

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ДИЗАЙНУ

Кафедра комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри


Датенко О.І.

"18" листопада 2022 р.


ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)


ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ
"МАГІСТР"

Тема: «Проектування ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль з обґрунтуванням параметрів плану та поздовжнього профілю»

Виконавець: Больбух Владислав Олександрович 


Керівник: Чернишова Оксана Сергіївна 


Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:

1.  - Чернишова О.С.


2.  - Чернишова О.С.


3.  - Чернишова О.С.

4.  - Чернишова О.С.

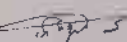
5.  - Чернишова О.С.

6.  - Чернишова О.С.

7.  - Чернишова О.С.

8.  - Заринська Л.М.

9.  - Заринська Л.М.


Нормоконтролер: Родченко Олександр Васильович 

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну
Кафедра комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітньо-професійна програма «Автомобільні дороги і аеродроми»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

 Липенко О.І.
09 серпня 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Большуха Владислава Олексійовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника з родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи Проектування ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль з обґрунтуванням параметрів плану та позовжнього профілю затверджена наказом ректора від « 20 » вересня 2022 р. № 1583/ст

2. Термін 29. 08. 2022 р. по 30. 11. 2022 виконання роботи

3. Вихідні дані до роботи:

Ділянка об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль

Зміст пояснювальної записки:

Вступ, вихідні дані, наукова частина, практична частина роботи: План траси, позовжній та поперечні профілі ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль, дорожній одяг, система водовідведення, технологія будівельного виробництва, економічна частина, охорона навколишнього середовища, охорона праці, висновки, список використаних джерел, додатки.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:

Вихідні дані, наукова частина (3 аркуші формату А-1), план траси, позовжній профілі, поперечні профілі, дорожній одяг, технологія будівельного виробництва, економічна частина.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Вступ	08.09.22 - 12.09.22	Обл
2	Вихідні дані	29.09.22 - 04.10.22	Обл
3	Наукова частина	12.09.22 - 26.09.22	Обл
4	План траси, поздовжній та поперечні профілі ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль	26.09.22 - 03.10.22	Обл
5	Проектування дорожнього одягу	03.10.22 - 10.10.22	Обл
6	Система водовідведення	10.10.22 - 16.10.22	Обл
7	Технологія будівельного виробництва	16.10.22 - 23.10.22	Обл
8	Економічна частина	17.10.22 - 24.10.22	Обл
9	Охорона навколишнього середовища	24.10.22 - 06.11.22	Обл
10	Охорона праці	31.10.22 - 06.11.22	Обл
11	Виконання графічної частини дипломної роботи	24.10.22 - 31.10.22	Обл
12	Оформлення пояснювальної записки і графічної частини дипломного проекту.	31.10.22 - 06.11.22	Обл
13	Отримання рецензії, відгуку керівника. Захист дипломної роботи.	06.11.22 - 08.11.22	Обл

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вихідні дані	Доцент Чернишова О.С.	08.09.22	12.09.22
Наукова частина	Доцент Чернишова О.С.	12.09.22	26.09.22
План траси, поздовжній та поперечні профілі ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль	Доцент Чернишова О.С.	26.09.22	03.10.22
Проектування дорожнього одягу	Доцент Чернишова О.С.	03.10.22	10.10.22
Проектування системи водовідведення	Доцент Чернишова О.С.	10.10.22	16.10.22
Технологія будівельного виробництва	Доцент Чернишова О.С.	16.10.22	23.10.22
Економічна частина	Доцент Чернишова О.С.	17.10.22	24.10.22
Охорона навколишнього середовища	Доцент Радомська М.М.	24.10.22	06.11.22
Охорона праці	Доцент Федина В.П.	31.10.22	06.11.22

8. Завдання отримані від консультантів за розділами

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Завдання
Вихідні дані	Доцент Чернишова О.С.	<i>ОС</i>
Наукова частина	Доцент Чернишова О.С.	<i>ОС</i>
План траси, позовжній та поперечні профілі ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль	Доцент Чернишова О.С.	<i>ОС</i>
Проектування дорожнього одягу	Доцент Чернишова О.С.	<i>ОС</i>
Проектування системи водовідведення	Доцент Чернишова О.С.	<i>ОС</i>
Технологія будівельного виробництва	Доцент Чернишова О.С.	<i>ОС</i>
Економічна частина	Доцент Чернишова О.С.	<i>ОС</i>
Охорона навколишнього середовища	<i>Доцент Радушка М.М.</i>	<i>ОМ</i>
Охорона праці	<i>Доцент В.І.</i>	<i>ОВ</i>

9. Дата видачі завдання: " 20 " вересня 2022 р.

Керівник дипломної роботи

ОС

Чернишова О.С.

Завдання прийняв до виконання

В.О.

Большух В.О.

РЕФЕРАТ

«Проектування ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль з обґрунтуванням параметрів плану та поздовжнього профілю»

Пояснювальна записка до дипломної роботи на тему **«Проектування ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль з обґрунтуванням параметрів плану та поздовжнього профілю»** складається з 9 розділів.

1. Вихідні дані. 2. Наукова частина. 3. План траси, поздовжній та поперечні профілі ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль. 4. Проектування дорожнього одягу. 5. Проектування системи водовідведення. 6. Технологія будівельного виробництва. 7. Економічна частина. 8. Охорона навколишнього середовища. 9. Охорона праці.

Дипломна робота складається із пояснювальної записки обсягом 70 с., 10-ти аркушів графічного матеріалу, списку використаної літератури з 24-х літературних джерел.

Об'єкт досліджень – процес проектування ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль з обґрунтуванням параметрів плану та поздовжнього профілю з точки зору виникнення аварійностей на автомобільних дорогах.

Метою дипломної роботи є розроблення проекту на будівництво об'їзної дороги м. Тернопіль з обґрунтуванням параметрів плану та поздовжнього профілю.

Основними **завданнями** дипломної роботи є:

- визначення взаємних залежностей параметрів плану, поздовжнього і поперечних профілів на автомобільних дорогах;
- розробка логіко-ймовірнісної моделі впливу геометрії автомобільної дороги на втягнення транспортного засобу в дорожньо-транспортну пригоду;
- знаходження регресійних рівнянь ймовірності втягнення транспортного засобу в дорожньо-транспортну пригоду;

- побудова кривих ймовірностей втягнення транспортних засобів в дорожньо-транспортну пригоду під впливом параметрів плану та поздовжнього профілю автомобільних доріг;
- розробка рекомендацій по застосуванню параметрів плану та поздовжнього профілю автомобільних доріг при будівництві об'їзної ділянки автомобільної дороги м. Тернопіль, які сприяють зниженню кількості втягнених в ДТП автомобілів;
- побудова плану, поздовжнього та поперечних профілів об'їзної ділянки автомобільної дороги м. Тернопіль;
- розробка технологічних схем на будівництво об'їзної ділянки автомобільної дороги м. Тернопіль;
- розробка заходів з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Областю застосування результатів є проектування, реконструкція і капітальний ремонт автомобільних доріг загального користування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Параметри плану та поздовжнього профілю, поздовжній ухал, план траси, ділянка дороги, поперечний профіль, радіус кривої в плані, радіус вертикальної увігнутої та випуклої кривої.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ВИХІДНІ ДАНІ.....	7
1.1 Загальні відомості.....	7
1.2 Клімат.....	7
1.3 Географічне розташування.....	9
1.4 Геологічна будова.....	9
РОЗДІЛ 2 НАУКОВА ЧАСТИНА.....	10
2.1 Поняття про геометричну складову автомобільних доріг.....	10
2.2 Існуючі методи оцінки аварійності на автомобільних дорогах і геометрична складова на них.....	14
2.3 Взаємодія автомобіля та дороги.....	19
2.4 Логіко-ймовірнісний підхід до оцінки рівня значимості впливу геометричних параметрів на ймовірність включення транспортних засобів в ДТП.....	22
2.5 Стохастична модель впливу геометричних параметрів на аварійність.....	24
2.6 Вибір комбінацій параметрів автомобільної дороги для визначення ймовірностей негативного впливу.....	27
2.7 Рекомендації по застосуванню геометричних параметрів автомобільних доріг загального користування.....	30
РОЗДІЛ 3 ПЛАН ТРАСИ, ПОЗДОВЖНІЙ ТА ПОПЕРЕЧНІ ПРОФІЛІ ДІЛЯНКИ ОБ'ЇЗНОЇ ДОРОГИ М. ТЕРНОПІЛЬ.....	39
3.1 Встановлення категорії автомобільної дороги та розрахункової швидкості руху.....	39
3.2 План траси ділянки автомобільної дороги.....	40
3.3 Розрахунок перехідної кривої.....	46

3.4	Загальні відомості про поздовжній профіль та порядок його проектування.....	57
3.5	Побудова чорного поздовжнього профілю рельєфу місцевості по осі траси автомобільної дороги.....	59
3.6	Побудова червоного профілю та розрахунок вертикальних кривих.....	60
3.7	Проектування поперечних профілів ділянки автомобільної дороги.....	73
РОЗДІЛ 4	ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ.....	76
4.1	Розрахунок конструкції дорожнього одягу.....	76
4.2	Розрахунок за допустимим пружним прогином.....	77
4.3	Розрахунок на опір монолітних шарів руйнуванню від розтягу при згині.....	78
РОЗДІЛ 5	ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ.....	81
5.1	Елементи водовідводу.....	81
РОЗДІЛ 6	ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	85
6.1	Технологія виконання земляних робіт на ділянці об'їзної дороги м. Тернопіль.....	85
6.2	Технологія улаштування асфальтобетонних шарів на ділянці об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль (км 2+000-км 7+000).....	90
РОЗДІЛ 7	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	96
7.1	Кошторисна вартість.....	96
7.2	Загальні відомості.....	97
7.3	Види інвесторської кошторисної документації.....	98
7.4	Склад інвесторської кошторисної документації.....	99
РОЗДІЛ 8	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	100
8.1	Розробка та дослідження екологічних критеріїв автомобільної дороги в процесі її експлуатації.....	101

8.2	Математичне моделювання взаємодії відпрацьованих газів автотранспортних засобів з біосферою придорожньої смуги.....	101
8.3	Аналіз результатів досліджень забрудненості повітря при динамічних метеорологічних процесах.....	106
8.4	Визначення критерія доцільності проведення дорожньо-ремонтних робіт.....	109
8.5	Висновки.....	112
РОЗДІЛ 9 ОХОРОНА ПРАЦІ.....		113
9.1	Основні положення.....	113
9.2	Вимоги безпеки праці при проведенні підготовчих робіт.....	114
9.3	Вимоги безпеки праці при спорудженні земляного полотна.....	116
9.4	Вимоги безпеки праці при проведенні оздоблювальних і укріплювальних робіт.....	117
9.5	Вимоги безпеки праці при улаштуванню дорожнього одягу.	117
9.6	Вимоги безпеки праці при розмітці проїзної частини.....	119
9.7	Експлуатація самохідних дорожніх машин і присипних агрегатів.....	119
ВИСНОВКИ.....		121
ЛІТЕРАТУРА.....		124

ВСТУП

Існуючі методи оцінювання аварійності на автомобільних дорогах вже морально застаріли. Ці методи були зорієнтовані на транспортні поточималих інтенсивностей і швидкостей руху. Багато з них мають недоліки не тільки в якісному плані (точність прогнозів, можливість прогнозів на різні періоди часу), але і в кількісному плані (відсутність врахування важливих параметрів, елементів і ситуацій).

Метою дипломної роботи є розроблення проекту на будівництво об'їзної дороги м. Тернопіль з обґрунтуванням параметрів плану та поздовжнього профілю.

Об'єктом є процес проектування ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль з обґрунтуванням параметрів плану та поздовжнього профілю з точки зору виникнення аварійностей на автомобільних дорогах.

Основними *завданнями* дипломної роботи є:

- визначення взаємних залежностей параметрів плану, поздовжнього і поперечних профілів на автомобільних дорогах;
- розробка логіко-ймовірнісної моделі впливу геометрії автомобільної дороги на втягнення транспортного засобу в дорожньо-транспортну пригоду;
- знаходження регресійних рівнянь ймовірності втягнення транспортного засобу в дорожньо-транспортну пригоду;
- побудова кривих ймовірностей втягнення транспортних засобів в дорожньо-транспортну пригоду під впливом параметрів плану та поздовжнього профілю автомобільних доріг;
- розробка рекомендацій по застосуванню параметрів плану та поздовжнього профілю автомобільних доріг при будівництві об'їзної ділянки автомобільної дороги м. Тернопіль, які сприяють зниженню кількості втягнених в ДТП автомобілів;

- побудова плану, поздовжнього та поперечних профілів об'їзної ділянки автомобільної дороги м. Тернопіль;
- розробка технологічних схем на будівництво об'їзної ділянки автомобільної дороги м. Тернопіль;
- розробка заходів з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Областю застосування результатів є проектування, реконструкція і капітальний ремонт автомобільних доріг загального користування.

З урахуванням вищенаведеного, необхідно провести аналіз застосовуваних геометричних параметрів автомобільних доріг на предмет відповідності існуючим нормативним документам.

Розроблена методика дозволить більш точно прогнозувати кількість автомобілів, втягнутих в транспортні аварії.

РОЗДІЛ 1 ВИХІДНІ ДАНІ

1.1 Загальні відомості

Ділянка об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль на км 2+000 – км 7+000 має протяжність 5 км.

Дана ділянка дороги розташована в Тернопільській області. Район належить до дорожньо-кліматичної зони У-ІІ (рис.1.1) [1].

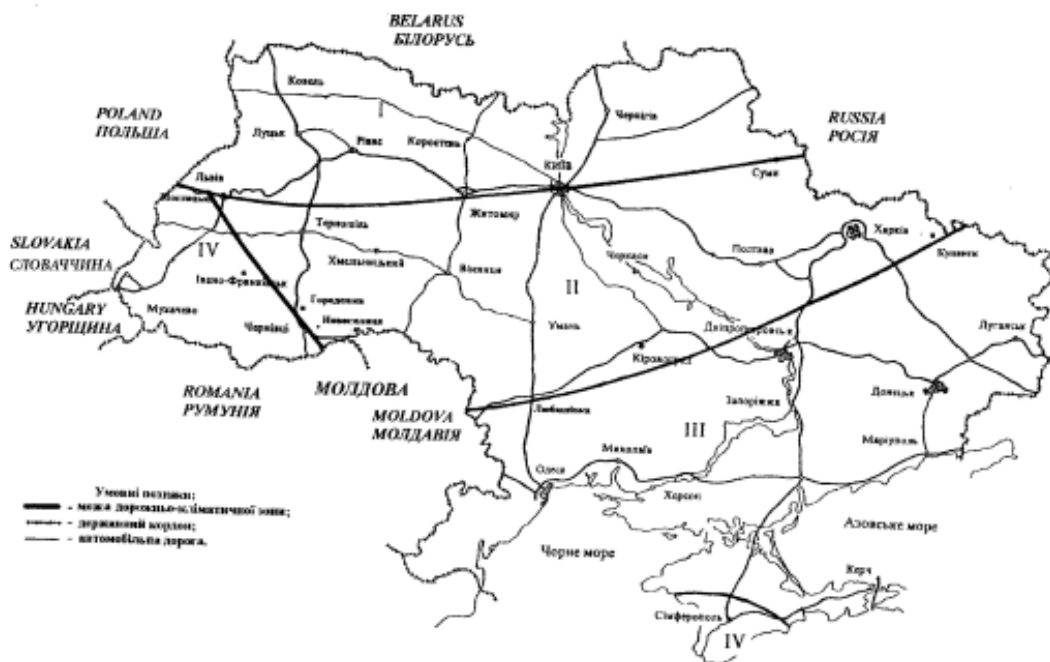


Рис.1.1 Дорожнє районування України

Кліматичний район за умовами роботи асфальтобетонного покриття - А-2 (рис.1.2) [1].

1.2 Клімат

Клімат Тернопільської області – помірно континентальний, з теплим вологим літом і м'якою зимою. Середня температура повітря коливається від -5°C в січні до $+19^{\circ}\text{C}$ в липні. Найвищі показники середньої температури по-

вітря у липні характерні для південної частини (+19 °С), найнижчі – для західної і центральної частини (+17 °С).



Рис.1.2 Дорожнє районування території України за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття

В Тернопільській області виділяють три кліматичних регіони – надмірно зволожений Північний, Центральний з найкоротшим літом, найкоротшим без морозним періодом найбільшою кількістю днів зі сніговим покривом та Південний, для якого характерні найдовший без морозний період і раннє настання весни. З огляду на агрокліматичне районування, Тернопільська область належить вологої, помірно теплої зони; основна частина території – до підзони достатнього зволоження ґрунту (гідротермічний коефіцієнт – 2,0 – 1,3, сума температур у градусах – 2400 – 2600) і лише південна частина (Борщівський і Заліщицький райони) – до Передкарпатського вологого, теплого району (гідротермічний коефіцієнт – 1,6 – 1,3, сума температур – 2400 – 2600).

Загальна кількість опадів складає 642 мм.

Розподіл температур по місяцям приведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Розподіл температур по місяцям в Тернопільській області

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температу -ра	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	17,1	19,1	18,5	13,9	8,1	1,9	- 2,6

1.3 Географічне розташування

Тернопільська область займає західну частину Подільського плато, межуючи на півночі з Рівненською, на півдні з Чернівецькою, на південному заході з Івано-Франківською, на заході з Львівською, а на сході – з Хмельницькою областями України. Тернопільщина, хоч і розташована поблизу українського кордону з Польщею, Словаччиною, Угорщиною, Румунією, Молдовою, власних наземних кордонів з сусідніми державами не має, як і не має виходу до моря.

Площа Тернопільської області – 13,8 тис. км², що становить 2,3 % території України. За цим показником займає 23-тє місце серед інших регіонів України.

1.4 Геологічна будова

В інженерно-геологічному розрізі ділянки автомобільної дороги мають місце такі шари:

- насипний ґрунт;
- рослинний ґрунт (торф з корінням болотних трав);
- суглинок туго пластичний;
- глина м'якопластична за торфована з прошарками та лінзами торфу;
- суглинок м'якопластичний;
- глина напівтверда з включенням щебеню пісковика та прошарками пісковика.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1. Поняття про геометричну складову автомобільних доріг

Дорога – це складний процес, який складається із 4-х елементів, які взаємодіють між собою: водій, автомобіль, дорога та навколишнє середовище. Головне місце в цій системі надається водію, оскільки саме він під дією навколишніх факторів дорожньої обстановки приймає рішення, від яких залежать подальші наслідки.

Друге місце за значимістю займає дорога як інженерна споруда, призначена для руху автомобілів.

Автомобільна дорога за всіма напрямками анізотропна в просторі, а також неоднорідна за часом в рамках довгих періодів. Проте є параметри, які стабільно характеризують її протягом всього періоду експлуатації. Ці параметри – геометричні. Поряд з параметрами транспортного потоку, експлуатаційними характеристиками, засобами організації дорожнього руху, геометричні параметри зберігають свої початкові значення, варіюючи їх вчасі на величини, які суттєво ні на що не впливають, а змінюються лиш частково при капітальному ремонті чи реконструкції.

Класифікація розділяє автомобільну дорогу як цілісний механізм на складових: транспортну, геометричну, геокліматичну, людську та ситуаційну залежності від ступеня мінливості з часом.

На рис. 2.1 представлений механізм взаємодії складових, а в таблиці 2.1 надано детальний їхній опис.

Геометрична складова є однією із самих незмінних.

Геометричні параметри автомобільної дороги можна розділити на 3 основні фактори: параметри плану автомобільної дороги, параметри поздовж

нього профілю та параметри поперечного профілю.

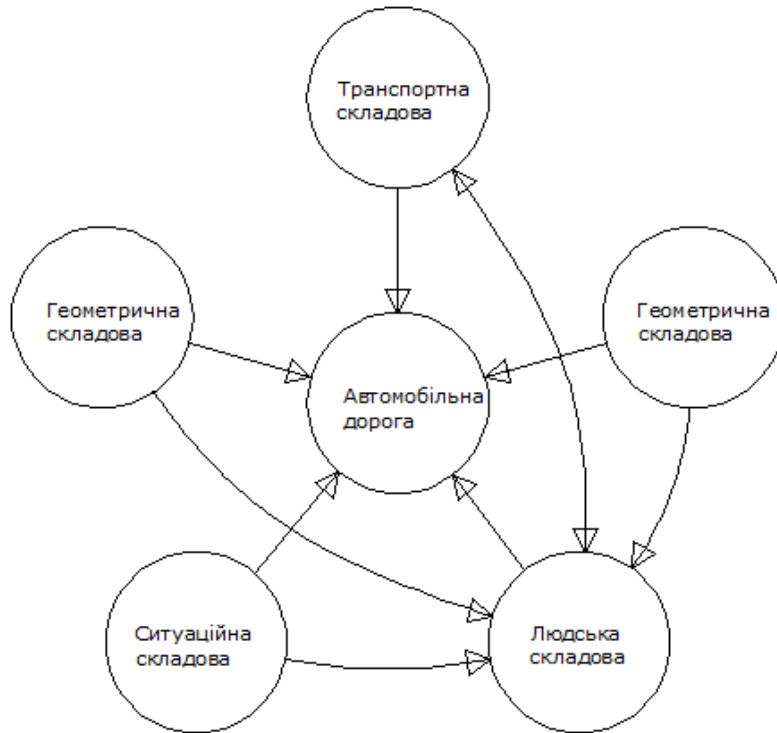


Рис. 2.1. Класифікація елементів автомобільної дороги

На рис. 2.2 зображена класифікація параметрів групи геометричної складової.

