F \cdot \alpha \cdot \varphi}{\sqrt{K_t}} = 60000 \times \frac{1.41 \times 0.3 \times 0.25 \times 0.76}{\sqrt{1.33}} = 4181 \text{ м}^3$$
- Коефіцієнт пружності половоддя і показник ступеня  $K_o=0,02$ ;  $n=0,25$ .
12. Середній багаторічний шар стоку  $h=40*0,9=36$ мм.
13. Коефіцієнт варіації  $C_v=0,6*1,25=0,75$ .
15. Коефіцієнт асиметрії  $C_s=2C_v=2*0,75=1,5$ .
16. Модульний коефіцієнт  $K_p=3,9$ .
17. Розрахунковий шар сумарного стоку  $h_p=h*K_p=36*3,9=140,4$ мм.

18. Коефіцієнт заозерності  $\delta_1=1$ ;  $\delta_2=1$ .

19. Максимальний перехід талих вод

$$Q_T \frac{K_0 \cdot h_p \cdot F}{(F+1)^n} \cdot \delta; \delta_2 = \frac{0.02 \cdot 140.4 \cdot 0.3}{(0.3+1)^{0.25}} = 0.79 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Підбір отвору труби.

За розрахунковий приймаємо  $Q_p=Q_{зл}=1,80 \text{ м}^3/\text{с}$ . Таку витрату може пропустити труба із кілець  $\varnothing 1,50\text{м}$  безнапірного режиму з глибиною  $H=1,23\text{м}$ , швидкістю на виході з труби  $V=2,6 \text{ м/с}$ .

Визначаємо мінімальну відмітку бровки насипу.

$$H_{min}=h_{mp} + \delta + \Delta + \beta,$$

$\Delta = 0,79 \text{ м}$  – товщина дорожнього одягу,

$h_{mp} = 1,50 \text{ м}$  – діаметр труби,

$\delta = 0,10 \text{ м}$  – товщина ланки.

$\beta=0,8 \text{ м}$  – товщина засипки згідно ДБН В 2.3-14.2006 (табл. 1.3)»[ ДБН В 2.3-14.2006]

$$H_{min}=1,50+0,10+0,79+0,8=3,19\text{м}.$$

Визначаємо довжину труби: висота насипу над трубою  $2,02 \text{ м}$  по поздовжньому профілю

$$L = \left( \frac{0,5B + m(H_{нас} - h_{тр})}{1 + m_{итр}} + \frac{0,5B + m(H_{нас} - h_{тр})}{1 - m_{итр}} + \Pi \right) \times \frac{1}{\sin \alpha}.$$

$$L = \left[ \frac{0,5 \cdot 18,75 + 1,5 \cdot (3,19 - 1)}{1 + 0,005 \cdot 1,5} + \frac{0,5 \cdot 18,75 + 1,5 \cdot (3,19 - 1)}{1 - 0,005 \cdot 1,5} + 0,35 \right] \times \frac{1}{\sin 90^\circ} = 30,3\text{м}.$$

Приймаємо довжину труби  $30,36 \text{ м}$ .

### 2.2.2 Конструктивний розрахунок залізобетонного кільця труби

Залізобетонне кільце розраховується по групі з двох критичних станів для впливу постійних і тимчасових навантажень. Стандартне вертикальне навантаження від власної ваги визначається розрахунком.

Нормативний тиск на трубу від власної ваги насипу визначаємо за формулами:

$$P_v = C_v \gamma_n h, \quad (2.1)$$

горизонтальний тиск ґрунту:  $P_n = \gamma_n h_x \tau_n,$

$h_x = 1,38$  – висота засипки, заміряна від середини труби, м;  $h = 0,78$  – товщина засипки, м;  $\gamma_n = 18$  - нормативна об'ємна вага ґрунту засипки, кН/м<sup>3</sup>;  $C_v$ - коефіцієнт вертикального тиску;  $\tau_n$ - коефіцієнт нормативного бокового тиску ґрунту засипки, визначають за формулою:

$$\tau_n = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_n}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) = 0,33; \quad (2.2)$$

$\varphi_n = 30^\circ$  - кут внутрішнього тертя

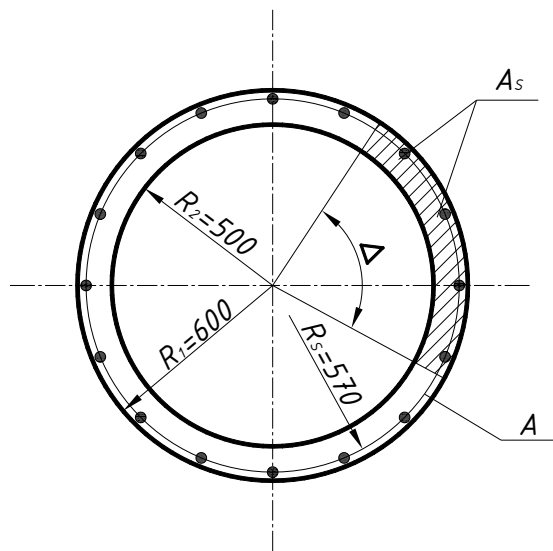


Рисунок 2.1 Розрахункова схема кільцевого перерізу труби

Коефіцієнт вертикального тиску від ґрунту для залізобетонних круглих секцій труб  $C_v$  визначаємо за формулою:

$$C_v = 1 + B \left(2 - B \frac{d}{h}\right) \tau_n \operatorname{tg} \varphi_n = 1 + 0,65 \left(2 - 0,65 \frac{1,20}{0,78}\right) \times 0,33 \operatorname{tg} 30^\circ = 1,17; \quad (2.3)$$

$$B = \frac{3}{\tau_n \operatorname{tg} \varphi_n} \times \frac{sa}{h} = \frac{3}{0,33 \operatorname{tg} 30^\circ} \times \frac{0,62 \times 1,0}{0,78} = 12,52 \quad (2.4)$$

$s = 1,0$  – коефіцієнт основи під трубу (щебенева);  $d$  – діаметр труби по зовнішньому контуру;

Якщо  $B > \frac{h}{d}$ ,  $12,52 > 0,78/1,20 = 0,65$ ; то  $B = \frac{h}{d} = 0,65$

Розрахові постійне навантаження на трубу визначається як норма, помножена на коефіцієнт надійності для даного навантаження  $\gamma_f = 1,1$  для власної ваги конструкції, та  $\gamma_f = 1,3$  – для тиску ґрунту від ваги насипу.

$$P_{vk} = C_v \gamma_n h = 1.17 \times 18 \times 0.78 = 16.43 \text{ кН/м}^2; \quad (2.5)$$

$$P_n = \gamma_n h_x \tau_n = 18 \times 1.38 \times 0.33 = 8.20 \text{ кН/м}^2; \quad (2.6)$$

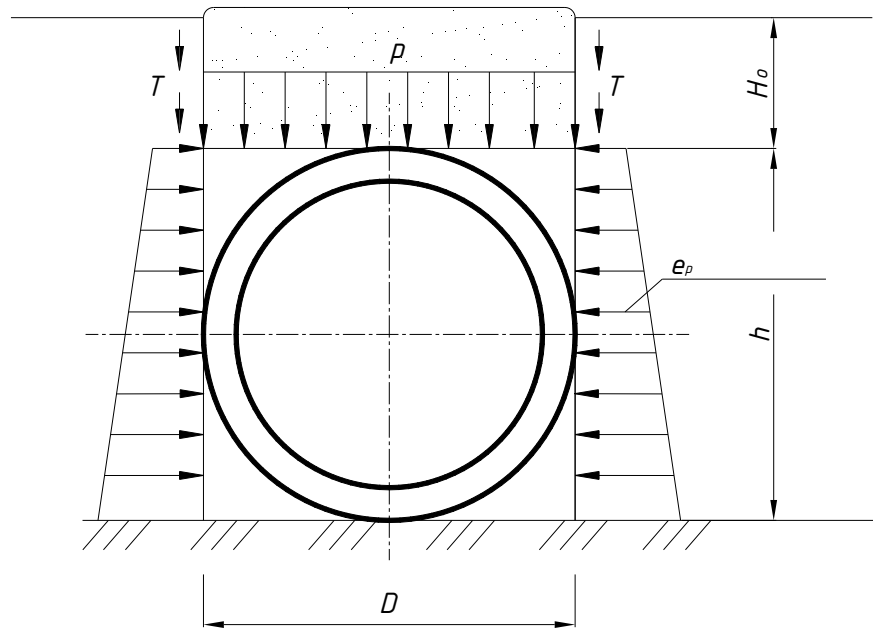


Рисунок 2.2 Вплив сил тертя  $T$  на трубу

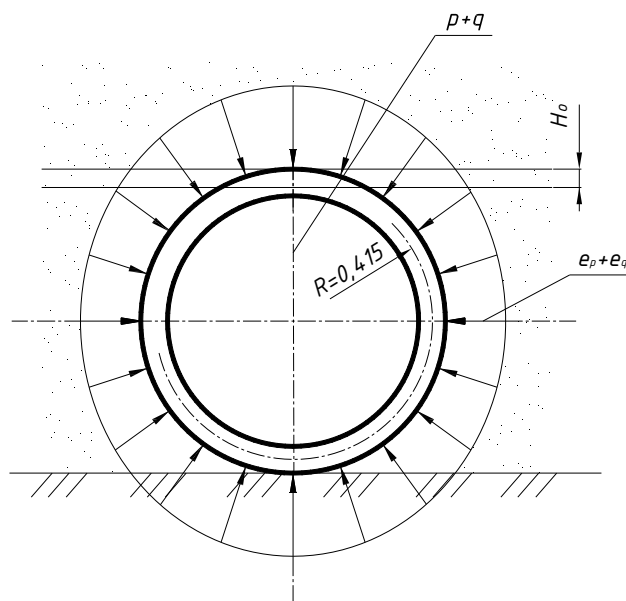


Рисунок 2.3 Епюра тиску ґрунту на трубу

Нормативний тиск ґрунту від транспортного засобу на ділянку труби, що знаходиться в контрольній точці на відповідній проекції зовнішнього контуру труби, визначається з урахуванням розподілу тиску навантаження на ґрунт за формулою:

а) вертикальний тиск від транспортних засобів на автомобільних дорогах:

$$p_{VP} = \frac{\Psi}{a_0 + h}; \quad (2.7)$$

б) горизонтальний тиск:

$$p_h = p_V \tau_n; \quad (2.8)$$

$a^0 = 3 + 1.17 \times \text{tg} 27^\circ = 3,48$  – довжина ділянки розподілу навантаження, м;  $\Psi = 19$  – лінійне навантаження, кН/м;

$$p_{VP} = \frac{\Psi}{a_0 + h} = \frac{19}{3,48 + 0,78} = 4,46 \text{ кН/м}^2; \quad (2.9)$$

$$p_h = p_V \tau_n = 4,46 \times 0,33 = 1,47 \text{ кН/м}^2; \quad (2.10)$$

Розрахунок круглої залізобетонної труби проводиться для обох елементів кільцевого перетину на дію згинальних моментів (без урахування звичайних і бічних зусиль), величина яких визначається за такою формулою::

$$M = r_d^2 p (1 - \mu) \delta; \quad (2.11)$$

де  $\mu$  – динамічний коефіцієнт;  $r_d = 0,55$  м – середній радіус ділянки труби;  $p$  – розрахунковий тиск на ділянку труби під насипами автомобільних доріг:

$$p = 1,3 p_{VP} + 1,2 p_{VK} = 1,3 \times 4,46 + 1,2 \times 16,43 = 25,51 \text{ кН/м}^2; \quad (2.12)$$

$$\mu = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right) = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) = 0,33; \quad (2.13)$$

де  $p_{VP}$  – нормативний вертикальний тиск ґрунту насипу;  $\delta = 0,25$  – коефіцієнт, що залежить від умов обпирання ділянки труби;  $\varphi_n = 30^\circ$  – нормативний кут внутрішнього кута ґрунту засипки;  $p_{VK}$  – номативний вертикальний тиск від тимчасового навантаження.

$$M = r_d^2 p (1 - \mu) \delta = 0,55^2 \times 25,51 \times (1 - 0,33) \times 0,25 = 1,29 \times 10^6 \text{ Нмм}. \quad (2.14)$$

Визначаємо орієнтовну площу арматури в перерізі кільця труби:

$$A_s = 1,1 \frac{M}{R_a(h-z)} = 1,1 \times \frac{1,29 \times 10^6}{225(100-3)} = 401 \text{ мм}^2; \quad (2.15)$$

де  $h$  – висота перерізу, мм;  $R_a = 225$  МПа – розрухнковий опір арматури А-І;  $z$  – плече внутрішньої пари сил, м.