Таблиця 2.1

Класифікація складових автомобільної дороги за ступенем незмінності

Складова	Ступінь незмінності з часом	Елементи	Опис
Людська	Динамічна	Психологічний та емоційний стан водіїв, а також пішоходів	Найнепередбачуваніший і найнестабільніший елемент. Змінюється постійно протягом всього проміжку часу
Геокліматична	Змінна (незмінна)	Карст, лес, вічна мерзлота, дощ, сніг, туман і т.д.	Кліматична складова відноситься одночасно до двох типів незмінності. Геологічна є незмінною, а кліматична – змінною, змінюючи свої характеристики декілька разів за добу

Складова	Ступінь незмінності з часом	Елементи	Опис
Транспортна	Динамічна	Всі рухи на автомобільній дорозі, включаючи переміщення пішоходів, диких тварин і т.д. Взаємодія між автомобілями в транспортному потоці і між транспортним та пішохідним потоком	Взаємодія транспортних засобів в потоці, а також взаємодія пішохідних та транспортних потоків відбувається динамічно протягом всього часу
Ситуаційна	Умовно незмінна	Всі елементи благоустрою, предмети в безпосередній близькості від дороги	Наявність (відсутність) технічних засобів організації дорожнього руху, очищення смуги відведення залежить від роботи служби експлуатації (фінансування) і змінюється щорічно на незначну величину на дорогах державного значення та раз в декілька років на дорогах регіонального значення
Геометрична	Незмінна	Характеристики автомобільної дороги як 3D об'єкта	Може змінити значення своїх елементів тільки при капітальному ремонті чи реконструкції. Змінюється з часом на незначні величини. Виключенням може бути тільки поперечний ухил, який необхідно віднести до умовно незмінного

На рис. 2.2 вказані тільки ті геометричні параметри, вплив яких на аварійність має пріоритетне значення. На аварійність можуть впливати всі без виключення геометричні параметри автомобільної дороги та похідні від них величини, однак процес виявлення цих залежностей може стикнутися із серйозною проблемою зі збором вихідної інформації.

При русі автомобіль взаємодіє з дорожнім покриттям, водій обробляє інформацію, яка надходить зі сторони навколишньої обстановки та приймає рішення про режим подальшого руху. При цьому сприйняття водієм геометричних параметрів дороги займає пріоритетне місце серед інших сприйняттяв. Існує ряд дорожніх елементів, заздалегідь небезпечних з точки зору руху автомобілів. До таких можна віднести: круті затяжні спуски чи підйоми, різкі повороти дороги в плані, злами в поздовжньому профілі, недостатня ширина проїзної частини і т.д. Всі ці елементи повинні бути суворо регламентовані нормативними документами.



Рис. 2.2. Класифікація груп геометричної складової

Також є ряд елементів, які опосередковано впливають на безпеку дорожнього руху. Їх вплив неможливо напряму розрахувати за формулами. Однак за графіками впливу цих елементів на аварійність на основі статистичних даних про ДТП можна стверджувати про величини, які є небезпечними для дорожнього руху.

2.2. Існуючі методи оцінки аварійності на автомобільних дорогах і геометрична складова на них

Введення організаційних та регулюючих елементів (світлофорів, установки дорожніх знаків і т.д.) зменшує кількість ДТП, але на деякий час. Потім цей показник зростає до початкової величини, і лише радикальні заходи та міри, такі як розділення потоків чи переведення автомобільної дороги в іншу категорію сприяє тривалому періоду зі зниженим ризиком ДТП.

Відповідно до деяких досліджень [2], на ДТП виявляють вплив:

- 1) Спосіб водіння автомобілем чи тип транспортного засобу;
- 2) Дорожні умови (найбільш обширний фактор, який включає всі параметри транспортного потоку і комплексний показник дороги в цілому);
- 3) Фактори фізичного навколишнього середовища;
- 4) Учасники дорожнього руху.

Вищенаведені фактори можуть бути враховані лише частково. Наприклад, при врахуванні ДТП в протоколі згадується тип транспортного засобу, але спосіб водіння автомобіля для кожного автомобіля є індивідуальним. В наш час виділяють 5 типів водіїв за характером водіння.

В наш час існує декілька методів оцінки аварійності і безпеки на автомобільних дорогах: метод коефіцієнтів безпеки, метод конфліктних ситуацій, метод коефіцієнтів аварійності.

Метод коефіцієнтів безпеки. Коефіцієнтом безпеки називається відношення максимальної швидкості руху одиночного автомобіля на ділянці автомобільної дороги до максимальної швидкості в'їзду на цю ділянку. Метод заснований на положенні про безпеку руху при збереженні стабільності швидкості: криві з радіусами, які забезпечують видимість на відстані природного фокусування зору в межах кута гострого зору, не будуть порушувати постійність ритму руху та не викличуть зниження швидкості. Головний принцип методу: чим нижчий коефіцієнт безпеки, тим більша є аварійність на цій ділянці. Однак при розрахунку цього методу необхідно враховувати деякі допуски, такі як, на-

приклад, відсутність врахування постійного зниження швидкості на підходах докривих малого радіусу, мостів. Метод враховує спонтанні дії водіїв на ділянках, де необхідно знижувати швидкість. В результаті цього метод дає запас по оцінці. На ділянках, де реальний коефіцієнт безпеки нижчий, він дає завищену оцінку. При цьому на ділянках, де швидкості в різних напрямках дуже сильно відрізняються одна від одної, коефіцієнт рахується за найбільшою з них. Не враховується, наприклад, той факт, що на підходах до заокруглень малого радіуса і малого кута повороту (при забезпеченій видимості) водій не знижує швидкість, що призводить до заносу (чи перекидання залежно від стану проїздної частини та коефіцієнта поперечного зчеплення) [3].

При цьому вказано, що метод коефіцієнтів безпеки враховує рух одиночного автомобіля, що характерно для умов руху на дорогах з малою інтенсивністю чи періодів спаду руху на більш завантажених дорогах [3].

Метод конфліктних ситуацій. Під конфліктною ситуацією розуміють дорожньо-транспортну ситуацію, яка виникає між учасниками дорожнього руху чи рухомим автомобілем і обстановкою дороги, при якій виникає небезпека виникнення ДТП, якщо в діях учасників руху відбудеться змін і вони будуть продовжувати рух. Показником наявності конфліктної ситуації є зміна швидкості чи траєкторії руху автомобіля. Сфера застосування даного методу обмежена і зводиться до визначення небезпеки при реконструкції складних елементів автомобільних доріг. Його не можна розглядати як метод загальної оцінки аварійності автомобільної дороги.

Даний метод в більшості випадків застосовується до міських умов, де переобладнання перехресть, транспортних розв'язок і інших складних елементів дорожньої галузі – постійна проблема.

Метод коефіцієнтів аварійності. Підсумковий коефіцієнт аварійності є добутком часткових коефіцієнтів аварійності, які враховують вплив окремих елементів автомобільної дороги.

Особливість цього методу полягає в тому, що часткові коефіцієнти аварійності – це відношення кількості ДТП на реальній ділянці до кількості ДТП на еталонній ділянці. Підсумковий коефіцієнт аварійності – порівнюване число, тобто для того, щоб оцінити значимість ділянки, необхідно порівняти значення підсумкового коефіцієнта аварійності до абсолютної величини – кількості ДТП.

Метод підсумкових коефіцієнтів, як основний, при оцінюванні проектних рішень, отримав поширення в деяких країнах східної Європи, де процес автомобілізації не такий активний.

Метод має такі позитивні сторони:

- на основі достатньо простої мультиплікативної моделі, яка складається із 17 елементів, дає достовірну оцінку аварійності на ділянці чи автомобільної дороги в цілому;
- залежності та основні параметри прості та їх можна пізнати;
- не потрібно додаткових знань в області математики чи статистики.

Негативні сторони методу:

- метод відносний, тобто найого підставі неможливо сказати скільки насправді пройде ДТП без використання додаткових графіків та таблиць.

Пріоритетними напрямками в розвиток методу в наш час є:

- уточнення значень часткових коефіцієнтів аварійності;
- нормування підсумкових коефіцієнтів аварійності з урахуванням рівня безпеки руху при проектуванні та експлуатації автомобільних доріг різних категорій;
- підвищення надійності розрахункового методу виходячи з умов досягнення найбільш тісного взаємозв'язку даних по аварійності, отриманих шляхом оцінки з великою кількістю ДТП.

Метод оцінки аварійності балами. Умови безпеки руху оцінюються сумою балів, які враховують сім дорожніх характеристик: ширину покриття та узбіч, радіуси кривих в плані, видимість із умов обгону, близькість до дороги

прибудов на придорожній смузі, наявність автобусних зупинок, наявність пере-січень в одному рівні та рівність покриття.

Метод багатофакторного кореляційного аналізу. В основі цього методу лежить система рівнянь, яка охоплює всі фактори, які впливають на можливість виникнення ДТП. При цьому для спрощення використовують лінійну або поліноміальну кореляцію. Цей метод при наявності розширеної бази накопичених даних може давати прогнози орієнтовної кількості ДТП на автомобільних дорогах, розташованих в аналогічній місцевості при аналогічних інтенсивностях, швидкостях та інших факторах.

Метод «до і після». Даний метод схожий на статистичний метод. Цей метод заснований на даних про ДТП до і після проведення заходів з безпеки дорожнього руху. Цей метод найбільш доцільно застосовувати для заходів з малим терміном служби, таких, як нанесення розмітки, установка знаків, нанесення поверхневої обробки. При оцінюванні ефективності заходів статистичні дані систематизують за ділянками та визначають середньорічні значення відповідно до та після проведення заходів з підвищення безпеки дорожнього руху.

Метод оцінювання аварійності за зміною режимів руху автомобілів. Даний метод використовує та розвиває метод коефіцієнтів безпеки. В методі коефіцієнтів безпеки не робиться відмінностей між швидкостями руху, а оцінюється сама величина відношення. Цей самий метод враховує, що зниження швидкості з 60 км/год до 30 км/год і зниження зі 120 км/год до 60 км/год з точки зору аварійності спричиняє різний вплив (при тому, що коефіцієнт безпеки для обох варіантів дорівнює 0,5). До того ж, метод коефіцієнтів безпеки не можна застосовувати при наявності на дорозі багатьох факторів, які визначають режим руху таякі сприяють складній транспортній обстановці. В цих умовах доцільно застосовувати показники, які, реагуючи на зміну умов руху, враховують при цьому величину та інтенсивність зміни швидкості.

Поряд з урахуванням зміни швидкостей метод враховує зміну психо-емоційного напруження водія за умов його застосування до нового режиму ру-

ху. Це напруження на пряму впливає на тривалість реакції водія, здатність сприймати та обробляти інформацію.

Метод технічних транспортних конфліктів. Цей метод в загальних рисах схожий з методом конфліктних ситуацій, який згаданий вище.

Важкість конфлікту оцінюється за шкалою в балах з характеристикою від малопомітного конфлікту до виникнення ДТП.

Метод аналізу статистичних даних. Цей метод базується на тому, що ДТП – випадкова величина, яка підпорядковується законам математичної статистики. Для врахування різниці інтенсивностей на різних дорогах вся кількість ДТП повинна бути виражена в одиницях на 100 млн. авт-км пробігу. Вся дорога поділяється на ділянки за принципом концентрації аварій. Тобто, якщо надорозі довжиною 20 км виникло 50 ДТП, а 3 з них виникли на ділянці довжиною 200 м, то необхідно перевірити, чи є дана ділянка ділянкою концентрації.

Оцінка безпеки дорожнього руху на основі статистичних даних здійснюється за допомогою абсолютних та відносних показників. Абсолютні показники характеризують ступінь небезпеки ділянки дороги залежно від кількості пригод на ній за визначений проміжок часу. Всі ділянки дорожньої мережі, на яких кількість ДТП дорівнює або перевищує встановлений рівень аварійності, класифікують, як небезпечні, а потім розподіляються за ступенем небезпеки для визначення тих місць, яким буде віддана перевага в реалізації заходів з ліквідації причин підвищеної аварійності.

Для статистичного методу оцінювання аварійності використовуються такі види показників динаміки стану аварійності:

а) Аналіз динаміки по відношенню до аналогічного попереднього періоду часу. Цей метод переплітається з методом «до і після». За два аналогічних періоди часу до проведення заходів і після порівнюються значення показників. Цей аналіз отримав найбільш широке поширення в силу своєї простоти та конкретики. Однак часто, використовуючи його, не можна зробити однозначних висновків про вплив проведених заходів.

б) Аналіз динаміки по відношенню до «базового року». У відповідності з даним методом показники аварійності перераховуються у відсотках по відношенню до року, який прийнятий за базовий. Отримані результати легко і зручно представляти у вигляді графіків. Однак цей метод можна застосувати тільки в тому випадку, якщо показники, які піддаються аналізу, мають стійку тенденцію розвитку, зниження чи постійності (сталості). Якщо ці показники міняються з часом (наприклад, впровадження інноваційних методів зниження кількості ДТП), то неможливо застосувати аналіз.

в) Аналіз динаміки за середніми показниками. Коливання аналізованих показників можна згладити, якщо проводити аналіз за середнім значенням за 3-5 років. Прогноз проводиться аналогічно вищевикладеному аналізу приведення до базового року, тільки замість одного року використовується усереднений показник за декілька років. Цей метод, як і попередній, має мінус в тому, що при зміні тенденції він практично не може бути застосований.

2.3. Взаємодія автомобіля та дороги

Перший закон Ньютона в інтерпретованій формі має таке формулювання: «Тіло, яке не випробовує на собі збурень зі сторони яких-небудь сил, знаходиться в стані спокою чи рівномірного прямолінійного руху». Виходячи із усвідомлення автомобіля та людей, які в ньому знаходяться, як інерційну систему, можна виділити цілий ряд ситуацій, коли ця система буде отримувати збурення від зовнішніх сил в рамках питання впливу плану, поздовжнього та поперечного профілю автомобільних доріг.

Рухом автомобіля по кривій дослідники зацікавились дуже давно. Вже на початку минулого століття робились спроби описати дану ситуацію. Результатами досліджень в даній сфері є формули, які описують безпеку з точки зору руху по них автомобіля, радіуси горизонтальних кривих при проєктуванні автомобільних доріг. В різних джерелах ці вирази набувають різного вигляду. Мінімальні радіуси горизонтальних кривих можуть бути обчислені за формулою:

$$R = \frac{v^2}{127 \cdot (\varphi_2 + i_e)}, \quad (2.1)$$

де R – радіус горизонтальної кривої, м; v – швидкість руху транспортного засобу, м/с; φ_2 – поперечна складова коефіцієнта зчеплення; i – ухил віража.

Зарубіжна нормативна література пропонує іншу, але схожу формулу для розрахунку рекомендованих радіусів [4]:

$$R = \frac{v^2}{15 \cdot (e + f)}, \quad (2.2)$$

де R – радіус горизонтальної кривої, м; v – швидкість руху транспортного засобу, м/с; e – поперечний ухил віражу; f – величина бокового зчеплення. Формули (2.1) та (2.2) аналогічні та відрізняються емпіричним коефіцієнтом 127 і 15 для вітчизняного та зарубіжного методів розрахунку відповідно, а також способом розрахунку величини бокового зчеплення. Формула (2.1) призначена для розрахунку мінімальних радіусів, а формула (2.2) – для розрахунку рекомендованих радіусів.

Схематично рух автомобілів в горизонтальній площині за криволінійною траєкторією можна описати рівноважною системою зсувних та утримуючих сил:

$$F_{zc} = F_{ytr}, \quad (2.3)$$

де F_{zc} – комплекс зсувних сил, які діють на автомобіль; F_{ytr} – комплекс сил, які утримують автомобіль.

Слід відмітити, що формула (2.3) відображає механічну сторону руху автомобіля по горизонтальній кривій, не враховуючи при цьому людський фактор візуального та чуттєвого сприйняття, а також сприйняття на рівні підсвідомості.

Рух з прискоренням (оберненим прискоренням) ніяк не пов'язаний з геометричними параметрами автомобільних доріг. Однак наявність чи відсутність прискорення при русі транспортного засобу у визначених умовах сприяє виникненню аварійної ситуації чи навіть ДТП. В першу чергу, це пов'язано зі здійсненням обгону на спусках чи підйомах автомобільної дороги, при здійсненні

обгону на кривих, коли автомобіль, що обганяє, починає набирати швидкість для здійснення маневру.

Особливо небезпечний розгон на криволінійних ділянках на малих радіусах на автомобілях із заднім приводом, які більше піддаються заносу в умовах мокрої, брудної чи засніженої проїзної частини, коли коефіцієнт зчеплення є нижчим, ніж нормативне значення. Такий маневр може призвести до переміщення транспортного засобу за межі проїзної частини і його перекиданню.

Зміна напрямку у вертикальній площині позначається на чуттєвому і візуальному сприйнятті. Так, випуклі злами автомобільної дороги при зміні вертикальних кривих малого радіуса викликає відчуття дискомфорту, особливо в нічний час. Дуже велика швидкість руху на підйом при наявності такого злому може сприяти ослабленню тиску на вісь, а в деяких випадках і відриву коліс від землі, що при приземленні може призвести до порушення балансу управління транспортним засобом. До того ж, приземлення призводить до великого навантаження на агрегати автомобіля та може викликати несправність деяких з них.

Не менш небезпечними є і увігнуті переломи поздовжнього профілю автомобільних доріг. При русі по такій ділянці водій і пасажир транспортного засобу відчувають «поштовх» в екстремальній точці. Сила тяги на автомобіль підсилюється. Для випуклих кривих запропонована формула (2.4), а для увігнутих – формула (2.5):

$$R_{\text{вип}} = 0,01 \cdot v^3 + 300, \quad (2.4)$$

$$R_{\text{увігн}} = 0,34 \cdot v^2 + 300, \quad (2.5)$$

де v – швидкість транспортного засобу, км/год .

В загальному випадку, коли автомобіль не перетинає екстремальні точки поздовжнього профілю, він рухається або на спуск, або на підйом. Рухом на спуск характеризується збільшення швидкості особливо, якщо включена нейтральна передача. Проблемою в такій ситуації служать затяжні спуски, коли гальмівна система автомобіля працює на знос. Така ситуація характерна для гірських умов руху автомобільного транспорту.

Найчастіше трапляється ситуація, коли інколи автомобілю необхідно долати нетривалий, але крутий підйом. Особливо така ситуація складна для великовантажного автомобіля. Без наявності додаткової смуги на підйом при великій інтенсивності руху на двосмуговій автомобільній дорозі можуть виникнути різкі зниження швидкісного режиму і навіть затори на ділянках підйому і підходах до нього. В загальному вигляді рівняння для визначення максимального поздовжнього ухилу, який здатен подолати автомобіль, може бути записано у вигляді:

$$i_{\max} = D - f, \quad (2.6)$$

де i_{\max} – максимальний поздовжній ухил, який здатен подолати автомобіль; D – динамічний фактор автомобіля; f – коефіцієнт опору кочення;

Для кожної марки і кожної моделі автомобіля максимальний поздовжній ухил буде різним. Це пояснюється різноманіттям тягових можливостей автомобілів.

2.4. Логіко-ймовірнісний підхід до оцінки рівня значимості впливу геометричних параметрів на ймовірність включення транспортних засобів в ДТП

Загальна схема для визначення аварійності з точки зору теорії ймовірностей буде виглядати так, як представлено на рис. 2.3.

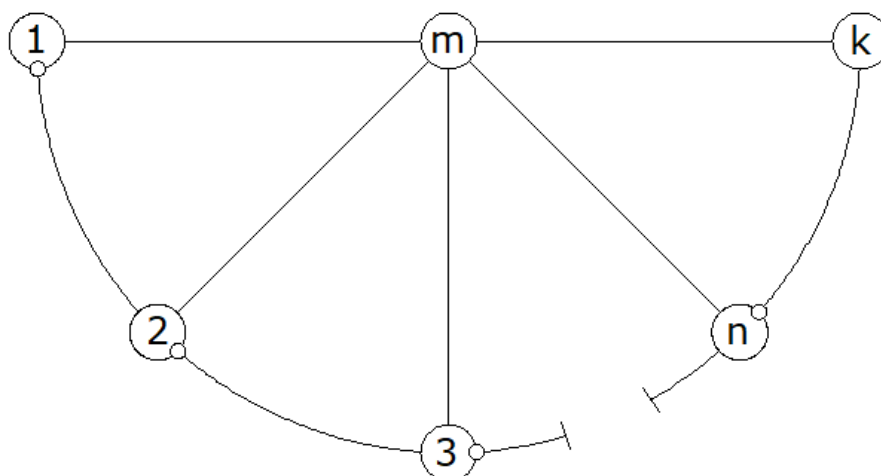


Рис. 2.3. Загальна схема впливу n факторів автомобільної дороги на аварійність проїзду ділянки автомобільної дороги

На схемі рис. 2.3 представлено: n – кількість факторів, які прийняті в якості впливаючих на роботу (відмова) системи; i – функція, яка відображає вплив i ($i=1,2,n$) розглядуваних факторів на підсумкову функцію системи k ; k – підсумкова формула системи.