Приймаємо згідно сортаменту 6Ø10 А-І площею поперечного перерізу арматури  $A_s = 471 \text{ мм}^2$ .

Відносна площа стиснутої зони:

$$\alpha = \frac{R_s A_s}{R_b A + 2,7 R_s A_s} = \frac{225 \times 471}{11,5 \times 1380 + 2,7 \times 225 \times 471} = 0,33; \quad (2.16)$$

При  $0,15 < \alpha < 0,6$  має виконуватись умова:

$$M \leq (R_b A r_m + R_s A_s r_s) \frac{\sin \pi \alpha}{\pi} + R_s A_s r_s (1 - 1,7 \alpha) (0,2 + 1,3 \alpha) =$$

$$(11,5 \times 0,35 \times 0,55 + 225 \times 0,0471 \times 0,58) 0,63 + 225 \times 0,0471 \times 0,58 (1 - 1,17 \times 0,35) \times$$

$$x (0,2 + 1,3 \times 0,35) = 10,71 \text{ Нм} = 11,52 \times 10^6 \text{ Нмм}. \quad (2.17)$$

$r_m$  - середнє значення внутрішнього і зовнішнього радіусів перерізу,  
 $r_m = 0,5(r_1 + r_2)$ ;

де  $r_s$  - радіус кола, що проходить через центр ваги всієї арматури площею  $A_s$ ,  $r_s = r_1 - a$  ( $a = 20$  мм – товщина захисного шару арматури);  $A$  – площа поперечного перерізу кільця,  $A = \pi(r_1^2 - r_2^2)$ ;  $M$  – згинальний момент в розрахунковому перерізі.

$M = 9,2 \times 10^6 \text{ Нмм} < M_{np.} = 11,52 \text{ Нмм}$ , умова виконується. Міцність перерізу забезпечена.

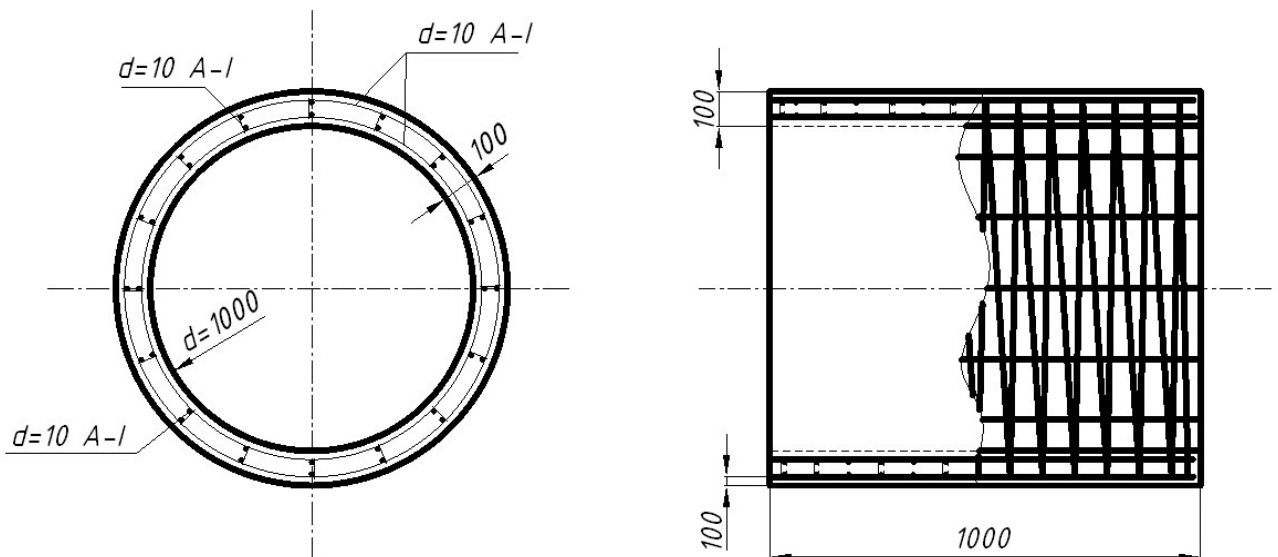


Рисунок 2.4 Армування труб арматурними спіралями

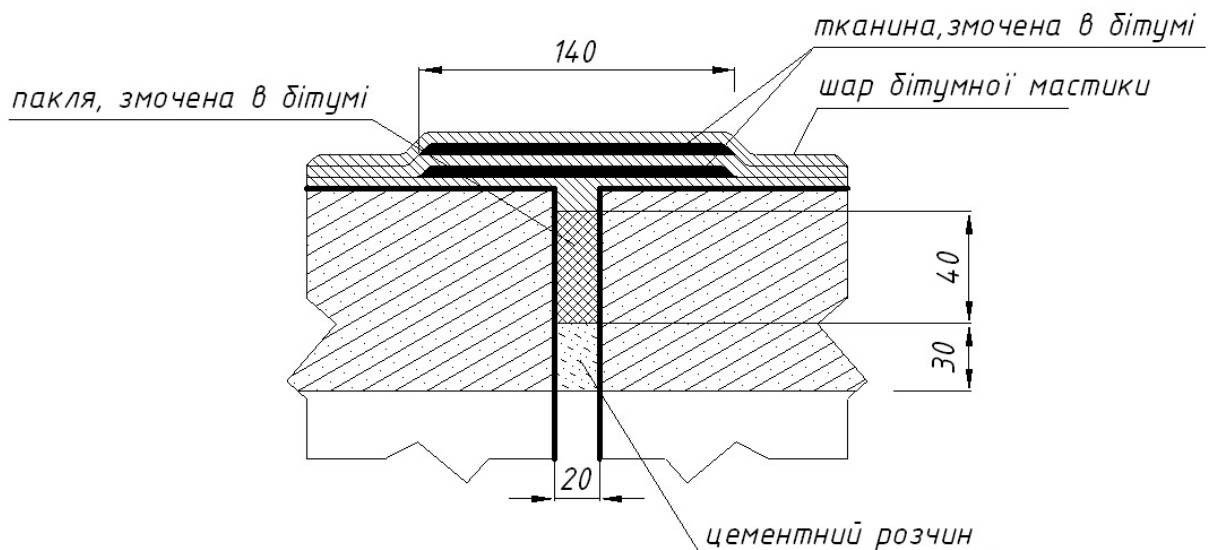


Рисунок 2.5. Влаштування стиків елементів труби

### 2.3. Перетин і примикання автомобільних доріг

На проектній ділянці автомобільної дороги розташовані чотири з'їзди. На 308+94 праворуч з'їзд в с. Забуччя, на ПК 325+41 ліворуч з'їзд в поле, на ПК 328+63 праворуч з'їзд в с. Мироцьке, на ПК 328+75 ліворуч з'їзд в поле.

На перехідно – швидкісних смугах, смугах гальмування та смугах розгону влаштовується покриття за типом основної дороги.

Конструкція дорожнього одягу на з'їздах приведена на аркуші 6.

## 2.4. Дорожні знаки і дорожня розмітка

Роботи з обстановки та облаштування дороги слід виконувати після закінчення робіт з планування і укріплення узбіч і укосів земляного полотна.

Глибина буріння стояків для дорожніх знаків і напрямних стовпів повинна бути на 0,3 м менше проектної.

Дорожні знаки встановлюються відповідно до ДСТУ 4100:2021 «Дорожні знаки. Загальні технічні умови. Правила застосування». Дорожній щиток виготовлений з суцільно металевої пластини зі світлоповертаючою поверхнею. Знаки встановлюються на насипних бермах, за винятком тих, які встановлені на розділових смугах. Всі дорожні знаки кріпляться до металевих опор.

На узбіччі дорожнього полотна встановлено одностороннє металеве бар'єрне огородження з оцинкованої сталі в металевому стояку 11,6-280-1,16(0,8)-2-1,2 з утримуючою здатністю 280 кДж.

Дорожню розмітку слід виконувати відповідно до ДСТУ 2587:2021 «Дорожня розмітка», на очищеній, підмітній та сухій поверхні покриття при відносній вологості не більше 85%.

При розм'якшенні покриття і наявності бруду, жиру, бітуму або мастики на його поверхні не можна робити позначку.

## 2.5. Безпека дорожнього руху

Для покращення безпеки руху проектом передбачено:

- встановлення пішохідного огородження;
- встановлення металевих бар'єрних на ділянках автомобільної дороги з насипом більше 3,0 м;
- забезпечення необхідної видимості поверхні дороги як в плані так і в профілі, а також бокова видимість;
- влаштування бортового каменю на заїзних карманах;

- коефіцієнт зчеплення коліс розрахункового автомобіля з поверхнею покриття передбачено 0,6 – на основній проїзній частині, перехідно – швидкісних смугах і перехрестях;

- передбачено встановлення знаків дорожнього регулювання згідно з ДСТУ 4100:2021 [8] і нанесення дорожньої розмітки згідно з ДСТУ 2587:2021 [9] – горизонтальної і вертикальної.

Передбачено встановити 6 шт індивідуальних знаки і 38 типових, у тому числі:

- попереджувальні - 2 шт.;
- наказові - 7 шт.;
- інформаційно – вказівні - 28 шт.;
- доповнювальної інформації (таблички до дорожніх знаків) - 1 шт.

Щитки знаків виготовляються із декапірованої сталі зі світлоповертальною плівкою.

Стояки знаків – металеві згідно «СОУ 45.2-00018112-011:2006» [10].

Металева бар'єрна огороження по «ДСТУ Б.В.2.3-12-2004» [11] виготовлено з оцинкованого заліза на металевому стрижні, який виконаний з оцинкованого заліза. Огорожа обладнана світловідбиваючими елементами.