Таблиця 2.2

Система рівнянь для визначення формул впливу в рамках логіко-ймовірнісних моделей

$Y_1 = X_1$	$\bar{Y}_1 = \bar{X}_1$
$Y_2 = \bar{Y}_1 \cdot X_2$	$\bar{Y}_2 = \bar{Y}_1 \vee X_2$
...	...
$Y_n = \bar{Y}_{n-1} \cdot X_n$	$\bar{Y}_n = Y_{n-1} \cdot \bar{X}_n$
$Y_m = Y_1 \vee Y_2 \vee \dots \vee Y_{n-1} \vee Y_n$	$\bar{Y}_m = \bar{Y}_1 \cdot \bar{Y}_2 \cdot \dots \cdot \bar{Y}_{n-1} \cdot \bar{Y}_n$
$Y_k = \bar{Y}_n \cdot \bar{Y}_m$	$\bar{Y}_k = Y_n \vee Y_m$

Хоч доволі часто логіко-ймовірнісні схеми системи враховують фактори, які не впливають на підсумкові функції (нульові фактори, шуми), робиться допущення, що побудована система відповідає умові впливу всіх перерахованих факторів.

Після побудови системи будується k рівнянь в закодованому вигляді через функції Y для кожного стану системи. При цьому дотримані всі закони алгебри логіки. Складається система рівнянь, в якій за основні позначення приймаються Y, \bar{Y}, X, \bar{X} . Y – підсумкове значення функції i -го стану системи, X – значення впливаючого фактора.

Система рівнянь, побудована з використанням алгебри логіки на основі загальної схеми впливу n факторів в рамках логіко-ймовірнісних методів оцінки аварійності буде виглядати наступним чином (табл. 2.2).

Після співставлення формул по визначенню всіх складових частин системи, необхідно перетворити формулу в логічний запис з використанням тільки

лише значень факторів, а не підсумкових функцій по впливу фактору, починаючи відлік з підсумкової функції.

Після всіх необхідних перетворень ми отримуємо наступний запис для визначення позитивного (негативного) рівня на систему набору факторів.

$$Y_n = Q_1 \cdot Q_2 \cdot \dots \cdot Q_{n-1} \cdot Q_n, \quad (2.7)$$

$$\bar{Y}_n = P_1 + Q_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot \dots \cdot Q_{n-1} \cdot P_n, \quad (2.8)$$

де Q – ймовірність виникнення ДТП під впливом інших факторів ($Q = 1 - P$); P – ймовірність виникнення ДТП під впливом представленого набору факторів; Y_n – функція роботи (під роботою розуміється безаварійний проїзд ділянки автомобільної дороги транспортним засобом); \bar{Y}_n – функція відмови (під відмовою мається на увазі втягнення транспортного засобу в ДТП на аналізованій ділянці автомобільної дороги).

При визначенні ймовірності d і \bar{d} необхідно скористатися багатокутниками частот по впливу на аварійність кожного конкретного фактору.

У разі застосування формул (2.7) і (2.8) неважко помітити, що при збільшенні числа діючих факторів формула (2.7) (аварія по причині іншого набору факторів) буде прямувати до нуля, а формула (2.8) (аварія по причині даного набору параметрів) буде прямувати до 1.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} Y_n = 0, \quad (2.9)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{Y}_n = 1. \quad (2.10)$$

Це доводить, що дана модель адекватна з логіко-математичної точки зору.

2.5. Стохастична модель впливу геометричних параметрів на аварійність

Подолання ділянки автомобільної дороги транспортним засобом – досвід, результатом якого може бути безаварійний проїзд автомобіля по даній ділянці чи втягнення його в ДТП на заданій ділянці автомобільної дороги.

З теорії ймовірностей відомо, що ймовірність виникнення події A настає при необмеженій кількості досліджень (0,5 при підкиданні монети, 1/6 при киданні грального кубика і т.д.).

Тоді, маючи визначену кількість транспортних засобів, які залучені до ДТП на даній ділянці автомобільної дороги з урахуванням того, що відома загальна кількість автомобілів, які проходять по заданій ділянці, можна припустити, що ймовірність втягнення транспортного засобу в ДТП наданій ділянці автомобільної дороги становить:

$$P = \frac{N_{\text{ДТП}}}{N_{\text{заг}}} = 1. \quad (2.11)$$

де P – ймовірність залучення транспортного засобу в ДТП; $N_{\text{ДТП}}$ – кількість дослідів, в яких підсумком стало залучення транспортних засобів в ДТП; $N_{\text{заг}}$ – загальна кількість дослідів.

Однак показник P буде різний при різній завантаженості автомобільних доріг рухом. На рис. 2.4 показана зміна рівня ризику від кількості транспортних засобів, які пройшли по ділянці в період року.

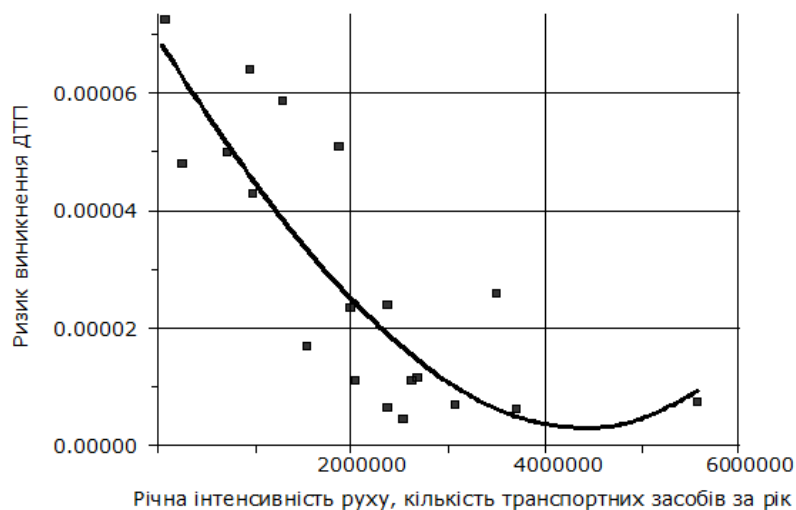


Рис. 2.4. Зміна рівня ризику втягнення транспортного засобу в ДТП залежно від кількості пройшовших через даний переріз транспортних засобів у рік

Ризик втягнення одного транспортного засобу в ДТП підпорядковується наступній закономірності:

$$R_b = 4,66 \cdot 10^{-7} - 1,77 \cdot 10^{-13} \cdot W + 1,15 \cdot 10^{-20} \cdot W^2 + 6,32 \cdot 10^{-27} \cdot W^3, \quad (2.12)$$

де R_b – ризик потрапляння в ДТП; W – кількість транспортних засобів, які пройшли по даній ділянці.

Множення на протяжність розглядуваної ділянки дає кількісну оцінку ризику залучення транспортного засобу в ДТП на всій ділянці:

$$R'_b = R_b \cdot L_{\text{ділянки}}, \quad (2.13)$$

Для кожної інтенсивності руху існує така ділянка автомобільної дороги, яка в ідеалі буде в кінцевих розрахунках критичною для отримання адекватного результату. Однак втомобільна дорога часто або перевищує за протяжністю цю ідеальну ділянку, або є меншою за неї. Доцільне введення коефіцієнта, який приводить реальні протяжності автомобільної дороги до ідеальної ділянки.

Формула (2.13) набуде вигляду:

$$R' = R'_b \cdot K = R_b \cdot L_{\text{ділянки}} \cdot K, \quad (2.14)$$

Необхідно відмітити, що даний коефіцієнт буде справедливим для набору факторів геометричної складової. При збільшенні кількості факторів (додавання складових) необхідно проводити додаткові дослідження для визначення значень коефіцієнта.

Коефіцієнт K розраховується за формулою:

$$K = (135,01 - 1,29 \cdot 10^{-6} \cdot I^{1,5} + 1,79(LN(L))^2 - 31,47 \cdot LN(L) + \frac{167,33}{LN(L)} - \frac{913,37}{L^{0,5}} + 607,7 \cdot \frac{LN(L)}{L})^{2,71}, \quad (2.15)$$

де I – інтенсивність руху, авто./добу; L – довжина ділянки автомобільної дороги, км.

Довжина критичної ділянки для визначення доцільності введення коефіцієнта K визначається за формулою:

$$L_{кр} = -14 + 0,02586 \cdot I. \quad (2.16)$$

Якщо довжина критичної ділянки менша ніж довжина ділянки автомобільної дороги в реальності, то вводиться коефіцієнт, якщо більше – то ні.

Виходячи із вищенаведеного матеріалу, можна вивести формулу повної ймовірності для залучення транспортних засобів в ДТП. Ця формула повинна

складатися із 2-х частин: загальної ймовірності події з урахуванням усередненням нерівномірності руху і додаткових ймовірностей, знайдених за багатокутником частот для кожного досліджуваного параметра.

Повна ймовірність події буде визначатись за формулою:

$$P_{повн} = R'_b \left(1 - \prod_{i=1}^{i=n} Q_i \right) = R'_b \cdot \left(1 - \prod_{i=1}^{i=n} (1 - P_i) \right), \quad (2.17)$$

де n – кількість факторів, які впливають на ймовірність залучення транспортного засобу в ДТП.

Першу частину формули допускається розраховувати за формулою загального ризику залежно від річної інтенсивності руху по автомобільній дорозі. В ідеалі, для кожної автомобільної дороги необхідно розраховувати ризик виникнення ДТП.

2.6. Вибір комбінацій параметрів автомобільної дороги для визначення ймовірностей негативного впливу

Вибір значень факторів буде виконуватись на основі дисперсних картин (графіків розсіювання) взаємного розміщення факторів. Дисперсні картини показують взаємозв'язок застосовуваності для двох параметрів. Навіть якщо між параметрами існує чіткий формульний зв'язок, дисперсна картина такого взаємозастосування буде відрізнятись від однозначної функції. Дисперсні картини характерні тим, що їх неможливо і недостатньо буде описати однією функцією.

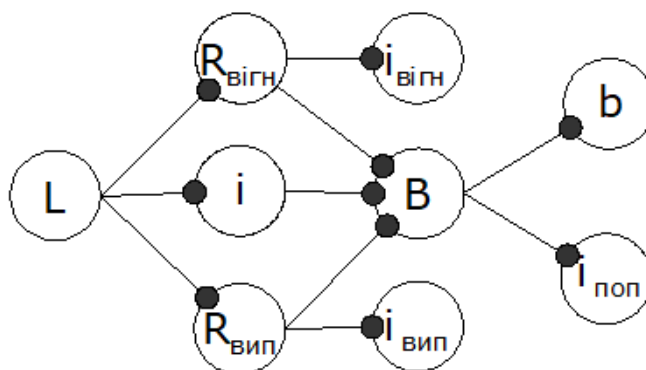


Рис. 2.5. Принцип знаходження всіх геометричних параметрів на прямолінійній ділянці

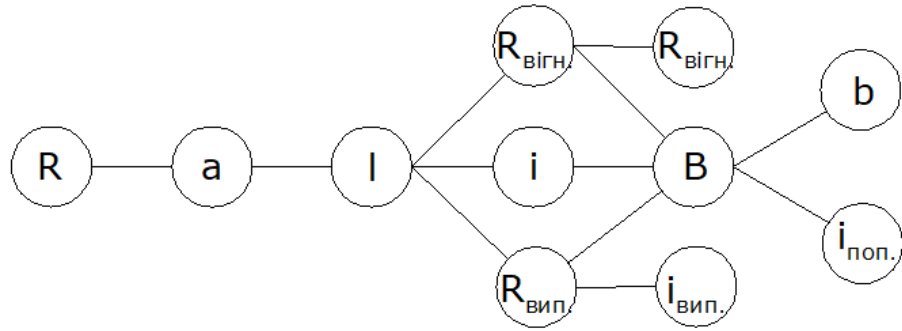


Рис. 2.6. Принцип знаходження всіх геометричних параметрів на криволінійній ділянці

Область найбільш ймовірних результатів – математичне місце точок між верхньою та нижньою межею найбільш частого застосування величин досліджуваних параметрів.

Виражається в загальному випадку формулою:

$$f_1(x) \leq Y(x) \leq f_2(x), \quad (2.18)$$

де $f_1(x)$ і $f_2(x)$ – функції нижньої та верхньої границь відповідно.

При цьому, щоб область найбільш ймовірних результатів була достовірною, необхідно дотримуватись умови, що 95 % всіх точок дисперсної картини повинні потрапляти в область найбільш ймовірних результатів. Іншими словами, кількість точок, які знаходяться вище верхньої границі чи кількість точок, які лежать нижче нижньої границі, не повинні перевищувати 5% окремо, а їх сумарна кількість також не повинна перевищувати 5 % від загальної кількості точок дисперсної картини:

$$\begin{aligned} N_{<f_1} &\leq 0,05 \cdot N_{заг} \\ N_{>f_2} &\leq 0,05 \cdot N_{заг} \\ N_{<f_1} + N_{>f_2} &\leq 0,05 \cdot N_{заг} \end{aligned}, \quad (2.19)$$

де $N_{<f_1}$ – кількість точок нижче нижньої межі; $N_{>f_2}$ – кількість точок вище верхньої межі; $N_{заг}$ – загальна кількість точок на дисперсійній картині.

Головна послідовність будується таким чином, що кількість точок області найбільш ймовірних результатів, які знаходяться вище її і кількість точок, які знаходяться нижче її, були рівними:

$$N_{>f_1 < ГП} = N_{<f_2 > ГП} = 0,5 \cdot N_{ОВР}. \quad (2.20)$$

При визначенні працездатності системи (вплив геометричних параметрів на аварійність), розрахунок необхідно здійснювати на трьох рівнях:

- нижня границя;
- верхня границя;
- головна послідовність.

При побудові верхніх та нижніх границь області найбільш ймовірних результатів крайні значення проходять перевірку потрапляння в ряд за допомогою критерію τ . Для цього весь перелік значень ранжують за інтервалами другого параметру.

За формулами (2.21) та (2.22) визначають практичне значення і порівнюють його з теоретичним, яке розраховане за формулою (2.23):

$$\tau_{II} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} < [\tau]. \quad (2.21)$$

$$\tau_{JI} = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1} < [\tau]. \quad (2.22)$$

де x_n – останній член ранжованого ряду; x_1 – перший член ранжованого ряду; x_{n-1} – передостанній член ранжованого ряду; τ_{II} – критерій оцінки крайніх членів верхнього ряду діапазона; τ_{JI} – критерій оцінки крайніх членів нижнього діапазону.

Загальна залежність зміни теоретичного критерію підпорядковується формулі (2.23):

$$\tau = 0,29 + 1,024 \exp(-0,28n) + 0,317 \exp(-0,06ln), \quad (2.23)$$

де l – число членів ранжування ряду.

Якщо нерівності (2.21) та (2.22) не виконуються або сумісно, або окремо, робиться висновок про те, що крайній член ряду необхідно викинути. Перевірку допускається проробити декілька разів.

При визначенні взаємозв'язків незалежних параметрів за дисперсними картинами необхідно вирішувати рівняння.

Середні арифметичні визначаються за формулами:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} x_i . \quad (2.24)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} y_i . \quad (2.25)$$

Дисперсії визначаються за формулами:

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2 . \quad (2.26)$$

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \bar{y})^2 . \quad (2.27)$$

Коефіцієнт коваріації двох незалежних змінних визначається за формулою (2.28), а коефіцієнт кореляції – за формулою (2.29):

$$S_{xy} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} ((x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})) . \quad (2.28)$$

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y} . \quad (2.29)$$

На основі стохастичної моделі впливу елементів автомобільних доріг на аварійність можна визначити усереднений показник ризику виникнення ДТП при різних комбінаціях факторів геометричної складової автомобільних доріг, а за логіко-ймовірнісною моделлю визначається значимість впливу саме їх на виникнення аварії.

2.7. Рекомендації по застосуванню геометричних параметрів автомобільних доріг загального користування

В наш час при визначенні геометричних параметрів автомобільних доріг проєктувальники повинні дотримуватися цілого ряду нормативів, які містять дані

про оптимальні параметри. При цьому існує лімітований набір із 3-5 геометричних параметрів, які необхідно враховувати при проектуванні чи реконструкції.

Основною негативною стороною нормативних документів по оцінці безпеки дорожнього руху є те, що в них практично відсутні методи та моделі із застосуванням яких можна отримати не відносну величину, а реальну прогнозовану кількість ДТП. В якості основного методу, який відображає численну сторону аварійності, пропонується застосовувати дану модель визначення кількості автомобілів учасників на майбутній прогнозований період часу при проведенні оцінювання робіт, як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації автомобільної дороги.

Підвищений рівень небезпеки в інтервалі малих значень радіусів кривих в плані для автомобільних доріг загального користування пов'язаний з інтенсивністю дорожнього руху і якістю інженерного облаштування автомобільних доріг. Відсутність орієнтирів у вигляді стовпчиків, огорожень на кривих, особливо в нічний час доби, негативно виявляються на оцінці направлення автомобільної дороги водієм, що призводить до з'їздів на узбіччя та в кювет. Також негативно впливає ожеледиця, заметіль, туман та інші погодні прояви, які різко знижують межу видимості автомобільної дороги та інших транспортних засобів.

Для повного опису впливу криволінійних ділянок автомобільних доріг на аварійність необхідно оцінити вплив горизонтальних кривих. Вплив на аварійність горизонтальних кривих не достатнім чином вивчено.

Між кутом повороту і радіусом горизонтальної колової кривої є взаємозв'язок, який може бути виражений за формулою:

$$l = \alpha \cdot R. \quad (2.30)$$

де α – кут повороту кривої, який виражається в радіанах; R – радіус горизонтальної кривої, м; l – довжина горизонтальної кривої, м.

Однак існує цілий ряд кривих, які неможливо описати лиш колом. До них відносяться, наприклад, клотоїди. Прямої залежності між радіусами, кутами та

довжинами кривих в даному випадку не буде. До того ж, якщо розглядати вплив радіусів, кутів повороту та довжин кривих з логічної точки зору, то характер впливу кожного з цих елементів є різним, як на транспортний засіб, так і на психологію водія.

На рис. 2.7 представлений багатокутник появ довжин горизонтальних кривих.

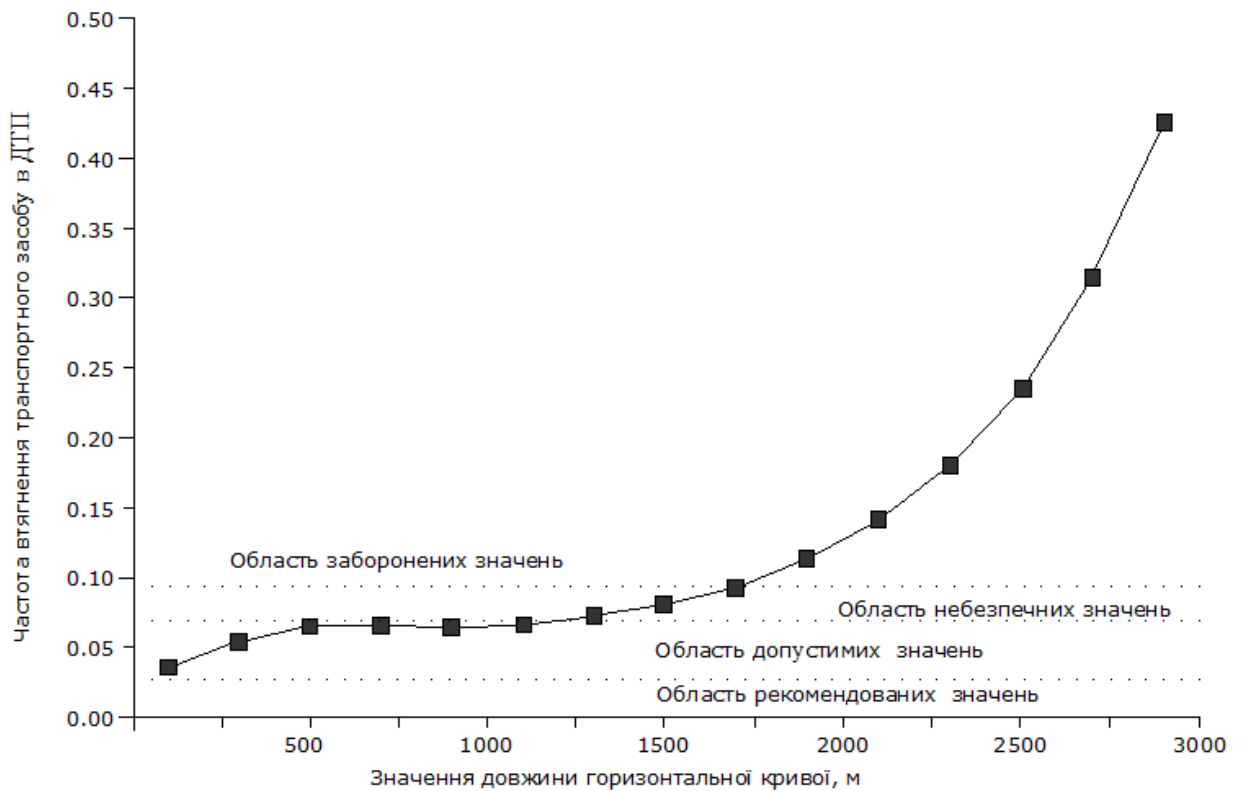


Рис. 2.7. Багатокутник частот втягнення транспортних засобів в ДТП залежно від величини довжини горизонтальної кривої

Довгі прямі вставки в спокійній місцевості призводять до втоми водія, ніж ділянки тієї ж довжини в місцевості, де увага водія звертається на якінебудь подразники.

Багато дослідників пояснюють причину підвищення аварійності з подовженням прямолінійної ділянки втомою водія через одноманітність управління, тобто відсутністю збудників в зоні уваги.

На рис. 2.8 представлений багатокутник частот появи довжин прямолінійних ділянок.

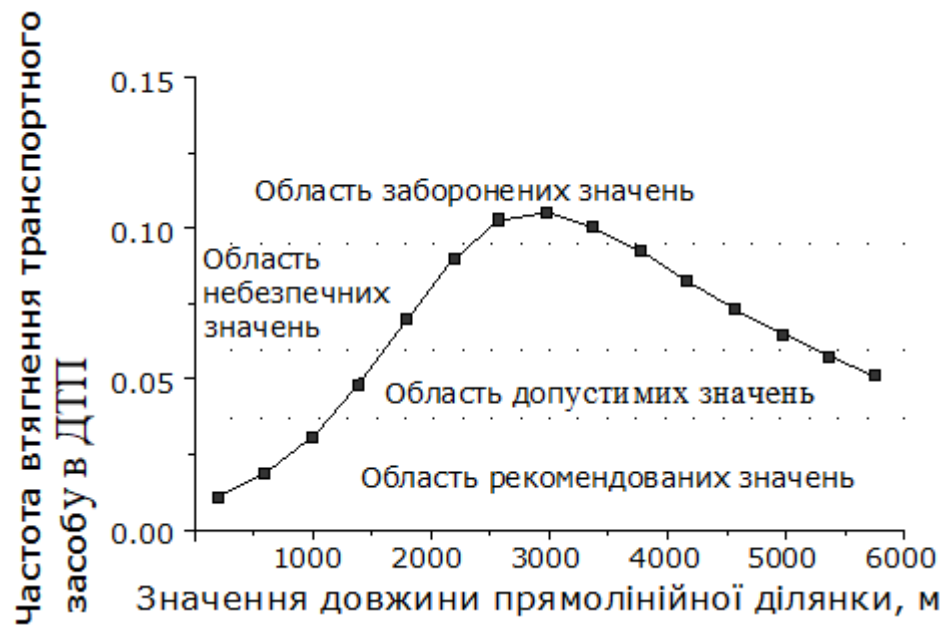


Рис. 2.8. Багатокутник частот втягнення транспортних засобів в ДТП залежно від величини поздовжнього ухилу проїзної частини

Спостерігається різке збільшення кількості прямих вставок при довжині менше ніж 1000 м, що свідчить про високу звивистість дороги. Візуальні відмінності графіків незначні і заключаються в тому, що чим нижчою є категорія автомобільної дороги, тим частіше зустрічаються прямолінійні ділянки меншої довжини. За загальним виглядом графіка можна судити про те, що прямолінійні ділянки більше ніж 3 км зустрічаються доволі рідко. В таких умовах вивчення впливу прямолінійних ділянок до 25 км найбільш недоцільні через значну нестачу інформації і можливих відхилень від істинного розподілу.

Поздовжні ухили впливають в першу чергу на швидкісні характеристики великовантажних транспортних засобів. Це пов'язано з тяговими можливостями двигунів. Великі поздовжні ухили транспортні засоби долають, залучивши додаткові ресурси двигуна. Особливо великі поздовжні ухили характерні для гірської місцевості, перевальних ділянок автомобільних доріг. Причиною необ-

хідності залучення додаткових ресурсів транспортного засобу є зміщення прикладання сили тяги автомобіля у вертикальній площині.

На рис. 2.9 представлений багатокутник частот появи поздовжніх ухилів тієї чи іншої величини у визначеному інтервалі досліджуваних значень.

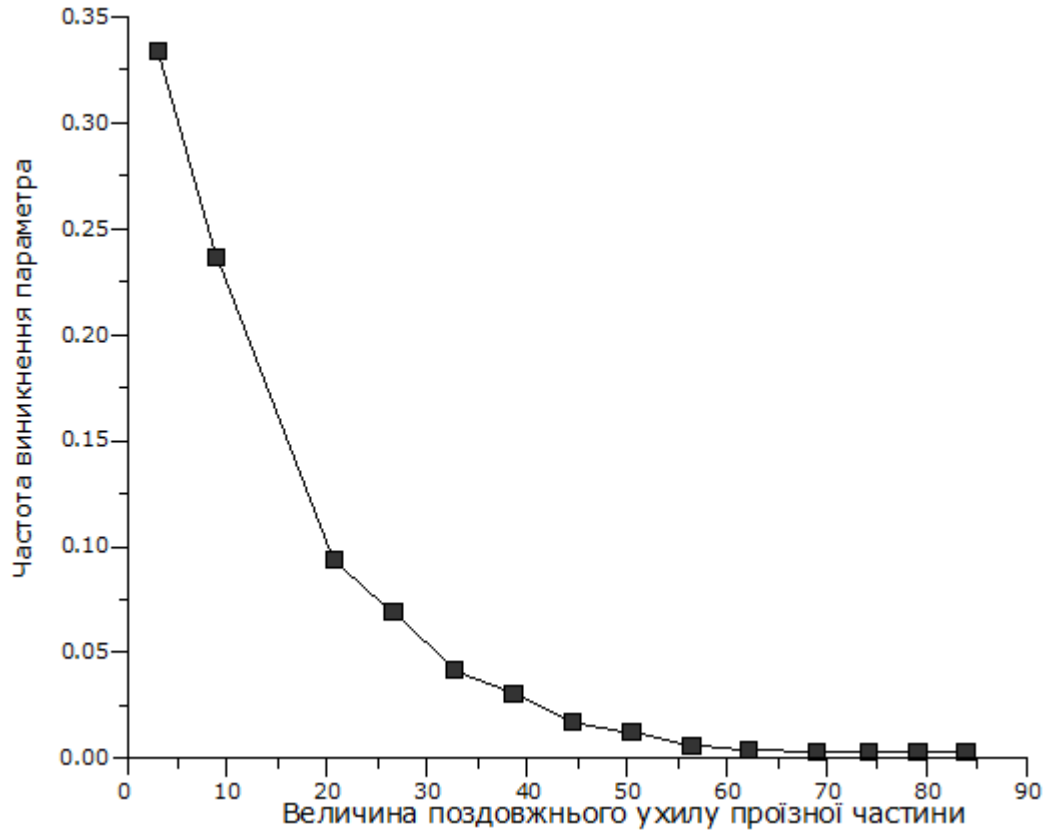


Рис. 2.9. Багатокутник частот появи поздовжнього ухилу проїзної частини

Аналіз графіка, представленого на рис. 2.9, дозволив зробити наступні висновки:

- практична збіжність розподілів ймовірностей появи поздовжніх ухилів проїзної частини у визначеному інтервалі розглядуваних значень незалежно від категорії автомобільної дороги;
- загальне збільшення значення числа ухилів менше ніж 0,030;
- практична незастосовуваність поздовжніх ухилів 60 і більше проміле.

Істинний розподіл ДТП залежно від величини поздовжнього ухилу підтверджує підсилення впливу на аварійність при збільшенні поздовжнього ухилу, особливо в інтервалі більше ніж 50 проміле. Починаючи від 60 проміле збільшення частоти втягнення транспортного засобу в ДТП різко зростає. Однак необхідно відмітити, що спостерігається деяке збільшення частоти втягнення транспортного засобу в ДТП в інтервалі менше ніж 15 проміле. Це пов'язано з наступним фактором: колійність на автомобільній дорозі – явище достатньо поширене. При наявності колій єдиним засобом відведення води з проїзної частини є поздовжній ухил, оскільки поперечний ухил перестає працювати. А поздовжній ухил малої величини при наявності малошорстких покриттів також не забезпечує водовідведення. Таким чином виходить, що вода при потраплянні на проїзну частину не ліквідується, що створює небезпеку виникнення таких неприємних явищ, як ефект аквапланування, коли автомобіль, що рухається зі швидкістю 60 км/год і більше починає ковзати по поверхні проїзної частини через створювану на колесі мікроплівку води. Це може призвести до втрати управління, тобто до виїзду на смугу зустрічного автомобіля чи перекидання.

Значення поздовжніх ухилів, які рекомендовані до застосування на автомобільних дорогах, подані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Рекомендовані значення поздовжніх ухилів

Категорія	Оптимальне значення, ‰	Допустиме значення, ‰	З особливою обережністю, ‰	Заборонено, ‰
2	-	14-50	0-14; 50-63	>63
3	-	19-55	6-19; 55-70	< 6 >70
4	-	17-37	8-17; 37-51	<8 >51

Рекомендації не відносяться до зтяжних підйомів (спусків), на яких необхідно проводити додаткові дослідження для отримання необхідних результатів по сумісному впливу поздовжнього ухилу і протяжності зтяжного спуску (підйому).

Випуклі вертикальні криві в першу чергу впливають на видимість поверхні автомобільної дороги і зустрічних транспортних засобів. Тому вивчення впливу вертикальних випуклих кривих зводять до вивчення обмеження видимості автомобільної дороги в поздовжньому профілі. Однак не слід забувати, що вертикальні випуклі криві малого радіуса сприяють не тільки погіршенню умовної видимості, але і збільшенню значення відцентрової сили, яка діє на автомобіль в екстремальній точці. Виникнення цієї сили в екстремумі призводить до можливого відриву коліс від поверхні проїзної частини і підвищеному зношенню деталей і механізмів автомобіля, а також втраті стійкості при приземленні.

На рис. 2.10 представлений багатокутник частот виникнення радіусів вертикальних кривих.

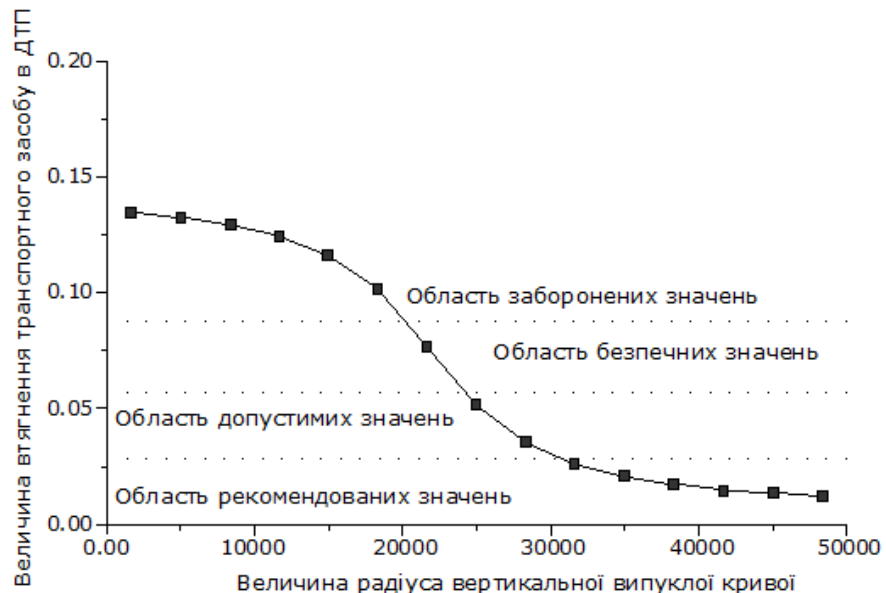


Рис. 2.10. Багатокутник частот втягнення транспортних засобів в ДТП залежно від величини радіуса вертикальної кривої

Чітко виражений максимум в діапазоні радіусів вертикальних кривих малих значень. Це пов'язано з тим, що вертикальні криві більших радіусів доволі важко визначити безпосередньо методами безпосереднього інструментального знімання чи ходовими дорожніми лабораторіями. Однак збільшення кількості вертикальних випуклих кривих - факт.

Увігнуті вертикальні криві в меншій мірі впливають на видимість поверхні автомобільної дороги, ніж випуклі. Однак зниження її при малих значеннях даного параметру все ще має місце. В додаток до цього необхідно підвищений знос вузлів та механізмів транспортних засобів при проходженні ним естремальної точки увігнутої кривої.

Увігнуті криві більш однорідно впливають на аварійність в околах радіусів, які є близькими до нуля і радіусів зі значенням 9000-10000 м. На ділянці між 0 і 9000 м більш низькі категорії характеризуються меншою частотою втягнення транспортного засобу в ДТП, але при цьому на ділянці більше ніж 9000 м частота втягнення транспортного засобу в аварію на них є нижчою, ніж на автомобільних дорогах більш високих категорій.

Слід відмітити той факт, що порівняно з впливом вертикальних випуклих кривих, що на автомобільних дорогах II-III категорій максимальна частота втягнення транспортного засобу в ДТП при впливі увігнутих та випуклих кривих приблизно співставлена, так як на автомобільних дорогах IV категорій вона вище для випуклих кривих, що пояснюється великим впливом обмеження видимості на цих дорогах.

Необхідно відмітити той факт, порівняння із впливом вертикальних випуклих кривих, що на дорогах II-III категорій максимальна частота втягнення транспортних засобів в ДТП при виявленні увігнутих і випуклих кривих приблизно співставлена, тоді як на автомобільних дорогах IV категорії вона вище для випуклих кривих, що пояснюється більшим впливом обмеження видимості на цих дорогах.

Відсоток довжин вертикальних кривих, які не відповідають нормативному значенню складає для автомобільних доріг II категорії 2,7 %, для автомобільних доріг III категорії – 1 % і для доріг IV технічної категорії – 0 %.

Очевидно, що для вплив довжин вертикальних кривих відображається в середньому до 5-7 км, що значно більше за нормативні значення. Важливим фактом є те, що радіус вертикальної випуклої кривої при цьому в декілька разів буде більше ніж нормативний і буде знаходитися в інтервалі стабілізації процесу впливу радіуса кривої на аварійність. Зі зміною інтенсивності руху вплив вертикальних кривих незначної довжини змінюється.

Чим менше інтенсивність, тим менш пологіший графік описується процес впливу. Прогнозовано, при доволі малій інтенсивності руху графік увігнутих вертикальних кривих буде являти собою пряму лінію, паралельну осі абсцис, що буде свідчити про відсутність даного елемента на аварійність.

Затяжні вертикальні криві також є негативними з точки зору безпеку дорожнього, оскільки чим більша довжина кривої при одному і тому радіусі, тим більшу різницю суміжних ухилів можна заховати. Це негативно впливає не на видимість, а на можливість автомобіля.

РОЗДІЛ 3

ПЛАН ТРАСИ, ПОЗДОВЖНІЙ ТА ПОПЕРЕЧНІ ПРОФІЛІ ДІЛЯНКИ ОБ'ЇЗНОЇ ДОРОГИ М. ТЕРНОПІЛЬ

3.1. Встановлення категорії автомобільної дороги та розрахункової швидкості руху

Категорія автомобільної дороги встановлюється в залежності від розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності. Згідно із завданням на проектування, перспективна інтенсивність руху складає 10500 авт./добу. Тому згідно з ДБН В.2.3 – 4:2015 «Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II Будівництво» [1] автомобільна дорога належить до I-б технічної категорії (див. табл.3.1).

Таблиця 3.1

Технічна класифікація автомобільних доріг

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

Інтенсивність руху визначена сумарно в обох напрямках за результатами техніко-економічних вишукувань. При визначенні категорії автомобільної дороги перспективний період взято рівним 20 років, починаючи з року завершення розроблення проекту.

Для розрахунку геометричних елементів автомобільних доріг використано розрахункову швидкість руху автотранспортних засобів. Розрахункова швидкість руху призначається на основі визначеної категорії автомобільної дороги та в залежності від рельєфу місцевості (табл.3.2).

Оскільки дана автомобільна дорога належить до І-б технічної категорії, то її розрахункова швидкість становить 110 км/год. для рівнинної місцевості (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2

Розрахункові швидкості руху

Ч. ч.	Категорія дороги	Розрахункова швидкість, км/год		
		Основна	Допустима на місцевості	
		рівнинна місцевість	горбистій	гірській
1	I-a	130	100	80
2	I-б	110	90	70
3	II	90	70	60
4	III	90	60	50
5	IV	90	50	30
6	V	90	40	30

Примітка 1. До горбистої місцевості належить рельєф, часто порізаний глибокими долинами з різницею позначок дна долин і вододілів понад 50 м на відстані не більше 0,5 км, з бічними глибокими ярами і нестійкими схилами, долинами передгірських рік з бічними притоками.

Примітка 2. До гірської місцевості належать ділянки перевалів (плюс один кілометр в кожний бік від перевалу) через гірські хребти і ділянки гірських ущелин із складними, сильно порізаними або нестійкими схилами, ділянки розповсюдження пластичних зсувів ґрунтів та осипів, долини гірських рік з бічними притоками

У населених пунктах для всіх категорій автомобільних доріг на рівнинній місцевості розрахункову швидкість приймають 60 км/год., якщо інше не передбачене законодавством [5]. Якщо в населеному пункті проектними рішенням забезпечено безпеку руху з мінімізацією несанкціонованого доступу людей та тварин на дорогу (влаштування пішохідних переходів у різних рівнях, огороження проїзної частини від прилеглої території огороженням другої групи) за розрахункову приймається швидкість згідно з таблицею 3.2.

3.2. План траси ділянки автомобільної дороги

План траси ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль наведений на рис. 3.1 та 3.2. Дана ділянка автомобільної дороги має два кути повороту, які мають такі значення: $\alpha_1 = 56^\circ$; $\alpha_2 = 84^\circ$.

Вимоги до проектування плану траси автомобільної дороги згідно з [1] наведені в таблиці 3.3.



Рис. 3.1. Ділянка плану траси об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль (на топографічній основі)

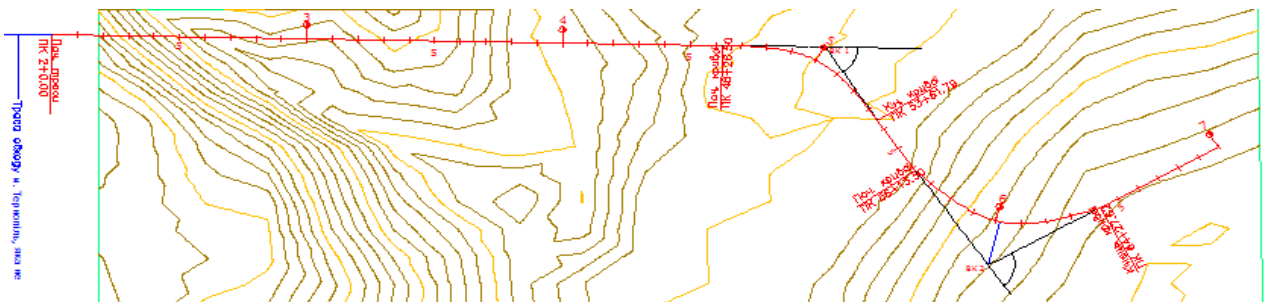


Рис. 3.2. Ділянка плану траси об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль (план з горизонталями)

Таблиця 3.3

Основні технічні нормативи на проектування автомобільної дороги

Найменування елементів	Параметри залежно від розрахункових швидкостей, км/год.										
	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30
Найменший радіус кривої в плані, м	1000	800	700	600	450	300	225	150	100	65	30
Найменша відстань видимості, м: для зупинки автомобіля	335	290	250	210	175	145	115	90	70	50	35

Схема для визначення зони видимості на кривих у плані наведена на рис. 3.3.

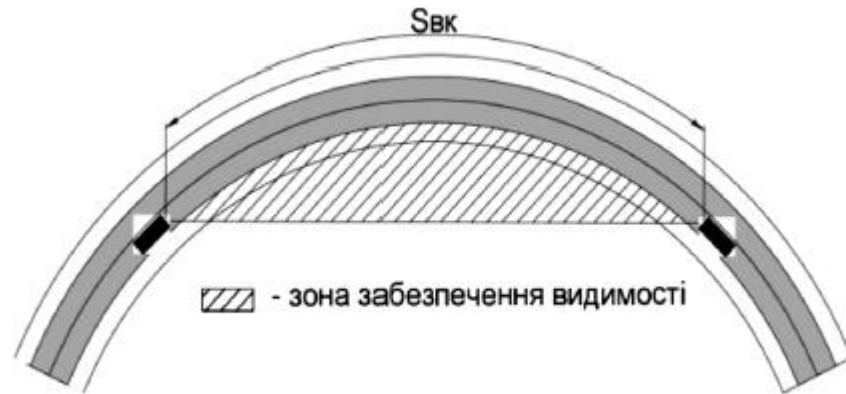


Рис. 3.3. Схема для визначення зони видимості кривих у плані

Мінімальний радіус кривої в плані визначається за формулою 3.1:

$$R = \frac{v^2}{g \cdot (\mu \pm i_n)}, \quad (3.1)$$

де

v – розрахункова швидкість руху автомобіля для даної категорії автомобільної дороги, м/с;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

μ – коефіцієнт поперечної сили (табл. 3.4);

i_n – поперечний ухил віражу ($i_n = 0,06$ згідно з ДБН В.2.3 – 4:2015 «Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II Будівництво»).