Забезпечення безпеки дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт здійснюється відповідно до СОУ 45.2-00018112-006:2006 [12].

РОЗДІЛ 3  
ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1. Визначення обсягів робіт

Таблиця 3.1. – Зведена відомість обсягів робіт

Назва робіт	Од. вимір.	Кількість	Примітки
1	2	3	4
1. Підготовчі роботи			
1.1. Відновлення і закріплення траси	км	3,35	
1.2. Розбирання існуючих споруд і конструкцій			
1.2.1. Демонтаж дорожніх знаків	шт.	39	
1.2.2. Демонтаж існуючих напрямних стовпчиків	шт.	80	
1.2.3. Демонтаж існуючої з/б труби діатр. 1,0 м на ПК 326+50	шт.	1	
1.3. Розбирання існуючого укріплення узбіччя			
1.3.1. Розбирання щебеневого покриття узбіччя механізованим способом	м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	689/6720	
2. Земляне полотно			
2.1. Зведення земляного полотна			
2.1.1. Розроблення ґрунтово-рослинного шару з переміщенням у вали на відстань 20 м	м <sup>3</sup>	4884	
2.1.2. Розроблення ґрунту в зосередженому резерві екскаватором з навантаженням в автотранспорт і вивезенням для заміни ґрунтово-рослинного шару	м <sup>3</sup>	4884	
2.1.3. Транспортування ґрунту на 31 км 32 км	м <sup>3</sup> м <sup>3</sup>	2010 2874	
2.1.4. Ущільнення ґрунту пневмокотками вагою 25 т при товщині ущільнення шару 20 см і 8 проходах по одному сліду	м <sup>3</sup>	4884	
2.1.5. Розпушування укосів існуючого насипу механізованим способом	м <sup>2</sup>	11018	
2.1.6. Зрізання існуючого узбіччя бульдозером з поперечним переміщенням ґрунту на заміну ґрунтово-рослинного шару на відстань 10 м	м <sup>3</sup>	3471	

## Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4
2.1.7. Зрізання існуючого узбіччя бульдозером з поперечним переміщенням ґрунту в насип на відстань 10 м	м <sup>3</sup>	365	
2.1.8. Зрізання земляного полотна існуючої дороги бульдозером з поперечним переміщенням ґрунту на заміну ґрунтово-рослинного шару на відстань 10 м	м <sup>3</sup>	297	
2.1.9. Зрізання земляного полотна існуючої дороги бульдозером з поперечним переміщенням ґрунту в насип на відстань 10 м	м <sup>3</sup>	314	
2.1.10. Улаштування кюветів екскаватором з поперечним переміщенням в насип	м <sup>3</sup>	165	
2.1.11. Розроблення ґрунту в зосередженому резерві екскаватором з навантаженням в автотранспорт і вивезенням для відсіпання земляного полотна	м <sup>3</sup>	59781	
2.1.12. Транспортування на відстань 31 км 32 км 33 км	м <sup>3</sup> м <sup>3</sup> м <sup>3</sup>	18896 20126 20759	
2.1.13. Ущільнення ґрунту пневмокатками масою 25 т	м <sup>3</sup>	59781	
2.2. Планувані роботи			
2.2.1. Планування верху земляного полотна механізованим способом	м <sup>2</sup>	15750	
2.2.2. Планування укосів насипу механізованим способом (нижче присипних узбіч)	м <sup>2</sup>	26800	
2.2.3. Планування укосів кюветів механізованим способом	м <sup>2</sup>	545	
2.2.4. Планування дна кюветів механізованим способом	м <sup>2</sup>	100	
2.3. Укріплювальні роботи			
2.3.1. Насування ґрунту рослинного шару бульдозером на укоси насипу з переміщенням на відстань 10 м	м <sup>3</sup>	2436	
2.3.2. Насування ґрунту рослинного шару бульдозером на укоси кюветів з переміщенням на відстань 10 м	м <sup>3</sup>	82	
2.3.3. Насування ґрунту рослинного шару бульдозером на дно кюветів з переміщенням на відстань 10 м	м <sup>3</sup>	15	

## Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4
2.3.4. Укріплення укосів земляного полотна (нижче присипних узбіч) засівом багаторічних трав вручну	м <sup>2</sup>	26800	
2.3.5. Укріплення укосів кюветів засівом багаторічних трав вручну	м <sup>2</sup>	545	
2.3.6. Укріплення дна кюветів засівом багаторічних трав вручну	м <sup>2</sup>	100	
3. Штучні споруди			
3.1. Будівництво з/б труби діам. 1,50 на ПК326+50	м	30	
4. Дорожній одяг			
4.1. Ділянки нового дорожнього одягу (Тип 1)			
4.1.1. Влаштування піщанистого підстиляючого шару товщиною 25 см	м <sup>2</sup>	33232	
4.1.2. Призма укосу із піску	м <sup>3</sup>	209	
4.1.3. Влаштування нижнього шару основи із фракційного щебеню товщиною 21 см	м <sup>2</sup>	31557	
4.1.4. Призма укосу із щебеню	м <sup>3</sup>	148	
4.1.5. Влаштування верхнього шару основи з ГПС оптимального складу товщиною 12 см	м <sup>2</sup>	31050	
4.1.6. Розлив бітумної емульсії в кількості 0,8л/м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	31050	
4.1.7. Влаштування покриття асфальтобетону для нижнього шару, крупнозернистий, пористий, переривчастої грунулометрії, марки 1, товщиною 8 см	м <sup>2</sup>	31050	
4.1.8. Розлив бітумної емульсії в кількості 0,6л/м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	31050	
4.1.9. Влаштування покриття асфальтобетону, крупнозернистий, щільний, переривчастої грунулометрії, марки 1, товщиною 8 см	м <sup>2</sup>	31050	
4.1.10. Розлив бітумної емульсії в кількості 0,3л/м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	31050	
4.1.11. Влаштування верхнього шару покриття – щебенево-мастиковий асфальтобетон, типу ЩМА-15 товщиною 5 см	м <sup>2</sup>	31050	
4.2. Ділянки посилення і поширення існуючого дорожнього одягу			
4.2.1. Посилення (Тип 2)			
4.2.1.1. Фрезерування існуючого а/б покриття товщиною 5 см фрезою Wirtgen	м <sup>2</sup>	5250	

## Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4
4.2.1.2. Рунування існуючого асфальтобетонного покриття	м <sup>2</sup>	5250	
4.2.1.3. Вирівнюючий шар із гарячого крупнозернистого пористого асфальтобетонну	м <sup>3</sup>	420	
4.2.1.4. Розлив бітумної емульсії в кількості 0,6л/м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	5250	
4.2.1.5. Влаштування покриття асфальтобетону, крупнозернистий, щільний, переривчастої грунулометрії, марки 1, товщиною 8 см	м <sup>2</sup>	5250	
4.2.1.6. Розлив бітумної емульсії в кількості 0,3л/м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	5250	
4.2.1.5. Влаштування верхнього шару покриття – щебенево-мастиковий асфальтобетон, типу ЦМА-15 товщиною 5 см	м <sup>2</sup>	5250	
4.5. Присипні узбіччя			
4.5.1. Розроблення ґрунту в зосередженому резерві екскаватором з навантаженням в автотранспорт	м <sup>3</sup>	5440	
4.5.2. Перевезення ґрунту на відстань 31 км 32 км 33 км	м <sup>3</sup> м <sup>3</sup> м <sup>3</sup>	1795 1890 1755	
4.5.3. Ущільнення ґрунту пневмокотками вагою 25 т при товщині шару 25 см і 10 проходах по одному сліду	м <sup>3</sup>	5440	
4.6. Укріплювальні роботи (на узбіччі)			
4.6.1. Влаштування основи із фракційного щебеню товщиною 21 см	м <sup>2</sup>	11725	
4.6.2. Призма укусу із щебеню	м <sup>3</sup>	148	
4.6.3. Розлив бітумної емульсії в кількості 0,6л/м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	11725	
4.6.4. Влаштування покриття асфальтобетону, крупнозернистий, щільний, переривчастої грунулометрії, марки 1, товщиною 8 см	м <sup>2</sup>	11725	
4.6.5. Розлив бітумної емульсії в кількості 0,3л/м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	11725	
4.6.6. Влаштування верхнього шару покриття – щебенево-мастиковий асфальтобетон, типу ЦМА-15 товщиною 5 см	м <sup>2</sup>	11725	
4.6.7. Насування ґрунтово-рослинного шару товщиною 0,15 м бульдозером на узбіччя з переміщенням на відстань 10 м	м <sup>3</sup>	1256	

Продовження таблиці 2.1.			
1	2	3	4
4.6.8. Засів трав вручну на узбіччі	м <sup>2</sup>	8375	
5. Будівлі та споруд дорожньої і автотранспортної служби			
5.1. Автобусні зупинки	шт.	2	
5.2. Авобусний павільйон	шт.	2	
5.3. Вбиральня	шт.	2	
6. Пересічення і примикання			
6.1. Перехідно-швидкісні смуги	шт.	8	
6.2. З'їзди	шт.	4	
7. Облаштування та обстановка дороги			
7.1. Стовпчик напрямний пластмасовий	шт.	188	
7.2. Огородження металеве оцинковане	м	3068	
7.3 Встановлення дорожніх знаків	шт.	38	
7.4. Дорожня розмітка	м	11978	

### 3.2. Підготовчі роботи

- Відновлення та закріплення траси (L=3,35 км)

Ці роботи виконує бригада в складі якої:

- геодезист – 1 чол.
- дор. робочі – 2 чол.

Продуктивність такої бригади 1,5 км в зміну.

$$\text{Тривалість } n = \frac{3,35}{1,5} = 3 \text{ дні}$$

- Зняття рослинного ґрунту бульдозером ДЗ-18 на Т-100М (гр. I групи).

$$S=32560 \text{ м}^2 ; V=4884 \text{ м}^3$$

По ЕНіР §Е2-1-5 п.3 на 1000м<sup>2</sup> поверхні Н<sub>ч</sub>=1,18

$$H_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 1000}{1,18} = 6949 \text{ м}^2/\text{зм}$$

Кількість машино-змін:

$$K = \frac{S}{H_{\text{вир.}}} = \frac{32560}{6949} = 4,69 \text{ м/зм.}$$

При роботі 5 днів 1 бульдозера ДЗ-18

$$K_v = \frac{4,69}{5} = 0,94 \text{ (коеф. використання).}$$

• Вирубвання дерев виконує бригада в складі якої:

- лісоруб – 3 чол.
- дорожні робітники – 4 чол.

Склад загону МДЗ-1:

- бульдозер ДЗ-18 – 1 (0,94)
- нівеліровщик – 1 чол.
- лісоруби – 3 чол.
- дорожні робітники – 6 чол.

### 3.3 Технологія влаштування штучної споруди

1. Будівництво з.б. труби виконує загін МДЗ-2.

Склад загону МДЗ-2:

- бульдозер ДЗ-18 – 1шт
- автомобільний кран КС 2561 – 1шт
- електростанція ПЭС-12М – 1шт
- самохідний коток на пневмошинах ДУ-31А – 1шт
- електровібратори – 3шт
- бітумний котел – 1шт
- дорожні робітники – 6 чол.