Трасою називається просторова лінія, яка розміщується на місцевості по осі дороги, що проектується. Графічне зображення проекції траси автомобільної дороги на горизонтальній площині називається планом траси автомобільної дороги. Зміна напрямку траси характеризується кутом повороту (в градусах чи радіанах), який утворюється продовженням попереднього напрямку траси та його наступного.

У місцях повороту траси визначаються кути повороту та румби прямих ділянок траси автомобільної дороги. У кути повороту траси вписують криві, радіус яких по можливості має перевищувати 2000 м. Якщо вписати криву вказаного радіуса неможливо, то його можна призначити й меншим, але не меншим за значення, що вказані в таблиці 3.3. Траса автомобільної дороги розбивається на стометрові відрізки – пікети. На ділянці об'їзної автомобільної дороги м.Тернопіль (км 2+000 – км 7+000). Потім визначаються елементи кривих (тангенс, довжина кривої, бісектриса, домір). Трасування автомобільної дороги між заданими пунктами (с.Драганівка – с.Петриків) виконане по найкоротшій відстані. Трасування населених пунктів виконане в обхід міста Тернопіль.

Пікети та кілометрові знаки на прямолінійних та криволінійних ділянках нанесені перпендикулярно до осі дороги. Довжина знаку пікету прийнята від 1 до 1,5 мм, кілометрового – 10 мм. Круг розділений на дві рівні частини, права половина за ходом зафарбовується.

В найпростішому випадку трасування автомобільної дороги пом'ягшують, вписуючи на них колові криві з постійним радіусом кривизни або колові криві, які спряжені з допоміжними перехідними кривими [6 – 10]. До елементів колових кривих належать: бісектриса B , тангенс T , довжина кривої K , домір D .

Елементи колової кривої визначаються за формулами (3.2 – 3.5) [6 – 10] :

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180^\circ}; \quad (3.2)$$

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (3.3)$$

$$B = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right); \quad (3.4)$$

$$D = 2T - K, \quad (3.5)$$

де

K – довжина колової кривої;

R – радіус колової кривої;

α – кут повороту траси;

T – тангенс колової кривої;

B – бісектриса;

D – домір.

Всі елементи колової кривої зображені на рис. 3.6.

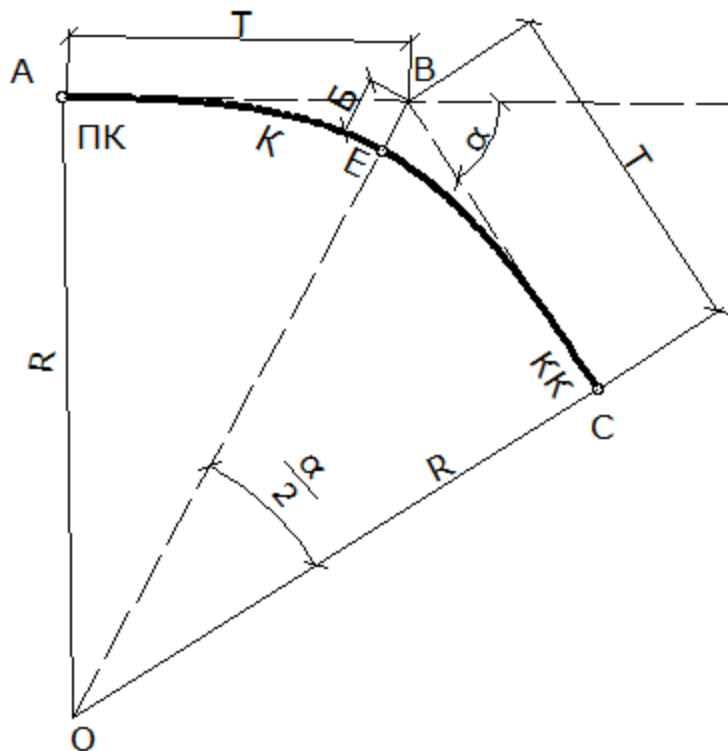


Рис. 3.4 Елементи колової кривої для розрахунку на ділянці об'їзної автомобільної дороги

Виконаємо розрахунок елементів *колової кривої №1* на ділянці об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль (км 2+000 – км 7+000). Кут повороту траси становить: $\alpha = 56^\circ$. Радіус колової кривої складає: $R=752,3$ м. За формулами (3.2 – 3.5) – визначаємо всі елементи колової кривої:

$$K = \frac{\pi \cdot 752,303 \cdot 56}{180^\circ} = 735,289 \text{ м.}$$

$$T = 752,303 \cdot \operatorname{tg} \frac{56^\circ}{2} = 400 \text{ м.}$$

$$B = 752,303 \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{56^\circ}{2}} - 1 \right) = 99,7787 \text{ м.}$$

$$D = 2 \cdot T - K = 2 \cdot 400 - 735,289 = 64,711 \text{ м.}$$

Дана колова крива зображена на рис. 3.5.



Рис. 3.5 Елементи колової кривої для розрахунку на ділянці об'їзної автомобільної дороги

Пікетажне положення початку колової кривої №1 становить: ПК 46+26.5.

Визначаємо пікетажне положення кінця колової кривої: $ККК = ПКК + K = 4626.5 + 735.289 = 5361.79 \text{ м.}$

Виконаємо розрахунок елементів *колової кривої №2* на ділянці об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль (км 2+000 – км 7+000). Кут повороту траси становить: $\alpha = 84^\circ$. Радіус колової кривої складає: $R = 555,3 \text{ м.}$ За формулами (3.2 – 3.5) – визначаємо всі елементи колової кривої:

$$K = \frac{\pi \cdot 555,3 \cdot 84}{180^\circ} = 814,121 \text{ м.}$$

$$T = 555,3 \cdot \operatorname{tg} \frac{84^\circ}{2} = 500 \text{ м.}$$

$$B = 555,30 \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{84^\circ}{2}} - 1 \right) = 191,94 \text{ м.}$$

$$D = 2 \cdot T - K = 2 \cdot 500 - 814,121 = 185,879 \text{ м.}$$

Пікетажне положення початку колової кривої №2 становить:ПК 56+13.50.

Визначаємо пікетажне положення кінця колової кривої: ККК=ПКК+К=5613.5+814.121=6427.62 м.

3.3. Розрахунок перехідної кривої

При проектуванні автомобільних доріг широке розповсюдження отримали криволінійні ділянки, які являють собою різні поєднання кривих: колових та кривих інших типів. При в'їзді з прямолінійної ділянки на криву автомобіль піддається впливу автомобіль піддається впливу відцентрової сили, який може бути різний в залежності від типу кривої. Наприклад, у випадку колової кривої невеликого радіуса відцентрова сила може викликати боковий занос автомобіля. Ця сила обумовлює перерозподіл навантаження на колеса автомобіля та ускладнення керування автомобілем [11]. В критичному режимі працюють всі основні вузли автомобіля, в першу чергу ходова частина, підвіска. Розглянемо зміну відцентрового прискорення відцентрового прискорення при в'їзді автомобіля з прямолінійної ділянки на криволінійну.

Як відомо, при русі автомобіля на криволінійній ділянці відцентрове прискорення визначається за формулою:

$$a = \frac{v^2}{\rho}, \quad (3.6)$$

де v – швидкість автомобіля; ρ – радіус кривизни в розглядуваній точці.

На прямолінійних ділянках дороги $a = 0$, оскільки $\rho = \infty$. На околі

$a = \frac{v^2}{R}$, де R – радіус кола. Графік зміни прискорення на спряженні прямолі-

нійної ділянки та кругової кривої наведений на рис. 2.6, звідки видно, що в точках спряження прискорення з'являється скачком $a = \frac{v^2}{R}$.

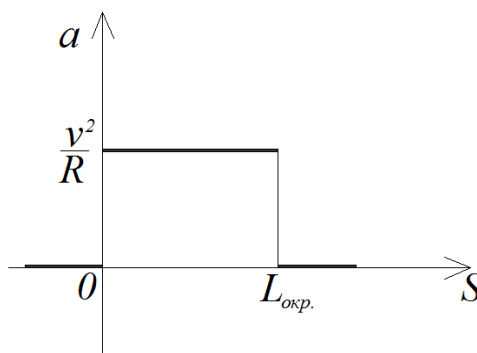


Рис. 3.6 Зміна відцентрового прискорення при руху автомобіля по колівій кривій

Цей скачок негативно впливає на динаміку руху автомобіля, створює можливість його перекидання (особливо для вантажних автомобілів, які перевозять рідкі та сипучі вантажі) та негативно впливає на психофізіологічний стан водія та пасажирів. Реакцією водія, найчастіше, є зниження швидкості руху автомобіля, що зменшує пропускну здатність автомобільної дороги. Крім того, автомобіль виїжджає на заокруглення не по дузі, а по деякій проміжній кривій. При цьому з'являється небезпечність виїзду на смугу зустрічного руху.

Для ліквідації скачка між прямолінійними ділянками автомобільної дороги і коловою кривою вводять перехідні криві, які повинні володіти властивістю, щоб на початку кривої $\rho = \infty$, а в кінці – $\rho = R_{\text{окла}}$. Таким чином, перехідні криві покликані в тій чи іншій мірі плавно змінювати значення прискорення від нуля до $a = \frac{v^2}{R}$. Крім того, вони повинні забезпечувати поступовий поворот керованих коліс автомобіля та зручний заїзд з прямолінійної ділянки автомобільної дороги на колову криву [12].

В якості перехідних кривих використовують різні математичні криві з поступово змінним радіусом кривизни – від нескінченності до заданого: клотоїда

(спіралевидна плоска лінія, чи спіраль Корню), кубічна парабола, лемніската Бернуллі і ін.

Ділянки прямих і кривих у плані при радіусі кривої у плані 2000 м та менше повинні з'єднуватись перехідними кривими. Мінімальні довжини перехідних кривих наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Найменші довжини перехідних кривих

Радіус ко- лової кри- вої, м	30	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600- 1000	1000- 2000
Довжина перехідної кривої, м	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	100

Гладке спряження окремих ділянок графіка відцентрового прискорення зі значеннями $a = 0$ та $a = \frac{v^2}{R}$ на кінцях цих ділянок може здійснити тільки така перехідна крива, при русі по якій графік прискорення має S-подібну форму з двома екстремумами на кінцях (рис.3.7).

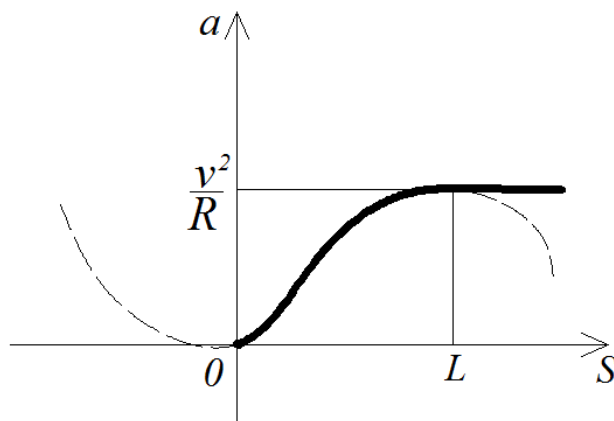


Рис. 3.7. Зміна відцентрового прискорення при переході автомобіля з прямолінійної ділянки на криволінійну у вигляді кардіоїди

Нехай на відрізку $S \in [0; L]$, де L – довжина перехідної кривої, відцентрове прискорення змінюється в залежності від пройденого шляху за законом:

$$a = f(S). \quad (3.7)$$

Для того, щоб ця функція володіла властивістю S-подібності, що зображена на рис. 3.7, вона повинна задовольняти наступним шести умовам:

1) $f=0$ – умова спряження прискорень на прямолінійній та перехідній ділянках;

2) $f'_s(0) = 0$ – умова спряження дотичних (похідних);

3) $f''_s(0) > 0$ – друга достатня умова мінімуму гладкої функції;

4) $f_s(L) = \frac{v^2}{R}$ – умова спряження прискорень на перехідній та круговій ділянках ;

5) $f'_s(L) = 0$ – умова спряження дотичних (похідних);

6) $f''_s(L) < 0$ – друга достатня умова мінімуму гладкої функції;

Якщо функція (3.7), що задовольняє шести вищенаведеним умовам, буде підібрана, то рівняння перехідної кривої знаходять наступним чином:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{v^2} f(S). \quad (3.8)$$

Елемент дуги, радіус кривизни і елементарний кут пов'язані між собою залежністю (рис. 3.8):

$$\rho d\varphi = dS. \quad (3.9)$$

Із формул (3.8) та (3.9) випливає:

$$d\varphi = \frac{1}{v^2} f(S) dS. \quad (3.10)$$

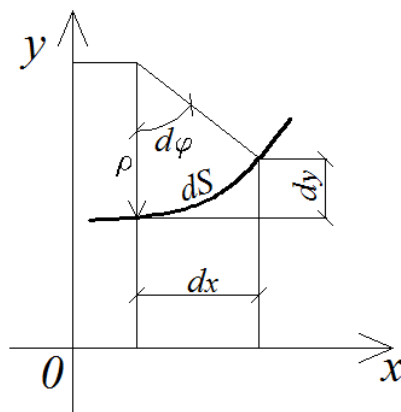


Рис. 3.8. Розрахункова схема для встановлення взаємозв'язку між елементом дуги, радіусом кривизни та елементарним кутом

Проінтегрувавши вираз (3.10), знайдемо:

$$\varphi = \frac{1}{v^2} \int_0^s f(S) dS. \quad (3.11)$$

Підставляючи вираз (2.11) в рівності:

$$dX = \cos \varphi dS, \quad dY = \sin \varphi dS \quad (3.12)$$

і інтегруючи їх, отримаємо параметричні рівняння перехідної кривої:

$$\begin{cases} X = \int_0^s \cos \left(\frac{1}{v^2} \int_0^s f(S) dS \right) dS \\ Y = \int_0^s \sin \left(\frac{1}{v^2} \int_0^s f(S) dS \right) dS \end{cases} \quad (3.13)$$

Виведемо тепер рівняння перехідної кривої, для якої функція (3.7) задовольняє вказаним раніше шести умовам. В класі алгебраїчних многочленів два екстремума має многочлен ступені, не нижче третьої. Будемо знаходити функцію (3.7) у вигляді многочлена третього ступеня, коефіцієнти якого підбираємо із умови виконання вищенаведених шести пунктів:

$$f(S) = \frac{v^3}{RL^3} \cdot (3LS^2 - 2S^3). \quad (3.14)$$

За допомогою цієї функції виконується плавне спряження не тільки окремих ділянок графіка відцентрового прискорення, але і окремих ділянок графіка наростання відцентрового прискорення (рис.3.9).

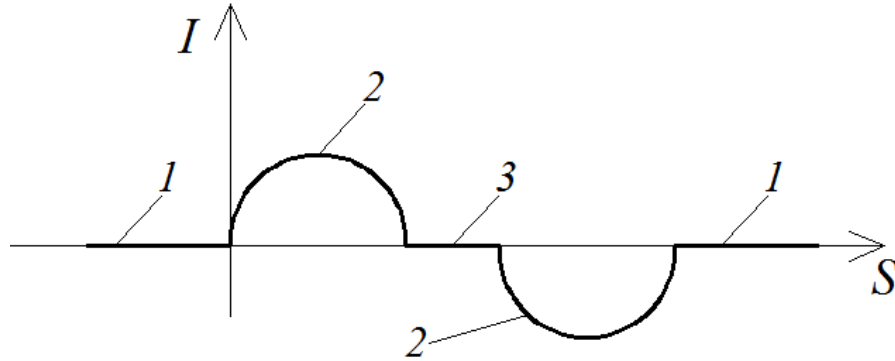


Рис. 3.9. Зміна швидкості наростання відцентрового прискорення при переході автомобіля з прямолінійної ділянки на криволінійну, що складається з кардіоїди I типу та колової кривої

Примітка. 1 – відрізок графіка, який відповідає руху автомобіля по прямолінійній ділянці; 2 – по кардіоїді I типу; 3 – по коловій кривій

З урахуванням виразу (3.14), формула 3.11 набуває вигляду:

$$\varphi = \frac{1}{RL^3} \left(LS^3 - \frac{1}{2} S^4 \right), \quad (0 \leq S \leq L). \quad (3.15)$$

Відмітимо, що $\varphi_{\max} = \varphi(L) = \frac{L}{2R}$ – кут повороту на новій перехідній кривій.

Підставляючи вираз (2.15) в (2.12) та інтегруючи їх, отримаємо:

$$\begin{cases} X = \int_0^S \cos \frac{1}{RL^3} (LS^3 - \frac{1}{2} S^4) dS \\ Y = \int_0^S \sin \frac{1}{RL^3} (LS^3 - \frac{1}{2} S^4) dS \end{cases} \quad (3.16)$$

Вважаючи, що $\frac{L}{R} = \beta$, $\frac{S}{L} = t$, отримаємо:

$$\begin{cases} X = R\beta \int_0^t \cos \beta(t^3 - \frac{1}{2}t^4) dt \\ Y = R\beta \int_0^t \sin \beta(t^3 - \frac{1}{2}t^4) dt, (0 \leq t \leq 1). \end{cases} \quad (3.17)$$

Рівності (3.16) найбільш зручні для складання таблиць координат точок перехідної кривої, оскільки вони дозволяють для різних значень побудувати таблиці значень x та y без врахування радіуса (безрозмірні таблиці). Для отримання істинних значень X та Y табличні значення достатньо помножити на конкретне значення R .

Для визначення довжини нової перехідної кривої знайдемо найбільше значення наростання відцентрового прискорення.

Згідно виразу (3.14), прискорення:

$$a = \frac{v^2}{RL^3} (3LS^2 - 2S^3), \quad (3.18)$$

наростання прискорення:

$$I = \frac{da}{dt} = \frac{da}{dS} \frac{dS}{dt} = \frac{6v^3}{RL^3} (LS - S^2). \quad (3.19)$$

Реалізуючи необхідну умову екстремуму гладкої функції:

$$\frac{dI}{dS} = 0. \quad (3.20)$$

отримаємо:

$$\frac{6v^3}{RL^3} (L - 2S) = 0, \quad (3.21)$$

звідки:

$$S = \frac{L}{2}. \quad (3.22)$$

Оскільки функція скрізь від'ємна, то при наростання відцентрового прискорення досягає максимуму:

$$I_{\max} = I\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{6v^3}{RL^3} \left(\frac{L^2}{2} - \frac{L^2}{4} \right) = \frac{3v^3}{2RL}. \quad (3.23)$$

Значення наростання відцентрового прискорення на всій перехідній кривій не повинно перевищувати деякого допустимого значення I_0 .

Із нерівності:

$$\frac{3v^3}{2RL} \leq I_0 \quad (3.24)$$

знаходимо мінімально допустиму довжину перехідної кривої

$$L \geq \frac{3v^3}{2RI_0} \quad (3.25)$$

Якщо в цьому виразі швидкість вимірювати в кілометрах за годину, то:

$$L \geq \frac{v^3}{31RI_0} \quad (3.26)$$

Згідно з (2.24), параметр β в формулах (2.17):

$$\beta \geq \frac{3v^3}{(2R^2I_0)}, \quad (3.27)$$

а кут повороту перехідної кривої:

$$\varphi_{\max} \geq \frac{3v^3}{(4R^2I_0)}. \quad (3.28)$$

Нехай кут повороту траси дорівнює α . Тоді кут повороту на околі:

$$\alpha_{ок.} = \alpha - 2\varphi = \alpha - \beta, \quad (3.29)$$

а довжина кругової вставки:

$$L_{ок.} = R \cdot (\alpha - \beta). \quad (3.30)$$

Розглянемо визначення координат центра кругової вставки. Нехай крива заокруглення має вигляд, що наведений на рис. 3.10.

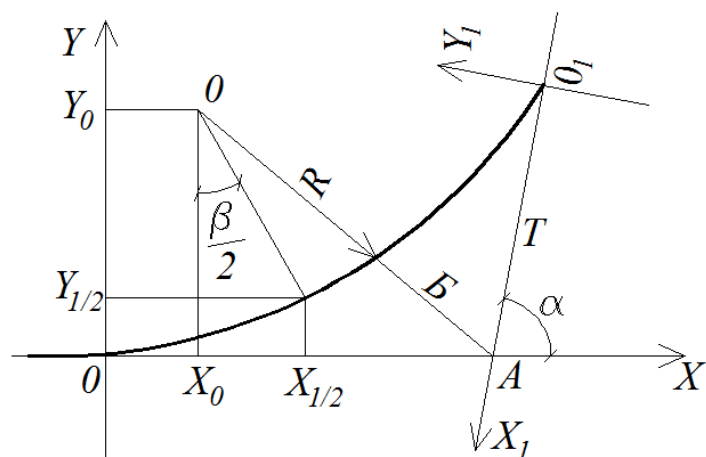


Рис. 3.10. Розрахункова схема криволінійної ділянки, яка складається з кардіоїди I типу та колової кривої для визначення координат центра кругової вставки

Тоді координати центра кругової вставки x_0, y_0 визначаються за наступними залежностями:

$$\begin{cases} x_0 = x_{1/2} - \sin(\beta/2); \\ y_0 = y_{1/2} + \cos(\beta/2), \end{cases} \quad (3.31)$$

де $x_{1/2}, y_{1/2}$ – координати центра перехідної кривої; β – кут, який припадає на дві перехідні криві.