Таблиця продуктивності праці МДЗ-2

№ пп	Місце положення ПК+	Отвір труби	Довжина труби	Кількість змін на:			Кількість змін			Всього днів
				1м труби тип III	2 оголовка	укріпл. русла у труби	на тіло труби	оголовки	укріплення	
1	326+50	1,25	30,0	0,20	4,11	7,3	6,0	4,11	7,3	18
Всього:										18 дн.

### 3.4. Технологія влаштування земляного полотна

Улаштування дорожнього полотна здійснюється комплексним і механізованим способом, в залежності від прийнятої технології і термінів проведення робіт.

На цій ділянці дороги дорожнє полотно зводиться з ґрунту з кар'єра на відстані 24 км від ПК 2700+00.

Приймаємо 2 загони по розробці ґрунту кар'єра і зведення земляного полотна: лінійні земроботи та зосереджені земроботи

МДЗ-3 - лінійні земроботи  $V=1645 \text{ м}^3$

МДЗ-4 - зосереджені земроботи  $V=59781 \text{ м}^3$

#### Розрахунок МДЗ-3

Для розробки ґрунту (276) I група розробки приймаємо екскаватор ємкістю ковша  $0,5 \text{ м}^3$  Э-5111А,  $V=1645 \text{ м}^3$ .

По Енір §Е2-1-8 п.6в на  $100 \text{ м}^3$  ґрунту I групи  $H_{\text{ч}}=2,23$  екс. ємк. ковша  $1,0 \text{ м}^3$ .

$$H_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{2,23} = 368 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

$$\text{Кіл. машино-змін } K = \frac{1645}{368} = 5 \text{ м/зм.}$$

При роботі основних механізмів 64 дні в 1 зміну необхідно:

$$n = \frac{5}{64} = 0,08$$

Приймаємо 1 екскаватор Э-5111А ємк.ковша  $1,0 \text{ м}^3$  з  $K_{\text{в}}=0,08$

#### Розрахунок допоміжних машин для МДЗ-3

• Розрівнювання ґрунту III групи при відсипці насипу  $V=1645 \text{ м}^3$  бульдозером ДЗ-18.

По Енір §Е2-1-31 п.2б. 4б на  $100 \text{ м}^3$  ґрунту  $H_{\text{ч}}=1,18$

$$H_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{1,18} = 695 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

$$K = \frac{1645}{695} = 3 \text{ м/зм.}$$

При роботі основних механізмів 64 дні в 1 зміну необхідно:

$$n = \frac{3}{64} = 0,05$$

Приймаємо 1 бульдозер ДЗ-18  $K_B = 0,05$ .

- Ущільнення ґрунту пневмокатками ДУ-31А,  $V = 1645 \text{ м}^3$

По Енір §Е2-1-31 п.2б. 4б на  $100 \text{ м}^3$  ґрунту при 8 проходах по 1 сліду при товщ. шару 0,20м.

$$H_q = 0,31 + 0,06 \times 6 = 0,67$$

$$H_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,67} = 1224 \text{ м}^3/\text{зм.}$$

$$K = \frac{1645}{1224} = 2 \text{ м/зм.}$$

При роботі 64 дні в 1 зміну необхідно:

$$n = \frac{2}{64} = 0,03$$

приймаємо 1 пневмокаток ДУ-31А  $K_B = 0,03$ .

#### Розрахунок МДЗ-4

МДЗ-4 – ґрунт з кар'єра транспортується на відсіпку насипу 59781, на ПК 326+50 – зосереджені земляні роботи

Приймаємо екскаватор Э-5111А –  $1,0 \text{ м}^3$

По Енір §Е2-1-8  $H_{\text{вир}} = 368 \text{ м}^3/\text{зм}$  екс. Э5111А.

$$K = \frac{59318}{368} = 162 \text{ м/зм.}$$

При роботі 64 дні в 1 зміну необхідно:

$$n = \frac{162}{64} = 2,53 \text{ приймаємо 3 екс. Э-5111А } K_B = 0,84.$$

#### Розрахунок допоміжних машин для МДЗ-4

• Пошарове розрівнювання ґрунту III групи при відсіпці насипу  $V = 59781 \text{ м}^3$  бульдозером ДЗ –18

По Енір §Е2-1-28 п.2в на  $100 \text{ м}^3$  ґрунта I гр.  $H_4 = 0,99$

$$H_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,99} = 828 \text{ м}^3/\text{зм}$$

$$K = \frac{59781}{828} = 72 \text{ м/зН}$$

При роботі 64 дні в 1 зміну

$$n = \frac{72}{64} = 1,13$$

приймаємо 2 бульдозера ДЗ – 18  $K_b = 0,56$ .

- Ущільнення ґрунту самохідними пневмокатками ДУ-31А  $V = 59781 \text{ м}^3$

По Енір §Е2-1-31 п.2б.4б на  $100 \text{ м}^3$  ґрунту при 8 проходах по 1 сліду і товщині шару 0,20м

$$H_{\text{час}} = 0,31 + 0,06 \times 6 = 0,67$$

$$H_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,67} = 1224 \text{ м}^3/\text{зм}$$

$$K = \frac{59781}{1224} = 49 \text{ м/зН}$$

При роботі 64 дні в 1 зміну

$$n = \frac{49}{64} = 0,77$$

Приймаємо 1 пневмокаток ДУ-31А  $K_b = 0,77$ .

Планувальні роботи виконуються на всю ділянку дороги.

- Планування узбіч автогрейдером ДЗ – 143  $S = 107414 \text{ м}^2$

По Енір §Е2-1-37 п.1в на  $1000 \text{ м}^2$  поверхні ґрунту І групи  $H_4 = 0,2$

$$H_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 1000}{0,2} = 41000 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$K = \frac{107414}{41000} = 2,62 \text{ м/зМ}$$

при роботі 3 дня  $n = \frac{2,62}{3} = 0,87$  приймаємо 1 автогрейдер ДЗ – 143  $K_b = 0,87$

- Укріплення укосів засівом трав механізованим способом  $S = 27445 \text{ м}^2$  (посівний агрегат)

По Енір §Е2-1-44 п.1а на 100м<sup>2</sup> поверхні Н<sub>час</sub>=0,4

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,4} = 2050 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$K = \frac{27445}{2050} = 14 \text{ м/зН}$$

При роботі 7 днів:

$$n = \frac{14}{7} = 2$$

При роботі 7 днів приймаємо 2 агрегати на базі екскаватора ємкість ковша 0,65м<sup>3</sup>

$$K_{\text{в}} = \frac{7}{7} = 1,0$$

Склад загону МДЗ-3 (лінійні зем.роботи) :

- пневмокатор ДУ –31А – 1 шт. (0,03)
- екскаватор Э –5111А (ємкість ковша 1,0м<sup>3</sup>) – 1 шт. (0,08)
- бульдозер ДЗ –18 - 1 шт. (0,05)

Склад загону МДЗ-4 (ПК 326+50 – зосередженні роботи):

- бульдозер ДЗ –18 – 2 шт. (0,56)
- екскаватор Э –5111А (ємкість ковша 1,0м<sup>3</sup>) – 3 шт. (0,84)
- пневмокатор ДУ –31А – 1 шт. (0,77)
- агрегат для посіву трав – 2 шт. (1,0)
- дорожні робітники - 2 чол.

### 3.5. Технологія влаштування дорожнього одягу

- Піщанистий шар – 0,25
- Фракційний гравійний щебінь – 0,21
- Оптимальна гравійно-піщана суміш С-7 – 0,12
- Гарячий крупнозернистий пористий асфальтобетон 8 марки 1 – 0,08

Гарячий крупнозернистий щільний

асфальтобетон тип А марки 1 – 0,08

Щебенево-мастичний асфальтобетон ЩМА-15 – 0,05

Розраховуємо кількість будівельних матеріалів на 1 захватку (100м) а також на всю довжину ділянки (3,35 км).

1. Піщанистий шар основи: на всю трасу  $S=33232\text{м}^2$

на 1 захватку (100м)  $S=992\text{ м}^2$

2. Нижній шар основи: на всю трасу  $S=31557\text{ м}^2$

на 1 захватку (100м)  $S=942\text{ м}^2$

2. Верхній шар основи: на всю трасу  $S=31050\text{ м}^2$

на 1 захватку (100м)  $S=900\text{ м}^2$

3. Покриття: на всю трасу  $S=31050\text{ м}^2$

на 1 захватку (100м)  $S=900\text{ м}^2$

Розраховуємо склад загонів на будівництво кожного конструктивного шару дорожнього одягу на 1 захватку (100м).

1. *Піщанистий шар основи із фракційного щебеню товщ. 25 см ( $S=992\text{м}^2$ )*

- Розбивочні роботи – 2 чол.

- Підвезення шлакового щебеню автомобілями-самоскидами КамАЗ-5511 з розвантаженням.

- Розподілення шлакового щебеню товщиною 25 см п'ятьма паралельними проходами розподільника автогрейдера ДЗ-98 –  $992\text{ м}^2$

$$H_{\text{вир.}} = \frac{8,2 \times 100}{0,57} = 1440\text{ м}^2/\text{ззм}$$

$$n = (992:1440)=0,39.$$

- Підвезення води і зволоження щебеню двома поливо-мийними машинами КО-802 через сопла при  $L=1\text{ км}$ ,  $v=20\text{ км/год.}$ , (70% від норми розливу  $0,7 \times 32=22,4\text{ м}^3$ )

$$H_{\text{вир.}} = \frac{8,2KQ}{2L/v + tQ} = \frac{8,2 \times 0,85 \times 6}{\frac{2 \times 1}{20} + 0,097 \times 6} = 61,5\text{мл,5н}$$

де 8,2 – тривалість зміни, год;

$K=0,85$  – коефіцієнт внутрішнього використання;

$Q$  – місткість цистерни (для ПМ-130Б  $Q=6,0$  т);

$L$  – відстань перевезення в одну сторону ( $L=1$  км);

$v$  – середня швидкість (по ґрунтовій дорозі 20 км/год);

$t$  – час заповнення і розливу 1 т води через сопла (0,097 год);

$$n = (22,4:61,5)=0,36.$$

• Ущільнення щєбеневої основи з виправленням дефектів вручну, перевірка рівності покриття і поперечного профілю:

двома важкими самохідними котками ДУ-65 при 15 проходах по одному сліду –

$$n = 992:820=1,21;$$

$$K_B = (1,21:2)=0,61$$

2. *Нижній шар основи фракційного гравійного щєбеню товщ. 20 см ( $S=942$  м<sup>2</sup>)*

• Перевезення фракційного щєбеню автомобілями-самоскидами КамАЗ-5511 з розвантаженням;