Відрізок:

$$OA = y_0 / \cos(\alpha/2) \quad (3.32)$$

Довжина бісектриси становить:

$$\delta = y_0 / [\cos(\alpha/2) - 1] \quad (3.33)$$

Тангенс визначається за формулою:

$$T = x_0 + y_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) \quad (3.34)$$

Детальну розбивку заокруглень, які являють собою поєднання перехідної кривої та кругової вставки, здійснюють наступним чином. Перш за все визначають початок та кінець заокруглення. Потім на тангенсі від початку (чи кінця)

заокруглення в напрямку до вершини кута відкладають абсциси X . Для отримання значень абсцис і ординат точок перехідної кривої складена спеціальна таблиця за параметром M ($M = L/R$), де d – довжина перехідної кривої, d – радіус кругової вставки.

Розрахунок перехідної кривої №1

Нехай необхідно вписати перехідну криву в злам траси, кут повороту якої становить 56^0 (рис. 3.5). Розрахункова швидкість руху становить 110 км/год, радіус кругової вставки становить 752,303 м. Перевіримо, чи буде при цих значеннях L і R наростання прискорення I менше нормативного значення $I_0 = 0,5...0,6$ м/с³.

Для цього використовуємо формулу:

$$3 \cdot v^3 / 94 \cdot R \cdot L \leq I_0. \quad (3.35)$$

Підставивши в цей вираз значення $v = 110$ км / год , $R = 752,3$ м і $L = 120$ м (табл. 3.4) , отримаємо:

$$3 \cdot 110^3 / 94 \cdot 752,3 \cdot 120 = 0,4705 \leq I_0 = 0,5...0,6 \text{ м/с}^3.$$

Визначаємо параметр M :

$$M = \frac{L}{R} = \frac{120}{752,303} = 0,1595 \text{ рад чи } 9^008'. \quad (3.36)$$

Переконаємось, чи задовольняється умова непересічення перехідних кривих на заокругленні. Для цього обчислимо різницю $\alpha - M$:

$$\alpha - M = 56^0 - 9^08' = 46^052' > 0.$$

З цього робимо висновок, що кругова вставка існує та перехідні криві на заокругленні не перетинаються.

Тепер встановимо початок і кінець заокруглення. Для цього за формулою (3.34) визначасмо тангенс заокруглення, а за формулою (3.31) – безрозмірні координати центра кругової вставки.

Для даного випадку $x_k = 0,159907$, $y_k = 0,003838$.

$$\begin{cases} x_0 = 0,159907 - \sin(9^{\circ}08'/2) = 0,159907 - 0,0796 = 0,080307; \\ y_0 = 0,003838 + \cos(9^{\circ}08'/2) = 1,001. \end{cases}$$

Тоді істинні значення становитимуть:

$$\begin{cases} X_0 = x_0 \cdot R = 0,080307 \cdot 752,3 = 60,415 \text{ м}; \\ Y_0 = y_0 \cdot R = 1,001 \cdot 752,3 = 753,0523 \text{ м}. \end{cases}$$

Істинне значення тангенса становить:

$$T = 60,415 + 753,0523 \cdot \operatorname{tg}(56^{\circ}/2) = 460,82 \text{ м}.$$

Визначаємо істинне значення бісектриси:

$$b = 1,001 / [\cos(56^{\circ}/2) - 1] \cdot 752,3 = 101,5 \text{ м}.$$

Відклавши від вершини кута повороту траси по обидві сторони за попереднім і новим напрямком $T=460,82$ м, отримаємо початок та кінець заокруглення.

Розглянемо детальну розбивку тільки половини заокруглення, яке включає в себе перехідну криву і половину кругової вставки, оскільки інша половина – дзеркальне відображення першої та розбивається аналогічно. За центр системи координат при розбивці приймаємо початок заокруглення. Детальну розбивку здійснюємо способом ординат від тангенса.

Перше значення x виберемо для такої точки, ордината у якої представляє собою перше відмінне від нуля число. В нашому випадку це буде точка з абсцисою:

$$X = 0,03 \cdot 752,3 = 22,569 \text{ м}$$

Для цієї точки:

$$Y = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 752,3 = 0,0075 \text{ м}$$

3.4. Загальні відомості про поздовжній профіль та порядок його проектування

Поздовжній профіль дороги – це умовне зображення розрізу дороги вертикальною площиною, яка проходить через її вісь. На поздовжньому профілі показують рельєф поверхні землі по осі дороги, положення ліній брівки земляного полотна відносно поверхні землі, ґрунтовий розріз по осі дороги та розміщення штучних споруд. Він характеризує крутизну окремих ділянок дороги, яка вимірюється поздовжнім ухилом, а також розташування проїзної частини відносно поверхні землі.

Горизонтальний масштаб поздовжнього профілю приймають 1:5000, вертикальний 1:500, для ґрунтів 1:50.

Проектну лінію, робочі відмітки, запроектовані штучні споруди, розгорнутий план траси, тип вибраних поперечних профілів земляного полотна, а також пікети, криві та кілометри наносять червоним кольором, усе інше – чорним.

Висоту цифр відміток землі по осі дороги та брівці земляного полотна приймають 3 мм, кілометрових знаків – 5 мм, інших – 2 мм.

Потім викреслюють чорний поздовжній профіль поверхні землі, віднесений до осі дороги. Для цього із карти виписують відмітки по пікетах та плюсових точках, тобто тих, які розташовані на водозбірних та водо роздільних лініях, на дні ярів, біля урізу річок і струмків, на брівці земляного полотна існуючих автомобільних доріг, головках рейк залізниць тощо.

Встановивши відмітку умовного горизонту, вгору від неї (у масштабі 1:500) відкладають ординати, що дорівнюють чорній відмітці кожної точки мінус відмітка умовного горизонту.

З'єднавши вершини ординат тонкими лініями, отримують лінію поверхні землі по осі дороги. Після цього заповнюють графу 1, в якій наносять розгорнутий план траси із ситуацією на відстані 50 м по обидва боки від осі дороги та графу 14, в якій вказують криві та кілометри. Криві при повороті траси ліворуч

показують угнутістю вниз, праворуч – угору. Початок та кінець горизонтальної кривої прив'язують до пікетів, тобто записують відстань до попереднього та наступного пікетів. У межах кривої записують кут повороту, радіус заокруглення, довжину перехідної кривої та кругових кривих. Згідно з даними щодо ґрунтів, типу місцевості за зволоженням та в залежності від дорожньо-кліматичної зони встановлюють перевищення брівки земляного полотна над поверхнею землі, горизонтом ґрунтових вод. Перевищення брівки земляного полотна визначається за даними табл. 3.5, віднявши від табличних даних товщину дорожнього покриття (0,4 – 0,5 м).

Таблиця 3.5

Найменші підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем води, м

Ґрунт верхньої частини земляного полотна (робочого шару)	Дорожньо-кліматична зона		
	У-І	У-ІІ	У-ІІІ
Пісок	<u>1,1</u>	<u>0,9</u>	<u>0,75</u>
	0,9	0,7	0,55
Пісок пилюватий, супісок піщанистий	<u>1,5</u>	<u>1,2</u>	<u>1,1</u>
	1,2	1,0	0,8
Суглинок піщанистий, глина	<u>2,2</u>	<u>1,8</u>	<u>1,5</u>
	1,6	1,4	1,1
Супісок пилюватий, суглинок пилюватий	<u>2,4</u>	<u>2,1</u>	<u>1,8</u>
	1,8	1,5	1,3

Примітка 1. Над ризикою подані значення підвищення поверхні покриття над рівнем ґрунтових вод або тривалого затоплення (понад 30 діб) поверхневими водами, під ризикою – те саме над поверхнею землі на ділянках із незабезпеченим поверхневим водовідведенням або над рівнем короткотривалого (менше 30 діб) затоплення поверхневими водами.

Примітка 2. За розрахунковий рівень слід приймати найбільший можливий сезонний рівень ґрунтових вод з імовірністю перевищення 3 % – для цементобетонного покриття, 5 % – для асфальтобетонного покриття і 10 % – для перехідного типу покриття.

Примітка 3. Підвищення поверхні покриття дорожнього одягу над рівнем ґрунтових або поверхневих вод при слабо – і середньозасолених ґрунтах слід збільшувати на 20 % (для суглинків і глини на 30 %), а при сильнозасолених ґрунтах – від 40 % до 60 %.

Примітка 4. В районах штучного зрошення підвищення поверхні покриття над зимово-весняним рівнем стояння вод у зоні У-ІІІ слід збільшувати на 0,4 м, а в зоні У-ІІ – на 0,2 м.

Примітка 5. В умовах зони У-ІУ найменші підвищення поверхні покриття над розрахунковим рівнем води призначають для Карпат за нормами зони У-І, для гірського Криму – за нормами зони У-ІІ з урахуванням досвіду експлуатації доріг у цих районах.

На підходах до малих мостів і дорожніх труб висота брівки земляного полотна має перевищувати прийнятий (розрахунковий) горизонт води з урахуванням підпору не менше 0,5 м при безнапірному режимі споруди та не менше

1 м – при напірному чи напівнапірному. Перед нанесенням проектної лінії намічають контрольні відмітки; брівки насипів біля штучних споруд; головки рейок залізниць; осі проїзної частини в населених пунктах; осі автомобільних доріг, з якими вони пересікаються в різних рівнях.

3.5. Побудова чорного поздовжнього профілю рельєфу місцевості по осі траси автомобільної дороги

Побудова чорного поздовжнього профілю рельєфу місцевості по осі траси починається з визначення фактичних відміток на пікетах та в характерних точках поздовжнього профілю. Дана автомобільна дорога між пунктами с. Драганівка і с. Петриків має довжину, яка дорівнює 5 км. Фактичні відмітки рельєфу місцевості на всіх характерних точках та по всіх пікетах наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Фактичні відмітки рельєфу місцевості по всій довжині траси автомобільної дороги

№	Пікетажне положення точки	Фактична відмітка рельєфу місцевості, Н _{факт.} , М
1	ПК 20+0.00	305,00
2	ПК 21+0.00	301,37
3	ПК 22+0.00	298,11
4	ПК 23+0.00	294,83
5	ПК 24+0.00	292,57
6	ПК 25+0.00	291,73
7	ПК 25+14.95	291,60
8	ПК 26+0.00	294,16
9	ПК 27+0.00	298,00
10	ПК 28+0.00	304,20
11	ПК 29+0.00	310,46
12	ПК 30+0.00	313,54
13	ПК 31+0.00	315,82
14	ПК 32+0.00	317,24
15	ПК 33+0.00	318,22
16	ПК 34+0.00	319,11
17	ПК 35+0.00	319,87
18	ПК 36+0.00	320,16
19	ПК 37+0.00	320,12
20	ПК 38+0.00	319,72
21	ПК 39+0.00	319,35

22	ПК 40+0.00	319,00
23	ПК 41+0.00	318,75
24	ПК 42+0.00	318,94
25	ПК 43+0.00	319,20
26	ПК 44+0.00	319,71
27	ПК 45+0.00	320,16
28	ПК 46+0.00	320,27
29	ПК 47+0.00	320,24
30	ПК 48+0.00	319,45
31	ПК 49+0.00	318,28
32	ПК 50+0.00	314,47
33	ПК 51+0.00	313,50
34	ПК 52+0.00	312,20
35	ПК 53+0.00	314,17
36	ПК 54+0.00	314,26
37	ПК 55+0.00	315,94
38	ПК 56+0.00	316,65
39	ПК 57+0.00	316,08
40	ПК 58+0.00	314,00
41	ПК 59+0.00	313,71
42	ПК 60+0.00	316,84
43	ПК 61+0.00	318,31
44	ПК 62+0.00	319,39
45	ПК 63+0.00	319,79
46	ПК 64+0.00	320,04
47	ПК65+0.00	320,07
48	ПК 66+0.00	319,76
49	ПК 67+0.00	320,26
50	ПК 68+0.00	320,64
51	ПК 69+0.00	320,59
52	ПК 70+0.00	320,63

Чорні відмітки рельєфу місцевості встановлюються за інтерполяцією між фактичними горизонталями.

3.6. Побудова червоного профілю та розрахунок вертикальних кривих

Проектну лінію наносять вище поверхні землі на величину керівної робочої відмітки по можливості паралельно до неї. Такий метод нанесення проектної лінії називають проектуванням за обвідною. На крутих спусках (підйомах) ухили поверхні землі іноді перевищують максимально допустимі ухили автомобільної дороги. У цьому разі проектну лінію наносять за січною.

Метод проектування за обвідною порівняно з методом за січною має ряд переваг: мінімум земляних робіт, зручні умови для роботи дорожньо-

будівельних машин, забезпечення стійкості земляного полотна проти дії на нього води, виключення малих виїмок, які заносяться снігом. Прокладання ділянок у виїмках потрібно зводити до мінімальної довжини. Для забезпечення поверхневого стоку води проектну лінію у виїмках слід наносити з ухилом не менше 5 ‰ . Проектування горизонтальних ділянок, а також використання увігнутих вертикальних кривих у виїмках не допускається. Довжина горизонтальної площадки в зоні залізничного проїзду має бути щонайменше 2 м від крайньої рейки. Підходи автомобільної дороги до перетину протягом 50 м слід проектувати з поздовжнім ухилом щонайбільше 30 ‰ [1]. Вертикальні відстані від проводів повітряних телефонних та телеграфних ліній до проїзної частини в місцях перетину з автомобільними дорогами мають перевищувати 5,5 м (у теплі пори року). Перевищення проводів при перетині електропередачі має бути щонайменшим: при напрузі до I Кв – 6,0 м; до 110 Кв – 7,0 м; до 500 кВ – 9,0 м; до 750 кВ – 16 м. Після встановлення висотного положення контрольних точок переходять до нанесення проектної лінії. Вимоги ДБН В.2.3 – 4:2015 «Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II Будівництво» [1] до проектування поздовжнього профілю наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Найменування елементів	Параметри елементів поздовжнього профілю										
	Параметри залежно від розрахункових швидкостей, км/год.										
	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30
Найменший поздовжній ухил, ‰	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
Найменший радіус кривої у поздовжньому профілі, км:	15 4,4	12 3,7	11 3,2	10 2,6	9 2,1	8,5 1,7	5,5 1,3	3,5 1,0	2 0,7	1 0,5	0,5 0,3

Проектну лінію завтовшки 1 мм наносять червоним кольором.

В даному проекті виникає потреба вписати 4 вертикальні криві у злами поздовжнього профілю. На прямолінійних ділянках поздовжнього профілю перевищення між двома точками поздовжнього профілю визначається за формулою:

$$h = i \cdot L, \quad (3.37)$$

де h – перевищення між двома точками поздовжнього профілю; i – поздовжній ухил на тій чи іншій ділянці поздовжнього профілю; L – довжина ділянки поздовжнього профілю.

Перша прямолінійна ділянка поздовжнього профілю має довжину 387,5 м та ухил 2,5 ‰. Тоді перевищення між двома точками становитиме:

$$h = 0,0025 \cdot 100 = 0,25 \text{ м.}$$

Відмітки по пікетам становлять:

$$\begin{aligned} N_{\text{ПК } 20+0.00} &= 305,00 \text{ м}; N_{\text{ПК } 21+0.00} = 305,00 - 0,25 = 304,75 \text{ м}; N_{\text{ПК } 22+0.00} = 304,75 - 0,25 \\ &= 304,50 \text{ м}; N_{\text{ПК } 23+0.00} = 304,50 - 0,25 = 304,25 \text{ м}; N_{\text{ПК } 23+87.50} = 304,25 - 0,0025 \cdot 87,5 = \\ &= 304,03 \text{ м.} \end{aligned}$$

Розрахунок вертикальної увігнутої кривої I

Перелом поздовжнього профілю утворений ухилами $i_1 = -0.0025$ та $i_2 = 0.02$ на ділянці довжиною $L = 400$ м. В даний перелом необхідно вписати криву радіуса $R = 10000$ м (рис.3.11). $\bar{H}_1 = 304,03$ м; $\bar{H}_2 = 305,76$ м.

1) Визначаємо довжину вертикальної кривої за формулою:

$$L_k = (i_1 + i_2) \cdot R. \quad (3.38)$$

$$L_k = (0.0025 + 0.020) \cdot 10000 = 225 \text{ м.}$$

Тоді пікетажне положення для початку вертикальної увігнутої кривої становить:

$$\text{ПК} = \frac{L}{2} - \frac{L_k}{2} = 200 - \frac{225}{2} = 87,5 \text{ м.} \quad (3.39)$$

Пікетажне положення для кінця вертикальної увігнутої кривої становить:

$$KK = \frac{L}{2} + \frac{L_k}{2} = 200 + \frac{225}{2} = 312,5 \text{ м.} \quad (3.40)$$

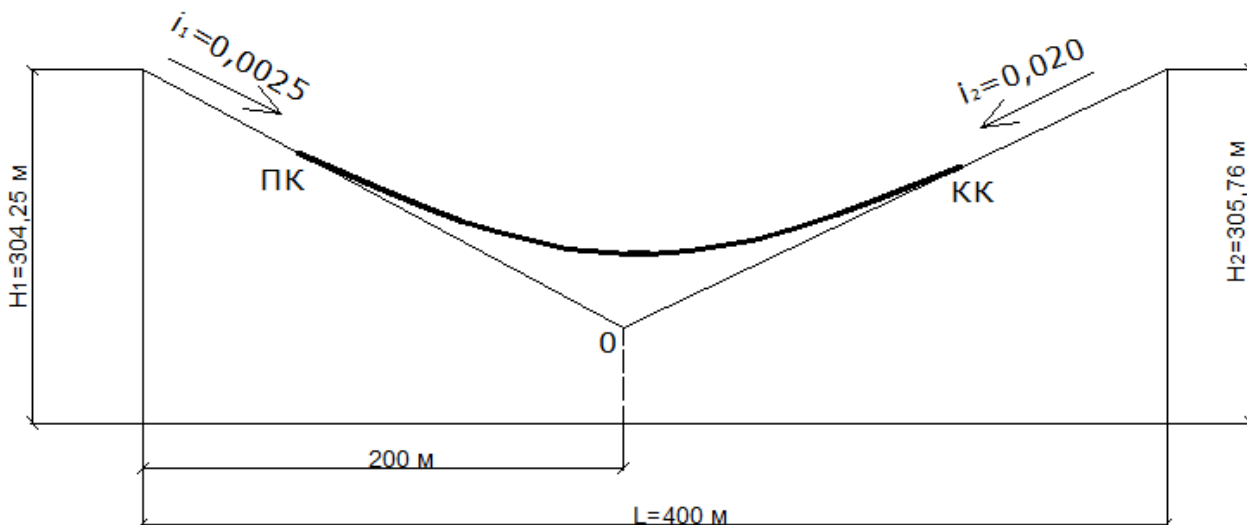


Рис. 3.11 Схема до розрахунку проектних відміток вертикальної кривої №1

Виконуємо розрахунки відміток точок.

Визначаємо відмітку початку вертикальної кривої:

$$H_{ПК23+87,5}^{ПК} = H_1 - i_1 \cdot 87,5 = 304,25 - 0,0025 \cdot 87,5 = 304,03 \text{ м.}$$

Визначаємо відстань від початку кривої до вершини кривої:

$$l^{верш.} = i_1 \cdot R = 0,0025 \cdot 10000 = 25 \text{ м.}$$

Перевищення початку кривої над її вершиною становить:

$$h^{верш.} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{25^2}{2 \cdot 10000} = 0,03 \text{ м.}$$

Відмітка вершини кривої становить:

$$H_{ПК24+12,5}^{ВК} = H_{ПК23+87,5}^{ПК} - h^{верш.} = 304,03 - 0,03 = 304,00 \text{ м.}$$

Відстань від вершини кривої до кінця кривої становить:

$$l^{KK} = i_2 \cdot R = 0,020 \cdot 10000 = 200 \text{ м.}$$

Перевищення кінця кривої над її вершиною становить:

$$h_{ПК24+12,5}^{KK} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{200^2}{2 \cdot 10000} = 2 \text{ м.}$$

Відмітка кінця кривої становить:

$$H_{ПК26+12.5}^{KK} = H_{ПК24+12.5}^{BK} + h_{ПК24+12.5}^{KK} = 304,00 + 2 = 306,0 \text{ м.}$$

Визначаємо відмітку точки, яка відповідає ПК 24:

$$H_{ПК24} = H_{ПК24+12.5}^{BK} + h_{верш.}^{ПК24}.$$

$$h_{верш.}^{ПК24} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{12,5^2}{2 \cdot 10000} = 0,01 \text{ м.}$$

$$H_{ПК24} = 304,00 + 0,01 = 304,01 \text{ м.}$$

Визначаємо відмітку точки, яка відповідає ПК 25:

$$H_{ПК25} = H_{ПК24+12.5}^{BK} + h_{верш.}^{ПК25}.$$

$$h_{верш.}^{ПК25} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{87,5^2}{2 \cdot 10000} = 0,38 \text{ м.}$$

$$H_{ПК25} = 304,00 + 0,38 = 304,38 \text{ м.}$$

Визначаємо відмітку точки, яка відповідає ПК 26:

$$H_{ПК26} = H_{ПК24+12.5}^{BK} + h_{верш.}^{ПК26}.$$

$$h_{верш.}^{ПК26} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{187,5^2}{2 \cdot 10000} = 1,76 \text{ м.}$$

$$H_{ПК26} = 84,00 + 1,76 = 85,76 \text{ м.}$$

Запроектований поздовжній профіль показаний на рис. 3.12.