• Розподілення фракційного щєбеню товщиною товщ. 21см паралельними проходами розподільника бульдозера ДЗ-186 –

$$n = (942:3280)=0,29;$$

• Підвезення води і зволоження щєбеню поливо-мийною машиною КО-802 через сопла при  $L=1$  км,  $v=20$  км/год., (30% від норми розливу  $0,3 \times 32=9,6$  м<sup>3</sup>)

$$H_{\text{вир.}} = 61,5 \text{ м/зм}$$

$$n = (9,6:61,5)=0,16;$$

• Ущільнення фракційного щєбеню важким самохідним котком ДУ-65 при 10 проходах по одному сліду

$$n = 942:2160=0,44;$$

3. *Верхній шар основи з гравійно-піщаної суміші С - 7 товщ. 12см ( $S=900$  м<sup>2</sup>)*

- Підвезення гравійно-піщаної суміші С-7 з розвантаженням;
- Розподілення гравійно-піщаної суміші С-7 товщиною товщ. 12 см паралельними проходами розподільника бульдозера ДЗ-186

$$n = (900:3280)=0,27;$$

- Підвезення води і зволоження щебеню поливо-мийною машиною КО-802 через сопла при L=1 км, v=20 км/год., (30% від норми розливу  $0,3 \times 32=9,6 \text{ м}^3$ )

$$H_{\text{вир.}} = 61,5 \text{ м/зм}$$

$$n = (9,6:61,5)=0,16;$$

- Ущільнення гравійно-піщаної суміші С-7 двома важкими самохідними котками ДУ-65 при 10 проходах по одному сліду

$$n = 900:2160=0,42;$$

4. Нижній шар покриття з гарячого крупнозернистого пористого асфальтобетону марки 1 товщ. 8 см ( $S=900 \text{ м}^2$ )

- Розлив рідкого бітуму по щебеневій основі автогудронатором ДС-53А при L=79 км і v=25 км/год.

$$n = (4,17:3,26)=1,28;$$

- Розподілення асфальтобетону асфальтоукладача VOGELE -2100;  
На  $100 \text{ м}^2$  покриття  $H_{\text{час}}=0,25$

$$H_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,5} = 1640 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{900}{1640} = 0,54$$

- Ущільнення асфальтобетону самохідними котками

На  $100 \text{ м}^2$  покриття для легких котків НАММ HD – 110 при 5 проходах  $H_{\text{час}}=0,24$ .

$$H_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,24} = 3416 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{900}{3416} = 0,26.$$

На  $100 \text{ м}^2$  покриття для важких котків BOMAG BW 16R при 20 проходах  $H_{\text{час}}=0,72$

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,72} = 1139 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{900}{1139} = 0,79$$

5. Шар покриття з гарячого крупнозернистого щільного асфальтобетону марки 1 товщ. 8 см ( $S=900 \text{ м}^2$ )

- Розлив рідкого бітуму по щебеневій основі автогудронатором ДС-53А при  $L=79 \text{ км}$  і  $v=25 \text{ км/год}$ .

$$n = (4,17:3,26) = 1,28;$$

- Розподілення асфальтобетону двома укладачами VOGELE -2100

На  $100 \text{ м}^2$  покриття  $N_{\text{час}}=0,25$

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,25} = 3280 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{900}{3280} = 0,27$$

- Ущільнення асфальтобетону самохідними котками

На  $100 \text{ м}^2$  покриття для легких котків НАММ HD – 110 при 5 проходах  $N_{\text{час}}=0,24$ .

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,24} = 3416 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{900}{3416} = 0,26.$$

На  $100 \text{ м}^2$  покриття для важких котків BOMAG BW 16R при 20 проходах  $N_{\text{час}}=0,72$

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,72} = 1139 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{900}{1139} = 0,79.$$

6. Верхній шар покриття з щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА-15 товщ. 5 см ( $S=900 \text{ м}^2$ )

- Розлив рідкого бітуму по щебеневій основі автогудронатором ДС-53А при  $L=79 \text{ км}$  і  $v=25 \text{ км/год}$ .

$$n = (4,17:3,26)=1,28;$$

- Підвезення асфальтобетонної суміші з розвантаженням в бункер асфальтоукладача ТІТАН 423;

- Розподілення асфальтобетону асфальтоукладачем ТІТАН 423

По Енір §Е17-6 п. 1а на 100м<sup>2</sup> покриття  $N_{\text{час}}=0,25$

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,25} = 3280 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{900}{3280} = 0,27$$

- Ущільнення асфальтобетону самохідними котками

На 100 м<sup>2</sup> покриття для легких котків НАММ HD – 110 при 5 проходах  $N_{\text{час}}=0,24$ .

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,24} = 3416 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{900}{3416} = 0,26.$$

На 100м<sup>2</sup> покриття для важких котків BOMAG BW 16R при 20 проходах  $N_{\text{час}}=0,72$

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{0,72} = 1139 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{900}{1139} = 0,79.$$

Склад МДЗ -5 (піщанистий шар основи):

- Розподілювач автогрейдер ДЗ-98 - 1 (0,39)
- самохідний коток ДУ – 65 - 2 (0,61)
- поливо-мийна машина КО-802 - 2 (0,36)
- дорожні робітники - 2 чол.

Склад МДЗ - 6 (нижній шар основи з фракційного щебеню):

- бульдозер ДЗ-186 - 1 (0,29)
- самохідний коток ДУ – 65 - 1 (0,44)
- поливо-мийна машина КО-802 - 2 (0,16)

- дорожні робітники - 1 чол.

Склад МДЗ - 7 (верхній шар основи з гравійно-піщаної суміші С-7):

- бульдозер ДЗ-186 - 1 (0,27)
- самохідний коток ДУ – 65 - 1 (0,54)
- поливо-мийна машина КО-802 - 2 (0,16)
- дорожні робітники - 1 чол.

Склад МДЗ - 8 (нижній шар покриття з гарячого крупнозернистого пористого асфальтобетону марки 1):

- автогудронатор ДС-53А - 2 (0,64)
- асфальтоукладач VOGELE -2100 - 1 (0,68)
- легкий коток НАММ HD – 110 - 1 (0,52)
- важкий коток BOMAG BW 16R - 1 (0,79)
- дорожні робітники - 8 чол.

Склад МДЗ - 9 (шар покриття з гарячого крупнозернистого щільного асфальтобетону марки 1):

- автогудронатор ДС-53А - 2 (0,64)
- асфальтоукладач VOGELE -2100 - 1 (0,34)
- легкий коток НАММ HD – 110 - 1 (0,26)
- важкий коток BOMAG BW 16R - 1 (0,79)
- дорожні робітники - 8 чол.

Склад МДЗ - 10 (верхній шар покриття з щебенево-мастикового асфальтобетону ЩМА-15):

- автогудронатор ДС-53А - 2 (0,64)
- асфальтоукладач ТІТАН 423 - 1 (0,27)
- легкий коток НАММ HD – 110 - 1 (0,26)
- важкий коток BOMAG BW 16R - 1 (0,79)
- дорожні робітники - 8 чол.

### 3.6. Обстановка дороги

- Встановлення напрямних стовпчиків – 180 шт.

На встановлення 1 стовпчика  $H_4=1,5$

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 1}{1,5} = 5,47 \text{ шт/зМ}$$

$$n = \frac{188}{5,47} = 34 \text{ м/зМ}$$

- Влаштування металевого огородження – 3068 м

На 100м огородження  $H_4=8,8$

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 100}{8,8} = 93 \text{ м/зМ}$$

$$n = \frac{3068}{93} = 33 \text{ м/зМ.}$$

- Встановлення дорожніх знаків.

На 1 дорожній знак  $H_4=0,52$

$$N_{\text{вир}} = \frac{8,2 \times 1}{0,52} = 15,8 \text{ шт/зМ}$$

$$n = \frac{38}{15,8} = 3 \text{ м/зМ}$$

#### Склад МДЗ – 11:

- маркіровочна машина - 1 (0,4)
- дорожні робітники - 4 чол.

## РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

Організація будівництва з реконструкції автомобільної дороги виконується у відповідності з вимогами «ДБН А.3.1-5:2009 Організація будівельного виробництва» [13].

Підрядники з капітального ремонту будуть визначені шляхом проведення тендеру.

Організація руху транзитного транспорту під час будівництва виконується згідно схем А.28 та А.29 СОУ 45.2-00018112-006:2006 «Безпека дорожнього руху. Порядок огороження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт з будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг» [12]. При розробці виїмок та зведенні насипів більше 3-х метрів роботи виконуються поетапно із влаштуванням огороження, тимчасової розмітки та тимчасових знаків.

Роботи необхідно виконувати поточним методом з максимальним використанням машин та механізмів для будівельних робіт.

В підготовчий період виконуються наступні роботи:

- розбирання існуючих споруд;
- розчищення смуги відводу;
- перевлаштування комунікацій;
- фрезерування дорожнього одягу;
- розбивка траси.

Після виконання необхідного обсягу підготовчих робіт укладаються залізобетонні труби. Одночасно проводиться відсіпання дорожнього полотна до проектних розмірів.

#### 4.1. Розрахунок тривалості будівництва

Тривалість будівництва залежить від багатьох причин: способу організації дорожньо-будівельного виробництва, кліматичних умов регіону, механізації дорожньо-будівельних процесів.

Щоб врахувати кліматичні умови району будівництва, ми складаємо дорожній кліматичний графік відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [1].

За графіком визначаємо термін будівництва для всіх видів будівельних робіт.

Середня кількість робочих днів в рік для комплексного потоку

$$T_p = T_{\text{кл}} - (T_{\text{пр}} + T_{\text{рем}} + T_{\text{ор}} + T_{\text{ат}}), \text{ де}$$

$T_{\text{кл}}$  – календарна кількість днів 365 днів

$T_{\text{пр}}$  – святкові та вихідні в рік  $T_{\text{пр}}=92$  днів

$T_{\text{рем}}$  – кількість днів на ремонт  $T_{\text{рем}}=30$  днів

$T_{\text{ор}}$  – кількість днів простою по організаційним причинах  $T_{\text{ор}}=16$  днів

$T_{\text{ат}}$  – простій по кліматичним причинам  $T_{\text{ат}}=34$  дні

$$T_p = 365 - (92 + 30 + 16 + 34) = 193 \text{ дні}$$

Швидкість комплексного потоку

$$V = \frac{\alpha}{T} = \frac{3350}{193} = 17 \text{ м/зм.}$$

#### 4.2. Розрахунок тимчасових споруд

Розраховуємо кількість і площу тимчасових споруд відповідно до нормативів, виходячи з середньооблікової чисельності працівників.

Таблиця 4.3. – Розрахунок площі тимчасових споруд

Найменування приміщення	Норма	Кількість людей	Площа будови м <sup>2</sup>
1. Контора	3м <sup>2</sup> на 1 чол	4	12,0
2. Гардероб і умивальник	0,5м <sup>2</sup> на 1 чол	12	6
3. Душеві 50 % жінки/чоловіки	1м <sup>2</sup> на 1 душ – 15 чол	2/12	1,0/1,0
4. Сушка 40%	0,2м <sup>2</sup> на 1чол	5	1
5. Приміщення для обігрівання 50%	0,1м <sup>2</sup> на 1чол	6	0,6
6. Приміщення для прийому їжі	1м <sup>2</sup> на 1чол	18	18,0
7. Туалет 30% жінки/чоловіки	3м <sup>2</sup> на 1туалет – 15 чол	1 / 4	3,0 / 3,0

#### 4.3. Розрахунок потреб в електроенергії будівельного майданчика.

Загальна потреба в електроенергії визначається за формулою:

$$W = K_n \left( \frac{\alpha_1 W_1}{\cos \varphi} + \alpha_2 W_2 + \alpha_3 W_3 \right), \text{ де:}$$

$W_3$  – номінальна потужність внутрішнього освітлення,

$W_2$  – номінальна потужність зовнішнього освітлення,

$W_1$  – номінальна потужність силових установок,

$K_n$  – коефіцієнт втрати потужності в мережі (1,05÷1,1),

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – коефіцієнт попиту (0,95÷1,0),

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності (0,35÷0,95).