Рис. 3.12 Запроектований поздовжній профіль на ділянці вертикальної кривої 1

Після цієї криволінійної ділянки йде прямолінійна ділянка довжиною 597,5м з ухилом 20 ‰ (рис. 3.13).



Рис. 3.13 Прямолінійна ділянка поздовжнього профілю

Перевищення між двома точками прямолінійної ділянки поздовжнього профілю становлять:

$$h = 0,020 \cdot 100 = 2,0 \text{ м}$$

Відмітки по пікетам становлять:

$$\begin{aligned} N_{\text{ПК } 26+12.50} &= 305,76 + 0,02 \cdot 12,5 = 306,00 \text{ м}; & N_{\text{ПК } 27+0.00} &= 306,00 + 1,75 = 307,75 \text{ м}; & N_{\text{ПК } 28+0.00} &= 307,75 + 2,00 = 309,75 \text{ м}; \\ N_{\text{ПК } 29+0.00} &= 309,75 + 2,00 = 311,75 \text{ м}; & N_{\text{ПК } 30+0.00} &= 311,75 + 2 = 313,75 \text{ м}; & N_{\text{ПК } 31+0.00} &= 313,75 + 2 = 315,75 \text{ м}; \\ N_{\text{ПК } 32+0.00} &= 315,75 + 2 = 317,75 \text{ м}. \end{aligned}$$

Після цієї прямолінійної ділянки йде криволінійна ділянка (вертикальна випукла крива).

Розрахунок вертикальної випуклої кривої 2

Перелом поздовжнього профілю утворений ухилами $i_1 = 0.02$ та $i_2 = -0.006$ на ділянці довжиною $L = 800 \text{ м}$. В даний перелом необхідно вписати криву радіуса $R = 30000 \text{ м}$ (рис. 3.14). $\bar{H}_1 = 97,75 \text{ м}$; $\bar{H}_2 = 103,35 \text{ м}$.

1) Визначаємо довжину кривої радіуса R :

$$L_k = (0.02 + 0.006) \cdot 30000 = 780 \text{ м}.$$

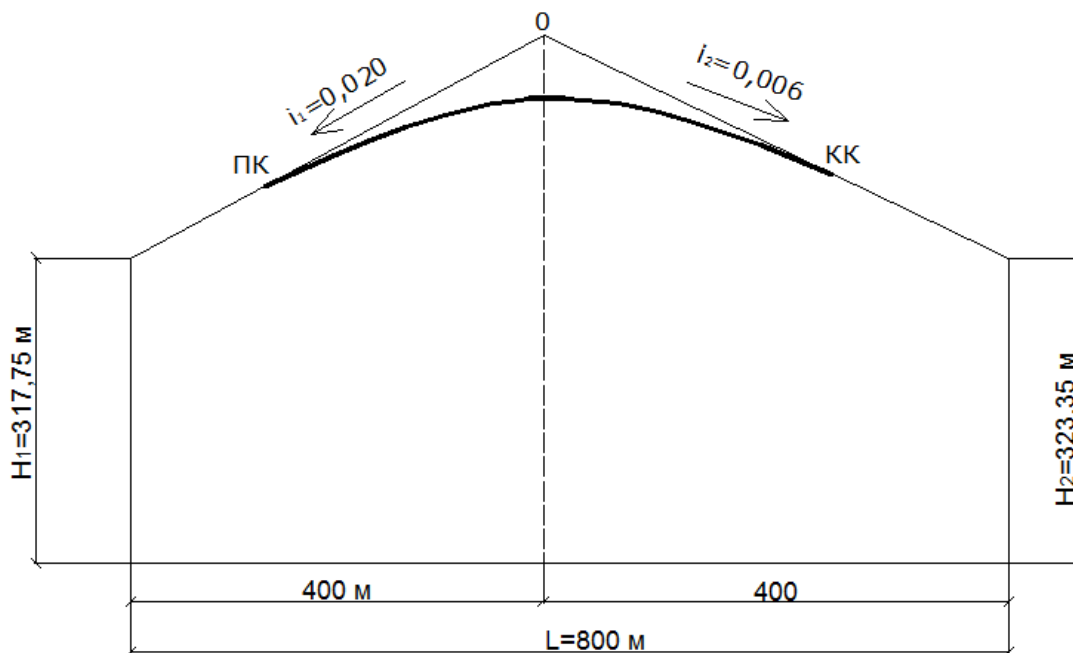


Рис. 3.14 Схема до розрахунку проектних відміток вертикальної кривої №2

Тоді пікетажне положення для початку кривої №2 становить:

$$ПК = \frac{L}{2} - \frac{L_k}{2} = 400 - \frac{780}{2} = 10 \text{ м.}$$

Пікетажне положення для кінця вертикальної випуклої кривої становить:

$$КК = \frac{L}{2} + \frac{L_k}{2} = 400 + \frac{780}{2} = 790 \text{ м.}$$

2) Виконуємо розрахунок відміток точок.

Визначаємо відмітку початку вертикальної випуклої кривої:

$$H_{ПК32+10.0}^{ПК} = H_1 + i_1 \cdot 10 = 317,75 + 0,02 \cdot 10 = 317,95 \text{ м.}$$

Відстань від початку кривої до її вершини становить:

$$l_{\text{верш.}} = i_1 \cdot R = 0,02 \cdot 30000 = 600 \text{ м.}$$

Пікетажне положення вершини кривої становить: ПК 38+10.00 м.

Перевищення вершини кривої над її початком становить:

$$h_{\text{верш.}} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{600^2}{2 \cdot 30000} = 6 \text{ м.}$$

Відмітка вершини кривої становить:

$$H_{ПК38+10.0}^{БК} = H_{ПК32+10.0}^{ПК} + h_{\text{верш.}} = 317,95 + 6 = 323,95 \text{ м.}$$

Визначаємо проектні відмітки точок на пікетах:

$$H_{ПК38} = H_{ПК38+10.0}^{БК} - h_{ПК38+0.00}^{БК} \cdot h_{ПК38+0.00}^{БК} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{10^2}{2 \cdot 30000} = 0,00 \text{ м.}$$

$$H_{ПК38} = 323,95 \text{ м. } H_{ПК37} = H_{ПК38+10.0}^{БК} - h_{ПК37+0.00}^{БК}$$

$$h_{ПК37+0.00}^{БК} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{110^2}{2 \cdot 30000} = 0,20 \text{ м. } H_{ПК37} = 103,95 - 0,2 = 103,75 \text{ м.}$$

$$H_{ПК36} = H_{ПК38+10.0}^{БК} - h_{ПК36+0.00}^{БК} \cdot h_{ПК36+0.00}^{БК} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{210^2}{2 \cdot 30000} = 0,74 \text{ м.}$$

$$H_{ПК36} = 323,95 - 0,74 = 323,21 \text{ м.}$$

$$H_{ПК35} = H_{ПК38+10.0}^{БК} - h_{ПК35+0.00}^{БК} \cdot h_{ПК35+0.00}^{БК} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{310^2}{2 \cdot 30000} = 1,60 \text{ м.}$$

$$H_{ПК35} = 323,95 - 1,6 = 322,35 \text{ м.}$$

$$H_{ПК34} = H_{ПК38+10.0}^{BK} - h_{ПК34+0.00}^{BK} \cdot h_{ПК34+0.00}^{BK} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{410^2}{2 \cdot 30000} = 2,80 \text{ м.}$$

$$H_{ПК34} = 323,95 - 2,8 = 321,15 \text{ м.}$$

$$H_{ПК33} = H_{ПК38+10.0}^{BK} - h_{ПК33+0.00}^{BK} \cdot h_{ПК33+0.00}^{BK} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{510^2}{2 \cdot 30000} = 4,34 \text{ м.}$$

$$H_{ПК33} = 323,95 - 4,34 = 319,61 \text{ м.}$$

Відстань від вершини кривої до її кінця становить:

$$l^{KK} = 0,006 \cdot 30000 = 180 \text{ м.}$$

Пікетажне положення кінця кривої становить: ПК 39+90.00 м.

$$h_{ПК38+10.00}^{KK} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{180^2}{2 \cdot 30000} = 0,54 \text{ м.}$$

$$h_{ПК39+90.00}^{ПК} = H_{верш.} - h^{KK} = 323,95 - 0,54 = 323,41 \text{ м.}$$

Визначаємо відмітку пікету 39+00:

$$H_{ПК39} = H_{верш.} - h_{BK}^{BK} = 323,81 \text{ м.}$$

Після цієї криволінійної ділянки йде прямолінійна ділянка довжиною 1100,0 м з ухилом 6 ‰ (рис. 3.15).

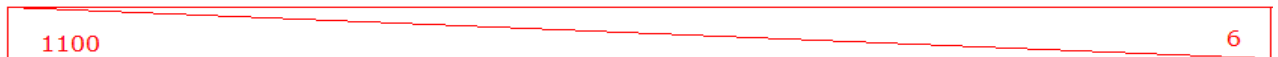


Рис. 3.15 прямолінійна ділянка поздовжнього профілю

Перевищення між двома точками прямолінійної ділянки поздовжнього профілю визначаються за формулою 4.1.

$$h = 0,006 \cdot 100 = 0,6 \text{ м}$$

Відмітки по пікетах становлять:

$$\begin{aligned} H_{ПК 40+0.00} &= 323,35; & H_{ПК41+0.00} &= 323,35 - 0,60 = 322,75 \text{ м}; & H_{ПК 42+0.00} &= 322,75 - 0,60 \\ &= 322,15 \text{ м}; & H_{ПК43+0.00} &= 322,15 - 0,60 = 321,55 \text{ м}; & H_{ПК44+0.00} &= 321,55 - 0,60 = 320,95 \\ &\text{м}; & H_{ПК45+0.00} &= 320,95 - 0,60 = 320,35 \text{ м}; & H_{ПК46+0.00} &= 320,35 - 0,60 = 319,75 \text{ м}; \\ H_{ПК47+0.00} &= 319,75 - 0,60 = 319,15 \text{ м}; & H_{ПК48+0.00} &= 319,15 - 0,60 = 318,55 \text{ м}; \end{aligned}$$

$H_{ПК49+0.00}=318,55 - 0,60 = 317,95$ м; $H_{ПК50+0.00}=317,95 - 0,60 = 317,35$ м;
 $H_{ПК50+90.00}=317,35 - 90 \cdot 0,006 = 316,81$ м.

Після цієї прямолінійної ділянки поздовжнього профілю йде вертикальна увігнута крива з радіусом $R=20000$ м (рис. 3.16 – 3.17).



Рис. 3.16 Вертикальна увігнута крива №3 з радіусом $R=20000$ м

Розрахунок вертикальної увігнутої кривої 3

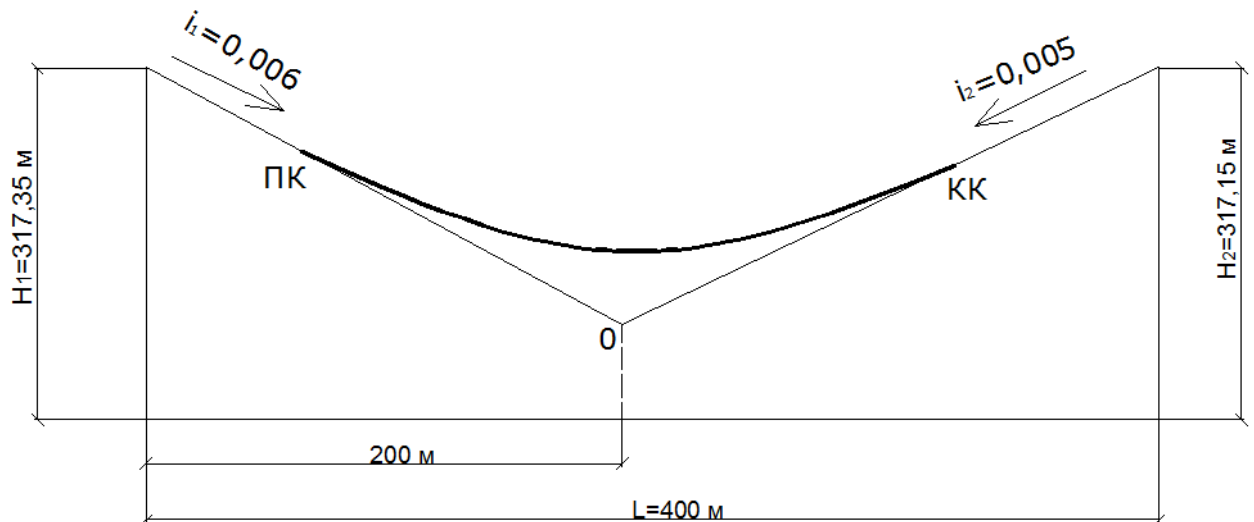


Рис. 3.17 Схема до розрахунку вертикальної увігнутої кривої №3

Перелом поздовжнього профілю утворений ухилами $i_1 = -0.006$ та $i_2 = 0.005$ на ділянці довжиною $L = 400$ м. В даний перелом необхідно вписати криву радіуса $R = 10000$ м (рис. 4.1). $\bar{H}_1 = 317,35$ м; $\bar{H}_2 = 317,15$ м.

1) Визначаємо довжину вертикальної кривої за формулою:

$$L_k = (i_1 + i_2) \cdot R.$$

$$L_k = (0.006 + 0.005) \cdot 20000 = 220 \text{ м.}$$

Тоді пікетажне положення для початку вертикальної увігнутої кривої становить:

$$ПК = \frac{L}{2} - \frac{L_k}{2} = 200 - \frac{220}{2} = 90 \text{ м.}$$

Пікетажне положення для кінця вертикальної увігнутої кривої становить:

$$КК = \frac{L}{2} + \frac{L_k}{2} = 200 + \frac{220}{2} = 310 \text{ м.}$$

3) Виконуємо розрахунок відміток точок.

Визначаємо відмітку початку вертикальної випуклої кривої:

$$H_{ПК50+90.0}^{ПК} = H_1 - i_1 \cdot 90 = 317,35 - 0,006 \cdot 90 = 316,81 \text{ м.}$$

Відстань від початку кривої до її вершини становить:

$$l^{верш.} = i_1 \cdot R = 0,006 \cdot 20000 = 120 \text{ м.}$$

Пікетажне положення вершини кривої становить: ПК 52+10.00 м.

Перевищення вершини кривої над її початком становить:

$$h^{верш.} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{120^2}{2 \cdot 20000} = 0,36 \text{ м.}$$

Відмітка вершини кривої становить:

$$H_{ПК52+10.0}^{БК} = H_{ПК50+90.0}^{ПК} + h_{верш.} = 316,81 - 0,36 = 316,45 \text{ м.}$$

Визначаємо проектні відмітки точок на пікетах:

$$H_{ПК52} = H_{ПК52+10.0}^{БК} - h_{ПК52+0.00}^{БК} \cdot h_{ПК52+0.00}^{БК} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{10^2}{2 \cdot 20000} = 0,00 \text{ м.}$$

$$H_{ПК52+0.00} = 316,57 \text{ м.}$$

$$H_{ПК51+0.00} = 316,76 \text{ м.}$$

Відстань від вершини кривої до її кінця становить:

$$l^{КК} = 0,005 \cdot 20000 = 100 \text{ м.}$$

Пікетажне положення кінця кривої становить: ПК 53+10.00 м.

$$h_{ПК53+10.00}^{КК} = \frac{l^2}{2 \cdot R} = \frac{100^2}{2 \cdot 20000} = 0,25 \text{ м.}$$

$$H_{ПК53+10.00}^{ПК} = H_{верш.} - h^{КК} = 316,45 + 0,25 = 316,70 \text{ м.}$$

Визначаємо відмітку пікету 53+00:

$$H_{\text{ПК}53} = 316,65 \text{ м.}$$

Після вертикальної кривої №3 йде прямолінійна ділянка поздовжнього профілю довжиною 531,5 з ухилом 5 ‰ (рис. 3.18).

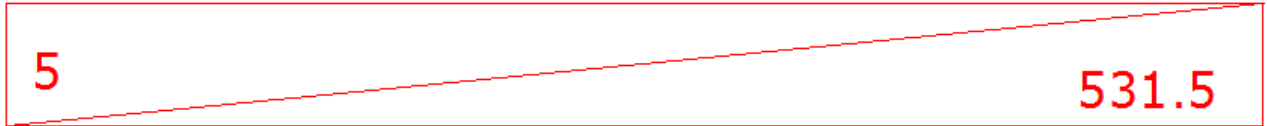


Рис. 3.18 Схема до розрахунку прямолінійної ділянки поздовжнього профілю

Перевищення між двома точками прямолінійної ділянки поздовжнього профілю визначаються за формулою 4.1.

$$h = 0,005 \cdot 100 = 0,5 \text{ м}$$

Відмітки по пікетам становлять:

$$\begin{aligned} H_{\text{ПК } 53+10.00} &= 316,70 \text{ м}; & H_{\text{ПК } 54+0.00} &= 316,70 + 90 \cdot 0,005 = 317,15 \text{ м}; & H_{\text{ПК } 55+0.00} &= 317,15 \\ &+ 0,50 = 317,65 \text{ м}; & H_{\text{ПК } 56+0.00} &= 317,65 + 0,50 = 318,15 \text{ м}; & H_{\text{ПК } 57+0.00} &= 318,15 + 0,50 \\ &= 318,65 \text{ м}; & H_{\text{ПК } 58+0.00} &= 318,65 + 0,50 = 319,15 \text{ м}; & H_{\text{ПК } 59+0.00} &= 319,59 \text{ м.} \end{aligned}$$

Далі йде прямолінійна ділянка поздовжнього профілю довжиною 1047,55 м та ухилом 1,1 ‰ (рис. 3.19).



Рис. 3.19 Схема до розрахунку прямолінійної ділянки поздовжнього профілю

$$\begin{aligned} H_{\text{ПК } 60+0.00} &= 319,76; & H_{\text{ПК } 61+0.00} &= 319,76 + 0,0011 \cdot 100 = 319,87; & H_{\text{ПК } 62+0.00} &= 319,87 \\ &+ 0,11 = 319,98; & H_{\text{ПК } 63+0.00} &= 319,98 + 0,11 = 320,09; & H_{\text{ПК } 64+0.00} &= 320,09 + 0,11 = 320,20; \\ H_{\text{ПК } 65+0.00} &= 320,20 + 0,11 = 320,31; & H_{\text{ПК } 66+0.00} &= 320,31 + 0,11 = 320,42; & & H_{\text{ПК}} \\ &67+0.00 = 320,42 + 0,11 = 320,53; & H_{\text{ПК } 68+0.00} &= 320,53 + 0,11 = 320,64; & & H_{\text{ПК}} \\ &69+0.00 = 320,64 + 0,11 = 320,75; & H_{\text{ПК } 70+0.00} &= 320,75 + 0,11 = 320,86. \end{aligned}$$

Далі визначаються робочі відмітки поздовжнього профілю на кожному пікеті за формулою:

$$h_{робоча} = H_{проектна} - H_{фактична}, \quad (3.39)$$

де $h_{робоча}$ – робоча відмітка, м; $H_{проектна}$ – проектна відмітка, м; $H_{фактична}$ – фактична відмітка, м.

Визначаємо робочі відмітки на кожному пікеті поздовжнього профілю:

$$\begin{aligned} \text{ПК } 20+0.00: h_{робоча} &= 305,00 - 305,00 = 0 \text{ м.} \\ \text{ПК } 21+0.00: h_{робоча} &= 304,75 - 301,37 = 3,38 \text{ м.} \\ \text{ПК } 22+0.00: h_{робоча} &= 304,50 - 298,11 = 6,39 \text{ м.} \\ \text{ПК } 23+0.00: h_{робоча} &= 304,25 - 294,83 = 9,42 \text{ м.} \\ \text{ПК } 24+0.00: h_{робоча} &= 304,01 - 292,57 = 11,44 \text{ м.} \\ \text{ПК } 25+0.00: h_{робоча} &= 304,38 - 291,73 = 12,65 \text{ м.} \\ \text{ПК } 26+0.00: h_{робоча} &= 305,76 - 294,16 = 11,60 \text{ м.} \\ \text{ПК } 27+0.00: h_{робоча} &= 307,75 - 298,00 = 9,75 \text{ м.} \\ \text{ПК } 28+0.00: h_{робоча} &= 309,75 - 304,20 = 5,55 \text{ м.} \\ \text{ПК } 29+0.00: h_{робоча} &= 311,75 - 310,46 = 1,29 \text{ м.} \\ \text{ПК } 30+0.00: h_{робоча} &= 313,75 - 313,54 = 0,21 \text{ м.} \\ \text{ПК } 31+0.00: h_{робоча} &= 315,75 - 315,82 = -0,07 \text{ м.} \\ \text{ПК } 32+0.00: h_{робоча} &= 317,75 - 317,24 = +0,51 \text{ м.} \\ \text{ПК } 33+0.00: h_{робоча} &= 319,61 - 318,22 = +1,39 \text{ м.} \\ \text{ПК } 34+0.00: h_{робоча} &= 321,15 - 319,11 = +2,04 \text{ м.} \\ \text{ПК } 35+0.00: h_{робоча} &= 322,35 - 319,87 = +2,48 \text{ м.} \\ \text{ПК } 36+0.00: h_{робоча} &= 323,21 - 320,16 = +3,05 \text{ м.} \\ \text{ПК } 37+0.00: h_{робоча} &= 323,75 - 320,12 = +3,63 \text{ м.} \\ \text{ПК } 38+0.00: h_{робоча} &= 323,95 - 319,72 = +4,23 \text{ м.} \\ \text{ПК } 39+0.00: h_{робоча} &= 323,81 - 319,35 = +4,46 \text{ м.} \end{aligned}$$

ПК 40+0.00: $h_{робоча} = 323,35 - 319,00 = +4,35$ м .