Потужність внутрішнього і зовнішнього освітлення

$W_2=20$  кВт,

$W_3=40$  кВт (на літній період року).

$W_1$  – встановлена потужність усіх силових установок

$W_1=209$  кВт,

$$W=1,1\left(\frac{0,95 \times 209}{0,95} + 1 \times 40 + 1 \times 20\right) = 296 \text{ кВт.}$$

#### 4.4. Розрахунок водопостачання будівельного майданчика

Загальна потреба у воді для будівельного майданчика визначається по формулі:

$$Q = g_n + g_x + g_{c.б}, \text{ де:}$$

$g_x$  – потреба у воді на господарські потреби,

$g_{c.б}$  – потреба у воді на санітарно-побутові потреби,

$g_n$  – потреба у воді на виробничі потреби.

а) на виробничі потреби (заправка машин)

$$g_n = n_m \times K_m = 200 \times 37 = 7400 \text{ л,}$$

$K_m$  – кількість машин – 37 машини,

$n_m$  – норма на 1 машину – 200л.

б) на господарські потреби

$$g_x = r \times \Pi_x \times K_{нв} = 14 \times 20 \times 3 = 840 \text{ л}$$

$K_{нв}$  – коефіцієнт нерівномірності потреби (2÷3),

$\Pi_x$  – розхід на 1 працюючого (20-25л),

$r$  – кількість працюючих – 14 чол.

в) на санітарно-побутові потреби

$$g_{c.б} = r \times \Pi_{c.б} = 14 \times 100 = 1400 \text{ л}$$

$r \times \Pi_{c.б}$  – кількість працюючих – 14 чол.

$\Pi_{c.б}$  – потреба на 1 працюючого – 100 л

$$Q = 7400 + 840 + 1400 = 9640 \text{ л} = 9,64 \text{ тис.л.}$$

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
2. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування. К.: Міністерство інфраструктури України, 2018. – 58с.
3. Постанови Кабінету Міністрів України №865 від 24 червня 2006 року «Про затвердження переліку автомобільних доріг загального користування державного значення»
4. ДБН В.2.3.-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. К.: Мінрегіонбуд України, 2015. – 112 с.
5. СОУ 45.2-00018112-042:2009 Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів. К.: Укравтодор, 2009. – 27 с.
6. ДБН В.2.3.-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 40 с.
8. ДСТУ 4100:2021 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. К.: Мінрегіонбуд України, 2021. – 140 с.
9. ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. К.:Мінрегіонбуд України, 2021. – 102 с.
10. СОУ 45.2-00018112-011:2006 Опори дорожніх знаків. К.: Укравтодор, 2006. – 36 с.
11. ДСТУ Б В.2.3-28:2011 Огороджування дорожні металеві бар'єрного типу. Технічні умови. К.:Мінрегіонбуд України, 2012. – 35 с.
12. СОУ 45.2-00018112-006:2006 Безпека дорожнього руху. Порядок огороження та організації дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт з будівництва, реконструкції, темонту та утримання автомобільних доріг. К.: Укравтодор, 2006. – 25 с.

13. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 46 с.

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1. – Попікетна відомість земляних робіт

ПК	+	Відстань, м	Робоча відмітка, м		Сума відміток, м		Профільний об'єм, м <sup>3</sup>		Об'єм з коефіцієнтом ущільнення К=1.1 та втрат при транспортуванні К=1,01	
			Насип	Виймка	Насип	Виймка	Насип	Виймка	Насип	Виймка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
306	00		1,05	-						
		100			1,6	-	1212	-	1333	-
307	00		0,55	-						
		100			1,03	-	896	-	986	-
308	00		0,48	-						
		100			0,76	-	625	-	688	-
309	00		0,28	-						
		100			0,32	-	320	-	352	-
310	00		0,04	-						
		100			0,87	-	480	-	528	-
311	00		0,83	-						
		100			1,87	-	1220	-	1342	-
312	00		1,04	-						
		100			2,00	-	1640	-	1804	-
313	00		0,96	-						
		100			1,91	-	1423	-	1565	-
314	00		1,64	-						
		100			3,85	-	3110	-	3421	-
315	00		2,21	-						
		100			4,77	-	5222	-	5744	-
316	00		2,56	-						
		100			4,20	-	4100	-	4510	-
317	00		1,74	-						
		100			2,81	-	2980	-	3278	-
318	00		1,07	-						
		100			3,40	-	3025	-	3328	-
319	00		2,33	-						
		100			5,72	-	4588	-	5047	-

Продовження таблиці А.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
320	00		3,39	-							
		100			6,63	-	5800	-	6380	-	
321	00		3,24	-							
		100			5,19	-	5120	-	5632	-	
322	00		1,95	-							
		100			1,70	-	2500	-	2750	-	
323	00		0,78	-							
		100			2,73	-	2855	-	3140	-	
324	00		0,92	-							
		100			2,14	-	1945	-	2140	-	
325	00		1,22	-							
		100			2,17	-	2030	-	2233	-	
326	00		0,95	-							
		100			1,48	-	1110	-	1221	-	
327	00		0,53	-							
		100			2,14	-	2145	-	2396	-	
328	00		1,61	-							
		100			3,88	-	1924	-	2138		
329	00		1,86	-							
		100			3,57	-	1769	-	1965	-	
330	00		1,71	-							
		100			3,86	-	2425	-	2694	-	
331	00		2,15	-							
<b>Всього на трасу</b>									<b>54346</b>		<b>59781</b>

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

Найменування дороги	Проект реконструкції автомобільної дороги М-07 Київ-Ковель-Ягодин на ділянці від км 30+600-км 33+100 у Київській області
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	Тип 1

**1. Кліматичні характеристики**

Дорожньо-кліматична зона	1
Підзона	У I P.1
Схема зволоження робочого шару	1
Кількість розрахункових днів у році, днів	145
Глибина промерзання ґрунту, см	80
Кліматичний коефіцієнт $a_0$	50.00

**2. Дані про дорогу**

<b>Загальні дані:</b>	
Категорія дороги	II
Кількість смуг руху	2
Номер розрахункової смуги	1
Тип конструкції дорожнього одягу	Капітальний
Термін служби покриття, років	14
Коефіцієнт надійності	0.95
<b>Профіль:</b>	
Поперечний профіль дороги	Двосхилий
Ширина смуги руху, м	3.75
Ширина узбіччя, м	3.75
Ширина укріпленої частини узбіччя, м	0.75
Закладення укосу, 1: m	1 : 4
Увігнутість поздовжнього профілю	Не враховується

Висота насипу, м	1.50
<b>Ґрунт:</b>	
Ґрунт робочого шару	Супісок піщанистий
Розрахункова вологість ґрунту, частки од.	Обчислюється за методикою: 0.84
Комплексну характеристику В визначати:	По таблиці
Комплексна характеристика В	3.50
<b>Джерело зволоження:</b>	
Джерело зволоження	Не задано
<b>Особливості:</b>	
Конструктивні заходи, що знижують вологість або впливають на розрахунок дренавального шару	Не передбачені

### Визначення розрахункової вологості ґрунту робочого шару.

$$W_p = (\bar{W} - \Delta \bar{W}) * (1 + V_w * t) = (0.72 - 0.000) * (1 + 0.10 * 1.71) = 0.843$$

### 3. Склад автомобільного потоку

Склад руху	Невідомий
Коефіцієнт зростання інтенсивності, частки од.	1.040
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на початковий рік служби, авт/добу.	196
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на кінець останнього року служби, авт/добу.	326.40
Сумарне розрахункове число прикладень на смугу за весь термін служби, авт.	542291
Необхідний модуль пружності, МПа	250.00

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження:

$$E_{пот} = 42.843 * \ln(\sum N_p) - b \Rightarrow \sum N_p = e^{\frac{E_{пот} + b}{42.843}} = e^{\frac{250.00 + 315.68}{42.843}} = 542291 \text{ авт.}$$

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

$$\sum N_p = 0.7 * T_{рдр} * K_n * K_c * N_{1p} \Rightarrow N_{1p} = \frac{\sum N_p}{0.7 * T_{рдр} * K_n * K_c} = \frac{542291}{0.7 * 145 * 1.49 * 18.292} = 196.03$$

авт/добу

де усереднений коефіцієнт суми:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1} = \frac{1.0400^{14} - 1}{1.0400 - 1} = 18.292$$

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на останній рік служби:

$$N_t = N_{1р} * q^{T_{сл} - 1} = 196.03 * 1.0400^{14-1} = 326.40 \text{ авт/добу}$$

#### **4. Розрахункове навантаження**

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

#### **Визначення параметрів розрахункового навантаження:**

Розрахунок динамічного навантаження:

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

Розрахунок діаметра штамп:

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

## 5. Конструкція дорожнього одягу

Таблиця 2. Конструкція дорожнього одягу

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см		Модуль пружності, МПа			Середнє значення межі міцності на розтяг при згині R, МПа	Коефіцієнт m	Коефіцієнт Кпр	Вологість, Wp, частки од.	Коефіцієнт Кз	Зчеплення, С, МПа		Кут внутрішнього тертя, F, град		Щільність, ρ, кг/куб.м.
		Мінімальна, hmin	Максимальна, hmax	Пружний прогин, E	Зсув, Eзс	Згин, Ep						динаміка	статика	динаміка	статика	
1	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-15 на бітумі БМПА 60/90-53	5.0	5.0	3100	2000	4100	4.30	6.50	2.90	-	-	-	-	-	-	2400
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип Б, Марка I	8.0	8.0	3200	1800	4500	9.80	5.50	4.00	-	-	-	-	-	-	2400
3	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип Б, Марка I	8.0	8.0	3200	1800	4500	9.80	5.50	4.00	-	-	-	-	-	-	2400
4	Щебеново-піщані суміші, укріплені цементом М60	12.0	12.0	900	-	900	0.500	-	-	-	-	-	-	-	-	2000
5	Щебінь М1000–1400, влаштований за способом заклинки з міцних осадових та метаморфічних порід	21.0	21.0	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1800
6	Пісок середньої крупності	25.0	25.0	120	-	-	-	-	-	-	6.00	0.004	0.004	32.0	32.0	1950
7	Супісок піщанистий	-	-	55	-	-	-	-	-	0.843	1.50	0.005	0.005	23.3	23.3	2100

## Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

### 1) Розрахунок виконується для шару Пісок середньої крупності

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{\text{під}}}{E_2} = \frac{55.10}{120.00} = 0.46; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{25.0}{34.50} = 0.72; \quad \frac{E_{2\text{заг}}}{E_2} = 0.684; \quad E_{2\text{заг}} = 0.684 * 120.00 = 82.05 \text{ МПа};$$

### 2) Розрахунок виконується для шару Щебінь М1000–1400, влаштований за способом заклинки з міцних осадових та метаморфічних порід

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{\text{під}}}{E_3} = \frac{82.05}{350.00} = 0.23; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{21.0}{34.50} = 0.61; \quad \frac{E_{3\text{заг}}}{E_3} = 0.437; \quad E_{3\text{заг}} = 0.437 * 350.00 = 152.78 \text{ МПа};$$

### 3) Розрахунок виконується для шару Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М60

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{\text{під}}}{E_4} = \frac{152.78}{900.00} = 0.17; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{12.0}{34.50} = 0.35; \quad \frac{E_{4\text{заг}}}{E_4} = 0.267; \quad E_{4\text{заг}} = 0.267 * 900.00 = 240.20 \text{ МПа};$$

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

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{\text{під}}}{E_5} = \frac{240.20}{3200.00} = 0.08; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{8.0}{34.50} = 0.23; \quad \frac{E_{5\text{заг}}}{E_5} = 0.113; \quad E_{5\text{заг}} = 0.113 * 3200.00 = 362.42 \text{ МПа};$$

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

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{\text{під}}}{E_6} = \frac{362.42}{3200.00} = 0.11; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{8.0}{34.50} = 0.23; \quad \frac{E_{6\text{заг}}}{E_6} = 0.160; \quad E_{6\text{заг}} = 0.160 * 3200.00 = 512.91 \text{ МПа};$$

### 6) Розрахунок виконується для шару Щебеневомастиковий асфальтобетон ЩМА-15 на бітумі БМПА 60/90-53

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{\text{під}}}{E_7} = \frac{512.91}{3100.00} = 0.17; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{5.0}{34.50} = 0.14; \quad \frac{E_{7\text{заг}}}{E_7} = 0.197; \quad E_{7\text{заг}} = 0.197 * 3100.00 = 610.68 \text{ МПа};$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{E_{\text{заг}}}{E_{\text{потр}}} = \frac{610.68}{250.00} = 2.4427$$

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

2.4427 > 1.43 - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{пр}}^{\text{тр}}}{K_{\text{пр}}^{\text{тр}}} * 100\% = \frac{2.4427 - 1.43}{1.43} * 100\% = +70\%$$

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

### 1) Розрахунок виконується для шару Супісок піщанистий

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_8 = \frac{E_1 * h_1 + E_2 * h_2 + E_3 * h_3 + E_4 * h_4 + E_5 * h_5 + E_6 * h_6}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6} = \frac{2000 * 5.0 + 1800 * 8.0 + 1800 * 8.0 + 900 * 12.0 + 350 * 21.0 + 120 * 25.0}{5.0 + 8.0 + 8.0 + 12.0 + 21.0 + 25.0} = 758.86 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями: } \frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} = \frac{758.86}{55.10} = 13.77 \quad \text{и} \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{79}{34.50} = 2.29$$

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

$$\bar{t}_a = 0.00772 \text{ МПа}$$

Діючі активні напруження зсуву:

$$T = t_n + t_v = 0.0062 + -0.00157 = 0.00461 \text{ МПа}$$

$$\text{де } t_n = t_a * p = 0.00772 * 0.80 = 0.0062 \text{ МПа}$$

$$t_v = 0.00001 * (5 - 0.3 * \varphi) * (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6) = 0.00001 * (5 - 0.3 * 23.3) * (5.0 + 8.0 + 8.0 + 12.0 + 21.0 + 25.0) = -0.00157 \text{ МПа}$$

Граничне активне напруження зсуву:

$$T_{\text{гр}} = C_{\text{гр}} * k_1 * k_2 * k_3 = 0.005 * 1.0 * 0.978 * 1.5 = 0.00774 \text{ МПа}$$

$$\text{де } k_2 = 1.816 - 0.15 * \ln\left(\frac{\sum N_p}{(T_{\text{др}} * T_{\text{сл}})}\right) = 1.816 - 0.15 * \ln(542291 / (145 * 14)) = 0.978 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{T_{\text{гр}}}{T} = \frac{0.00774}{0.00461} = 1.6773$$

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

1.6773 > 1.48 - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}^{\text{потр}}} * 100\% = \frac{1.6773 - 1.48}{1.48} * 100\% = +13\%$$

## 2) Розрахунок виконується для шару Пісок середньої крупності

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_{\text{в}} = \frac{E_1 * h_1 + E_2 * h_2 + E_3 * h_3 + E_4 * h_4 + E_5 * h_5}{h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5} = \frac{2000 * 5.0 + 1800 * 8.0 + 1800 * 8.0 + 900 * 12.0 + 350 * 21.0}{5.0 + 8.0 + 8.0 + 12.0 + 21.0} = 1054.63 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями: } \frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} = \frac{1054.63}{82.05} = 12.85 \quad \text{и} \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{54}{34.50} = 1.57$$

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

$$\bar{t}_a = 0.00977 \text{ МПа}$$

Діючі активні напруження зсуву:

$$T = t_n + t_v = 0.0078 + -0.00248 = 0.00534 \text{ МПа}$$

$$\text{де } t_n = t_a * p = 0.00977 * 0.80 = 0.0078 \text{ МПа}$$

$$t_v = 0.00001 * (5 - 0.3 * \varphi) * (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) = 0.00001 * (5 - 0.3 * 32.0) * (5.0 + 8.0 + 8.0 + 12.0 + 21.0) = -0.00248 \text{ МПа}$$

Граничне активне напруження зсуву:

$$T_{\text{гр}} = C_{\text{гр}} * k_1 * k_2 * k_3 = 0.004 * 1.0 * 0.978 * 6.0 = 0.02347 \text{ МПа}$$

$$\text{де } k_2 = 1.816 - 0.15 * \ln\left(\frac{\sum N_p}{(T_{\text{др}} * T_{\text{сл}})}\right) = 1.816 - 0.15 * \ln(542291 / (145 * 14)) = 0.978 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{T_{\text{гр}}}{T} = \frac{0.02347}{0.00534} = 4.3983$$

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

4.3983 > 1.48 - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}^{\text{потр}}} * 100\% = \frac{4.3983 - 1.48}{1.48} * 100\% = +197\%$$

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

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

Середньозважений модуль пружності шарів:

$$E_{\text{с}} = \frac{E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2 + E_3 \cdot h_3}{h_1 + h_2 + h_3} = \frac{4100 \cdot 5.0 + 4500 \cdot 8.0 + 4500 \cdot 8.0}{5.0 + 8.0 + 8.0} = 4404.76 \text{ МПа}$$

За відношеннями:  $\frac{E_{\text{с}}}{E_{\text{н}}} = \frac{4404.76}{240.20} = 18.338$  и  $\frac{h_{\text{с}}}{D} = \frac{21.00}{34.50} = 0.61$

За номограмі визначаємо:  $\overline{\sigma_r} = 1.272 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} \cdot p \cdot k_{\text{с}} = 1.272 \cdot 0.80 \cdot 0.85 = 0.865 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{3\text{г}} = R_p \cdot k_m \cdot k_T \cdot k_{\text{кп}} = 8.124 \cdot 0.95 \cdot 0.85 \cdot 0.363 = 2.379 \text{ МПа}$$

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

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

$$k_{\text{кп}} = k_{\text{пр}} \cdot \sum N_p^{(-1/m)} = 4.00 \cdot 542291^{(-1/5.50)} = 0.363$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{R_{3\text{г}}}{\sigma_r} = \frac{2.379}{0.865} = 2.7502$$

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

$2.7502 > 1.35$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}^{\text{потр}}} \cdot 100\% = \frac{2.7502 - 1.35}{1.35} \cdot 100\% = +103\%$$

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

1) Розрахунок на згин виконується для шару Щебенево-піщані суміші, укріплені цементом М60

Модуль пружності верхнього шару моделі обчислюють як середньозважений

$$E_{\text{с}} = \frac{E_1 \cdot h_1 + E_2 \cdot h_2 + E_3 \cdot h_3}{h_1 + h_2 + h_3} = \frac{4100 \cdot 5.0 + 4500 \cdot 8.0 + 4500 \cdot 8.0}{5.0 + 8.0 + 8.0} = 4404.76 \text{ МПа}$$

Визначаємо значення розрахункового монолітного шару:

$$E_2 = 900.00 \text{ МПа}$$

Визначаємо еквівалентний модуль однорідного напівпростору під розрахунковим шаром:

$$E_3 = 152.78 \text{ МПа}$$

За відношеннями:  $\frac{E_1}{E_2} = \frac{4404.76}{900.00} = 4.894$ ,  $\frac{E_2}{E_3} = \frac{900.00}{152.78} = 5.891$  и  $\frac{h_{\text{с}}}{D} = \frac{33.00}{34.50} = 0.96$

За номограмі визначаємо:  $\overline{\sigma_r} = 0.291 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} \cdot p \cdot k_{\text{с}} = 0.291 \cdot 0.80 \cdot 1.0 = 0.233 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{3\text{г}} = R_p = 0.500 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{мц}} = \frac{R_{\text{зе}}}{\sigma_r} = \frac{0.500}{0.233} = 2.1474$$

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

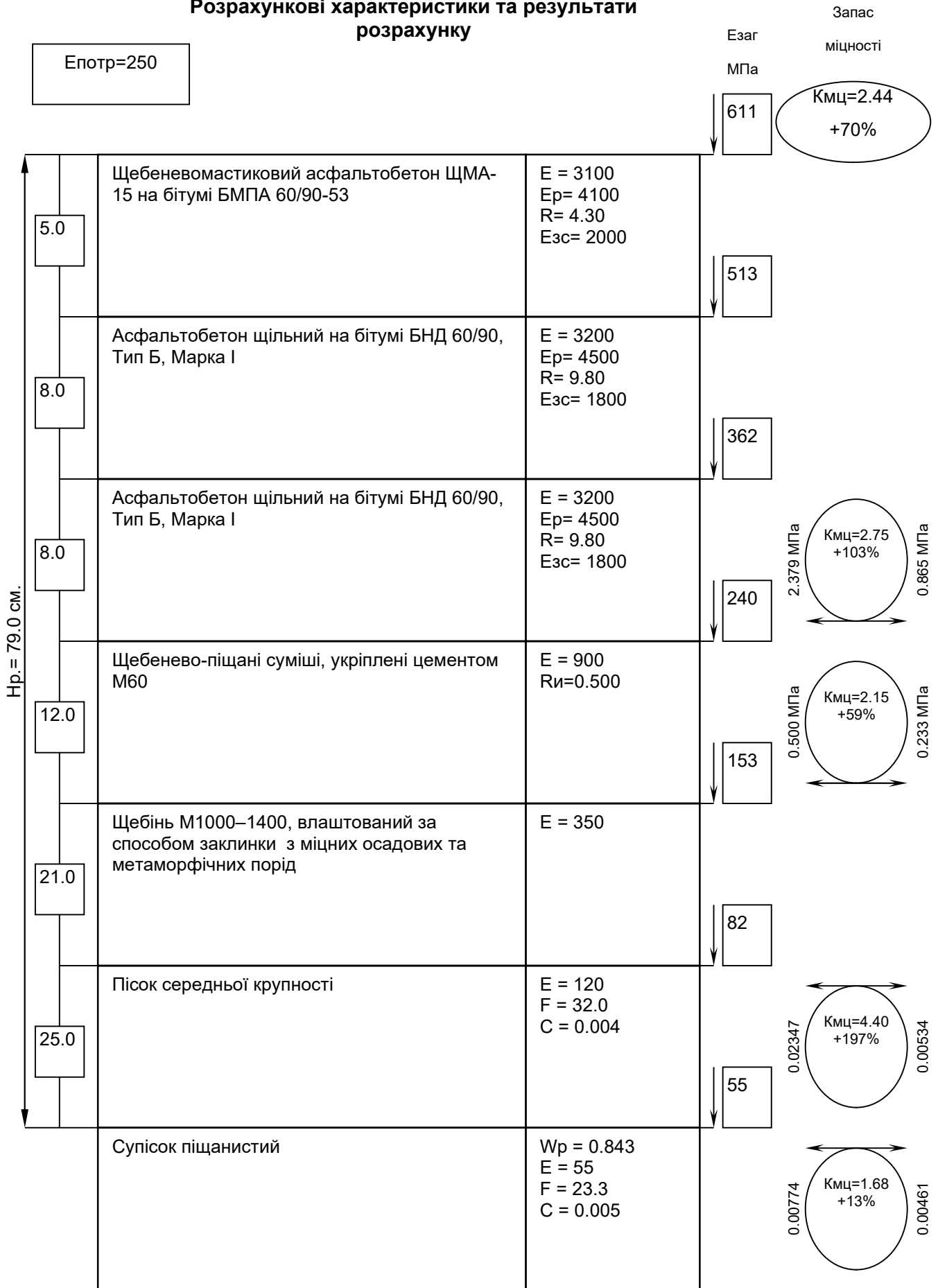
$2.1474 > 1.35$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}^{\text{потр}}} * 100\% = \frac{2.1474 - 1.35}{1.35} * 100\% = +59\%$$

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Розрахунок товщина шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езаг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Рзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gг, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.	Вартість, гривні/кв.м
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %						
1	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-15 на бітумі БМПА 60/90-53	5.0	611	Пружний прогин	2.44	+70%	-	-	-	-	-	-
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип Б, Марка І	8.0	513	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип Б, Марка І	8.0	362	Розтяг	2.75	+103%	-	-	2.379	0.865	-	-
4	Щебеново-піщані суміші, укріплені цементом М60	12.0	240	Розтяг	2.15	+59%	-	-	0.500	0.233	-	-
5	Щебінь М1000–1400, влаштований за способом заклинки з міцних осадових та метаморфічних порід	21.0	153	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Пісок середньої крупності	25.0	82	Зсув	4.40	+197%	0.02347	0.00534	-	-	-	-
7	Супісок піщанистий	-	55	Зсув	1.68	+13%	0.00774	0.00461	-	-	0.843	-
Сумарна товщина конструкції:		79.0	Підсумкова вартість конструкції:									-

## Розрахункові характеристики та результати розрахунку



Е, С, R - МПа; F - град.

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

Найменування дороги	Проект реконструкції автомобільної дороги М-07 Київ-Ковель-Ягодин на ділянці від км 30+600-км 33+100 у Київській області
Особливість розрахунку	Перегін
Ім'я варіанти розрахунку	Тип 2

### **1. Кліматичні характеристики**

Дорожньо-кліматична зона	1
Підзона	У I P.1
Схема зволоження робочого шару	1
Кількість розрахункових днів у році, днів	145
Глибина промерзання ґрунту, см	80

### **2. Дані про дорогу**

<b>Загальні дані:</b>	
Категорія дороги	II
Кількість смуг руху	2
Номер розрахункової смуги	1
Тип конструкції дорожнього одягу	Капітальний
Термін служби покриття, років	14
Коефіцієнт надійності	0.95
<b>Основа:</b>	
Основа конструкції	Замірний модуль
Значення виміряного модуля, МПа	200

### **3. Склад автомобільного потоку**

Склад руху	Невідомий
Коефіцієнт зростання інтенсивності, частки од.	1.040
Розрахункова добова кількість	196

прикладень на смугу приведенного навантаження на початковий рік служби, авт/добу.	
Розрахункова добова кількість прикладень на смугу приведенного навантаження на кінець останнього року служби, авт/добу.	326.40
Сумарне розрахункове число прикладень на смугу за весь термін служби, авт.	542291
Необхідний модуль пружності, МПа	250.00

Обчислюємо сумарну розрахункову кількість прикладень розрахункового навантаження:

$$E_{пот} = 42.843 * \ln(\sum N_p) - b \Rightarrow \sum N_p = e^{\frac{E_{пот} + b}{42.843}} = e^{\frac{250.00 + 315.68}{42.843}} = 542291 \text{ авт.}$$

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

$$\sum N_p = 0.7 * T_{рдр} * K_n * K_c * N_{1p} \Rightarrow N_{1p} = \frac{\sum N_p}{0.7 * T_{рдр} * K_n * K_c} = \frac{542291}{0.7 * 145 * 1.49 * 18.292} = 196.03 \text{ авт/добу}$$

де усереднений коефіцієнт суми:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1} = \frac{1.0400^{14} - 1}{1.0400 - 1} = 18.292$$

Обчислюємо приведену інтенсивність до розрахункового навантаження на останній рік служби:

$$N_t = N_{1p} * q^{T_{сл} - 1} = 196.03 * 1.0400^{14-1} = 326.40 \text{ авт/добу}$$

#### **4. Розрахункове навантаження**

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

#### **Визначення параметрів розрахункового навантаження:**

Розрахунок динамічного навантаження:

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

Розрахунок діаметра штампу:

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



## Розрахунок конструкції дорожнього одягу за допустимим пружним прогином.

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

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{під}}{E_2} = \frac{200.00}{3200.00} = 0.06; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{8.0}{34.50} = 0.23; \quad \frac{E_{2заг}}{E_2} = 0.097; \quad E_{2заг} = 0.097 * 3200.00 = 310.63 \text{ МПа};$$

2) Розрахунок виконується для шару Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип Б, Марка

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{під}}{E_3} = \frac{310.63}{3200.00} = 0.10; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{8.0}{34.50} = 0.23; \quad \frac{E_{3заг}}{E_3} = 0.142; \quad E_{3заг} = 0.142 * 3200.00 = 453.14 \text{ МПа};$$

3) Розрахунок виконується для шару Щебеневомастиковий асфальтобетон ЦМА-15 на бітумі БМПА 60/90-53

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

$$\frac{E_H}{E_8} = \frac{E_{під}}{E_4} = \frac{453.14}{3100.00} = 0.15; \quad \frac{h_8}{D} = \frac{5.0}{34.50} = 0.14; \quad \frac{E_{4заг}}{E_4} = 0.176; \quad E_{4заг} = 0.176 * 3100.00 = 546.48 \text{ МПа};$$

$$K_{мц} = \frac{E_{заг}}{E_{потр}} = \frac{546.48}{250.00} = 2.1859$$

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

$2.1859 > 1.43$  - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{мц} - K_{пр}^{тр}}{K_{пр}^{тр}} * 100\% = \frac{2.1859 - 1.43}{1.43} * 100\% = +52\%$$

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

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

Середньозважений модуль пружності шарів:

$$E_8 = \frac{E_1 * h_1 + E_2 * h_2 + E_3 * h_3}{h_1 + h_2 + h_3} = \frac{4100 * 5.0 + 4500 * 8.0 + 4500 * 8.0}{5.0 + 8.0 + 8.0} = 4404.76 \text{ МПа}$$

$$\text{За відношеннями:} \quad \frac{E_8}{E_H} = \frac{4404.76}{200.00} = 22.024 \quad \text{и} \quad \frac{h_8}{D} = \frac{21.00}{34.50} = 0.61$$

За номограмою визначаємо:  $\sigma_r = 1.362 \text{ МПа}$

Розрахункова розрахункове напруження на розтяг :

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} * p * k_8 = 1.362 * 0.80 * 0.85 = 0.926 \text{ МПа}$$

Обчислюємо граничне напруження на розтяг:

$$R_{ze} = R_p * k_m * k_T * k_{кп} = 8.124 * 0.95 * 0.85 * 0.363 = 2.379 \text{ МПа}$$

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

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

$$k_{кп} = k_{пр} * \sum N_p^{(-1/m)} = 4.00 * 542291^{(-1/5.50)} = 0.363$$

$$K_{мц} = \frac{R_{ze}}{\sigma_r} = \frac{2.379}{0.926} = 2.5678$$

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

2.5678 > 1.35 - умова виконана

$$\text{Запас міцності} = \frac{K_{\text{мц}} - K_{\text{мц}}^{\text{потр}}}{K_{\text{мц}}^{\text{потр}}} * 100\% = \frac{2.5678 - 1.35}{1.35} * 100\% = +90\%$$

Таблиця 3. Характеристики міцності конструкції дорожнього одягу.

№ шару г	Найменування матеріалу шару	Розрахунок товщина шару, см	Загальний модуль пружності по шарам, Езаг, МПа	Показник міцності:			Граничне активне напруження зсуву в шарі, Тгр, МПа	Розрахункове активне напруження зсуву, Т, МПа	Граничне напруження розтягу при згині, Rзг, МПа	Розрахункове напруження розтягу в шарі, Gг, МПа	Розрахункова вологість ґрунту, Wр, частки од.	Вартість, гривні/кв.м
				критерій	розрахункове значення коеф. міцності Кмц	величина, запас (+/-), %						
1	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-15 на бітумі БМПА 60/90-53	5.0	546	Пружний прогин	2.19	+52%	-	-	-	-	-	-
2	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип Б, Марка І	8.0	453	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип Б, Марка І	8.0	311	Розтяг	2.57	+90%	-	-	2.379	0.926	-	-
4	Замірний модуль	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумарна товщина конструкції:		21.0	Підсумкова вартість конструкції:									-

## Розрахункові характеристики та результати розрахунку

Запас

Езаг

міцності

МПа

Епотр=250

546

Кмц=2.19  
+52%

Нр. = 21.0 см.	5.0	Щебеномастиковий асфальтобетон ЩМА-15 на бітумі БМПА 60/90-53	E = 3100 E <sub>p</sub> = 4100 R = 4.30 E <sub>зс</sub> = 2000	453
	8.0	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип Б, Марка I	E = 3200 E <sub>p</sub> = 4500 R = 9.80 E <sub>зс</sub> = 1800	311
	8.0	Асфальтобетон щільний на бітумі БНД 60/90, Тип Б, Марка I	E = 3200 E <sub>p</sub> = 4500 R = 9.80 E <sub>зс</sub> = 1800	200
	Замірняний модуль		E = 200	

Кмц=2.57  
+90%  
 2.379 МПа      0.926 МПа

E, C, R - МПа; F - град.