ПК 41+0.00: $h_{робоча} = 322,75 - 318,75 = +4,00$ м .

ПК 42+0.00: $h_{робоча} = 322,15 - 318,94 = +3,21$ м .

ПК 43+0.00: $h_{робоча} = 321,55 - 319,20 = +2,35$ м .

ПК 44+0.00: $h_{робоча} = 320,95 - 319,71 = +1,24$ м .

ПК 45+0.00: $h_{робоча} = 320,35 - 320,16 = +0,19$ м .

ПК 46+0.00: $h_{робоча} = 319,75 - 320,27 = -0,52$ м .

ПК 47+0.00: $h_{робоча} = 319,15 - 320,24 = -1,09$ м .

ПК 48+0.00: $h_{робоча} = 318,55 - 319,45 = -0,90$ м .

ПК 49+0.00: $h_{робоча} = 317,95 - 318,28 = -0,33$ м .

ПК 50+0.00: $h_{робоча} = 317,35 - 314,47 = 2,88$ м .

ПК 51+0.00: $h_{робоча} = 316,76 - 313,50 = 3,26$ м .

ПК 52+0.00: $h_{робоча} = 316,57 - 312,20 = 4,37$ м .

ПК 53+0.00: $h_{робоча} = 316,65 - 314,17 = 2,48$ м .

ПК 54+0.00: $h_{робоча} = 317,15 - 314,26 = 2,89$ м .

ПК 55+0.00: $h_{робоча} = 317,65 - 315,94 = 1,71$ м .

ПК 56+0.00: $h_{робоча} = 318,15 - 316,65 = 1,50$ м .

ПК 57+0.00: $h_{робоча} = 318,65 - 316,08 = 2,57$ м .

ПК 58+0.00: $h_{робоча} = 319,15 - 314,00 = 5,15$ м .

ПК 59+0.00: $h_{робоча} = 319,59 - 313,71 = 5,88$ м .

ПК 60+0.00: $h_{робоча} = 319,76 - 316,84 = 2,92$ м .

ПК 61+0.00: $h_{робоча} = 319,87 - 318,31 = 1,56$ м .

ПК 62+0.00: $h_{робоча} = 319,98 - 319,39 = 0,59$ м .

$$\text{ПК } 63+0.00: h_{\text{робоча}} = 320,09 - 319,79 = 0,30 \text{ м.}$$

$$\text{ПК } 64+0.00: h_{\text{робоча}} = 320,20 - 320,04 = 0,16 \text{ м.}$$

$$\text{ПК } 65+0.00: h_{\text{робоча}} = 320,31 - 320,07 = 0,24 \text{ м.}$$

$$\text{ПК } 66+0.00: h_{\text{робоча}} = 320,42 - 319,76 = 0,66 \text{ м.}$$

$$\text{ПК } 67+0.00: h_{\text{робоча}} = 320,53 - 320,26 = 0,27 \text{ м.}$$

$$\text{ПК } 68+0.00: h_{\text{робоча}} = 320,64 - 320,64 = 0 \text{ м.}$$

$$\text{ПК } 69+0.00: h_{\text{робоча}} = 320,75 - 320,59 = 0,16 \text{ м.}$$

$$\text{ПК } 70+0.00: h_{\text{робоча}} = 320,86 - 320,63 = 0,23 \text{ м.}$$

3.7. Проектування поперечних профілів ділянки автомобільної дороги

Поперечний профіль – це розріз дороги вертикальною площиною, що перпендикулярна до її поздовжньої осі.

На поперечному профілі показують:

- проїзну частину;
- узбіччя;
- кювети;
- банкети;
- смугу відведення.

Проїзна частина – це основний конструктивний елемент. Цей елемент забезпечує рух транспорту певної вантажопідйомності. Проїзна частина, як правило, покрита дорожнім одягом. При проектуванні поперечних профілів ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль ширина проїзної частини становить 7,5 м.

Вимоги ДБН В.2.3 – 4:2015 «Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II Будівництво» [1] до проектування профілю наведені в таблиці 3.8.

Параметри поперечного профілю автомобільних доріг

Ч. ч.	Показник	Одиниці вимірювання	Категорії доріг					
			I-а	I-б	II	III	IV	V
1	Кількість смуг руху	шт.	4; 6; 8	4; 6	2	2	2	1
2	Ширина смуги руху	м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,0	-
3	Ширина проїзної частини	»	2 · 7,5; 2 · 11,25; 2 · 15,0	2 · 7,5; 2 · 11,25	7,5	7,0	6,0	4,50
4	Ширина узбіччя, в тому числі:		3,75	3,75	3,75	2,5	2,0	1,75
	- ширина зупинкової смуги разом з укріпленою смугою узбіччя;	»	2,5	2,5	2,5	-	-	-
	- ширина укріпленої смуги узбіччя		0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	*)
5	Найменша ширина розділювальної смуги	»	6,0	3,0	-	-	-	-
6	Ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі	»	1,0	1,0	-	-	-	-
7	Найменша ширина земляного полотна	»	28,5; 36,0; 43,5	28,5 36,0	15,0	12,0	10,0	8,0

Примітка 1. При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні параметри автомобільних доріг можна збільшувати.

Примітка 2. При реконструкції автомобільних доріг I-б категорії (збільшення кількості смуг руху) з шириною розділювальної смуги 5,0 м ширину розділювальної смуги допускається залишати 5,0 м.

Примітка 3*). На дорогах V категорії з автобусним рухом ширину укріплених узбічч необхідно приймати по 0,75 м.

В залежності від положення основної площадки відносно поверхні землі розрізняють наступні поперечні профілі земляного полотна:

- насип (де основна площа розташована вище, ніж земна поверхня);
- виїмка (де основна площа земляного полотна розташована нижче поверхні землі);
- напівнасип і напіввиїмка;
- місце нуля – де основна площа розташована на рівні земної поверхні.

Майже вся ділянка об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль влаштована в насипі. Було запроєктовано поперечні профілі на таких пікетах: ПК 22+0.00, ПК 58+0.00.

Поперечні профілі ділянки об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль зображені на рис. 3.20 – 3.21.

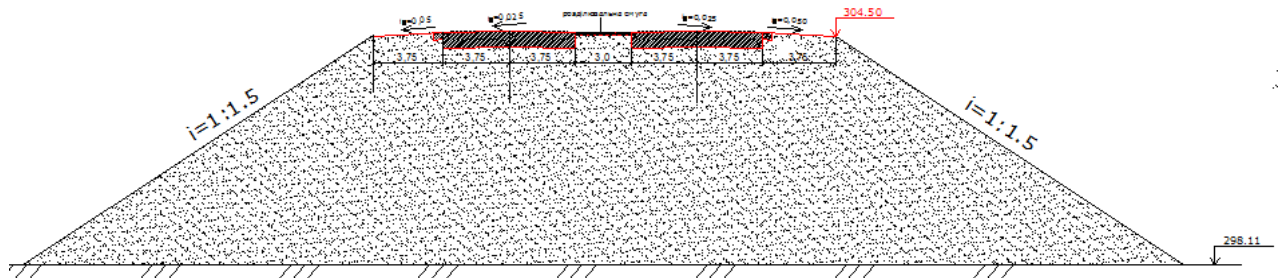


Рис. 3.20 Поперечний профіль на ділянці об'їзної автомобільної дороги м.Тернопіль (ПК 22+0.00)

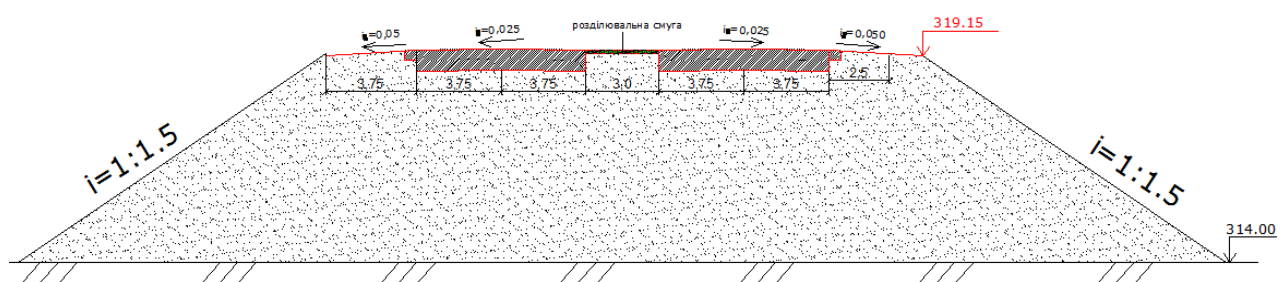


Рис. 3.21 Поперечний профіль на ділянці об'їзної автомобільної дороги м.Тернопіль (ПК 58+0.00)

Перехід від двускатного профілю до односкатного виконують обертанням зовнішньої смуги проїзної частини навколо осі доти, доки не буде досягнуто ухилу, що дорівнює поперечному ухилу внутрішньої смуги проїзної частини.

Збільшення поперечного ухилу досягають обертанням проїзної частини та зовнішнього узбіччя навколо внутрішньої кромки проїзної частини. При цьому внутрішнє узбіччя дещо опуститься.

Ширина земляного полотна коливається в межах від 28,5 до 36,5 м. Поверхневий стік забезпечується поперечним ухилом на рельєф місцевості. За характером поверхневого стоку місцевість відноситься до 1-2 типу

РОЗДІЛ 4 ПРОЄКТУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

4.1. Розрахунок конструкції дорожнього одягу

Дорожній одяг розраховувався на міцність за такими критеріями:

- опором пружньому прогину всієї конструкції;
- опором розтягу при згині монолітних шарів;
- допустимому напруженню зсуву в ґрунті земляного полотна;
- визначення міцності плити цементобетону для сприйняття транспортного навантаження при заданій товщині асфальтобетону [23-24].

Крім цього, була визначена морозостійкість дорожньої конструкції.

Попередньо призначена конструкція дорожнього одягу і значення розрахункових параметрів наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Розрахункові параметри шарів дорожнього одягу

Матеріал шару	Тов- щи-на шару h, см	Розрахунок за					
		Пруж- нім про- гином E ₁ , МПа	Опір зсу- ву, E _{зс} , МПа	Опори розтягу при зги- ні			
				E ₂ , МПа	R _{лаб} , МПа	m	K _{пр}
1.Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-20)	5,0	5000,0	2400,0	5500,0	12,0	6,5	4,0
2.Асфальтобетон щільний дрібнозернистий тип Б І марки на бітумі БНД 60/90	6,0	3200,0	1800,0	4500,0	9,8	5,5	4,0
3.Щебенево-піщана суміш укріплена цементом С-5	17,0	530,0	530,0	530,0	-	-	-
Ґрунт підходів	-						

суглинок твердий з $W_p=0,6W_t$	-	78,0	78,0	78,0	-	-	-
------------------------------------	---	------	------	------	---	---	---

де $R_{\text{лаб}}$ – лабораторне значення границі міцності на розтяг при згині за одноразового прикладання навантаження.

m - показник втоми, табл. Е1;

$K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у нерозрахунковий період.

4.2. Розрахунок за допустимим пружним прогином

Розрахунок за допустимим пружним прогином ведеться пошарово, починаючи з щелевеного шару за допомогою номограмм, наведених у ВБН В.2.3-218-186-2004.

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{номп}} K_{\text{пр}}$$

$$1. \frac{E_n}{E_6} = \frac{E_{\text{щел.с.}}}{E^2} = \frac{530}{3200} = 0,166 \quad \frac{h_B}{D} = \frac{h^2}{D} = \frac{6}{39} = 0,162 \text{ см}$$

$$\frac{E_{\text{заг}}}{E_2} = 0,548 \quad E_{\text{заг}}^2 = 0,548 \cdot E^2 = 0,548 \cdot 3200 = 1753,6 = 1754 \text{ МПа}$$

$$2. \frac{E_n}{E_6} = \frac{E_2}{E^1} = \frac{1754}{5000} = 0,351 \quad \frac{h_B}{D} = \frac{h^1}{D} = \frac{5}{39} = 0,128 \text{ см}$$

$$E_{\text{заг}}^1 = 0,936 \quad E_{\text{заг}}^1 = 0,936 \cdot 5000 = 468 \text{ МПа}$$

Для визначення потрібного модуля пружності визначаємо сумарну кількість прикладань навантаження за строк служби за формулою:

$$\sum N_p = 0.7 \cdot N_p \frac{K_c}{g(T_{\text{сл}} - 1)} T_{\text{пгр}} \cdot K_n$$

де K_c – коефіцієнт суми проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу (T_c) при $T_c=15$ років $K_c=17,2$;

g – показник зміни інтенсивності у роках, $g=1,02$;

T_{pgp} – кількість розрахункових днів на рік згідно У-II, $T_{pgp}=135$;

K_n – коефіцієнт, що враховує відхилення сумарного руху від середнього, що очікується;

$K_n=1,49$ (для II-ї категорії дороги з капітальним типом покриття).

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 4426,2 \frac{17,2}{1,02(15-1)} 135 \cdot 1,49 = 4057200 \text{ \textit{один}}$$

Тоді потрібний модуль пружності для навантаження на вісь 115 кН визначаємо за формулою:

$$E_{номр} = 42,843 I_n (N_{cyy}) - 315,68$$

$$E_{номр} = 42,843 I_n 4057200 - 315,68 = 307 \text{ \textit{МПа}}$$

Визначаємо коефіцієнт міцності за пружним прогином:

$$\frac{E_{заг}}{E_{номр}} = \frac{468}{307} = 1,52$$

Потрібний мінімальний коефіцієнт міцності для розрахунку за допустимим пружним прогином $K_{мін}=1,43$.

Тобто

$$K_m > K_m^{мін}$$

$$1,52 > 1,43$$

Відповідно вибрана конструкція дорожнього одягу задовольняє умовам міцності за допустимим пружним прогином.

4.3. Розрахунок на опір монолітних шарів руйнуванню від розтягу при згині

Розрахунок виконується у такій послідовності:

Приводиться конструкція дорожнього одягу до двохшарової моделі, де нижній шар моделі – частина конструкції, яка розташована нижче асфальтобетонних шарів.

Визначається модуль пружності нижнього шару – щебенево-піщаної суміші укріпленої цементом, ЩПС-С-5.

E – модуль пружності нижнього шару дорожньої конструкції $E_{щпс}=530$ МПа.

Модуль пружності верхнього шару розраховується за формулою:

$$E_{\text{вн}} = \frac{3200 \cdot 6 + 5000 \cdot 5}{11} = 4018 \text{ МПа}$$

Для відношення $\frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{11}{39} = 0,282$ $\frac{E_{\text{в.ш.}}}{E_{\text{н.ш.}}} = \frac{4018}{530} = 7,58$

За номограмою визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r}$ у проміжному монолітному шарі дорожнього одягу визначено, що $\overline{\sigma_r} = 1,22$.

Розрахункове розтягуюче напруження визначається за формулою:

$$\sigma_r = \overline{\sigma_r} \cdot p K_{\delta}$$

де p – розрахунковий тиск на покриття, МПа, $p=0,65$

K_{δ} – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану покриття під колесом автомобіля, $K_{\delta}=0,85$.

$$\sigma_r = 1,22 \cdot 0,65 \cdot 0,85 = 0,67 \text{ МПа}$$

Допустиме розтягуюче напруження при згині асфальтобетону визначається за формулою:

$$R_p = R_{\text{лаб}} \cdot K_m \cdot K_{\text{кп}} \cdot K_T$$

де K_m - коефіцієнт зниження міцності в часі від дії дорожньо-кліматичних факторів, $K_m=0,75$;

$K_{\text{кп}}$ - коефіцієнт, що враховує короткочасність та повторність навантажень на дорозі

$$K_{\text{кп}} = K_{\text{нр}} \cdot \sum N_p^{\left(\frac{1}{m}\right)}$$

$\sum N$ - сумарна кількість прикладання навантажень за строк служби.

K_T – коефіцієнт зниження міцності від дії температури і усадкових впливів ($K_T=0,8$), тоді

$$K_n = 4,0 \cdot 4057200^{-\left(\frac{1}{5.5}\right)} = 0,2217 \text{ МПа}$$

$$R_p = 9,8 \cdot 0,75 \cdot 0,2217 \cdot 0,8 = 1,304 \text{ МПа}$$

$$\frac{R_p}{\sigma_r} = \frac{1,304}{0,67} = 1,94, \text{ що більше ніж } K_{\text{мц}}^{\text{потр}} = 1,35. \text{ Умова виконується.}$$

Вибрана конструкція дорожнього одягу відповідає міцності на розтяг при згині.

РОЗДІЛ 5

ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Поверхнєве водовідведення передбачене на ділянках бортового поперечного профілю проїжджої частини - уздовж борту, з послідуочим скидом води відкритими бетонними водоскидами та зливоприймачами у бетонні лотки кюветів.

На інших ділянках поверхнєве водовідведення вирішується за існуючою схемою , по кюветах та прилеглий місцевості.

Враховуючі незадовільний стан прикромочних бетонних лотків, дощоприймальних колодязів та водовідвідних трубок до них, в межах розділювальної смуги вони замінюються новими, а з боку узбіччя, замість лотків влаштовані бордюри БУ 300.30.32..

5.1 Елементи водовідводу

Для захисту дорожнього полотна від руйнівних дій поверхневих вод або капілярного підняття ґрунтових вод проєктують водовідвідні споруди. Сукупність споруд, призначених для збирання, затримання, відведення води від полотна і пропускання її через полотно, становить систему дорожнього водовідводу. Вона поділяється на поздовжній і поперечний водовідводи.

До поздовжнього водовідводу належать кювети, кювети-резерви, резерви та нагірні рови.

Відведення поверхневих вод слід передбачати:

від насипів – водовідвідними канавами (нагірними, подовжніми і поперечними), кюветами або резервами;

від укосів виїмок і прилеглих до них схилів – канавами (нагірними і забанкетними);

безпосередньо з виїмок – кюветами;

від прилеглої до земляного полотна місцевості – водовідвідними і

нагірними канавами.

Улаштування поперечного водовідводу передбачає виконання таких заходів:

- надання опуклого контуру поперечному профілю земляного полотна (поперечний похил проїзної частини та узбіччя, закладання укосів насипу, кюветів і резервів);

- улаштування водозахисних споруд, берм і банкетів;

- спорудження поперечних водовідвідних ровів для відведення води в бік від полотна з поздовжніх водовідвідних ровів при зтяжних спусках або з понижених місць на вододілах;

- відведення води із безстічних западин і дуже рівнинних місцевостей (з улаштуванням або без улаштування в насипах труб) у найближчі пониження рельєфу, до колодязів, що вбирають воду, або випарних басейнів;

- підведення води водопідвідними і відведення водовідвідними ровами із заглибленням труби;

- спорудження водопропускних труб та мостів.

Поверхневі води відводять в понижені місця рельєфу, у тому числі і до водопропускних споруд. З нагірної сторони земляного полотна повинний бути суцільний поздовжній водовідвід на протязі від кожного вододілу до місць, де можливе відведення води у бік земляного полотна дороги.

Водовідвідні споруди розміщують, як правило, в смузі відведення автомобільних доріг, за винятком нагірних і інших канав.

Трасу водовідвідних споруд слід розташовувати з урахуванням необхідності збору, відведення і скидання поверхневих вод, що притікають до дороги, а також забезпечення якнайменшої довжини цих споруд і будівельних витрат. Прямолінійні ділянки на поворотах траси рекомендується сполучати плавними кривими з радіусами не менше 10 м, а на ділянках підходу до перепадів, швид-

котоків, колодязів – не менше 20 м. На ділянках примикання водовідвідних споруд до існуючих швидкотоків кут між напрямом канави і напрямом перебігу води у швидкотоці не повинен перевищувати 45°.

Найвигідніший поздовжній ухил водовідвідних споруд в заданих умовах знаходять з урахуванням особливостей рельєфу місцевості, характеру ґрунтів, в яких буде влаштовано водовідвід і наявність місцевих будівельних матеріалів для його укріплення. Розрахункові ухили повинні бути такими, щоб швидкості перебігу води не перевищували допустимі нерозмиваючі швидкості для даного ґрунту або типу укріплення.

Поздовжній профіль дна водовідвідних споруд повинен забезпечувати неперервне зростання швидкості перебігу потоку, щоб уникнути заливки. Мінімальна швидкість течії за умов недопущення заливки цих споруд – 0,3 м/с (у разі відсутності укріплення або рослинності). Поздовжній профіль споруд повинен бути пов'язаний з відмітками лотків штучних споруд, русел швидкотоків і інших водоприймачів, в які скидаються поверхневі води з водовідвідних улаштувань.

Достатність поперечного розрізу водовідвідних улаштувань слід перевіряти на пропуск розрахункових витрат води.

У піщаних, супіщаних ґрунтах влаштовують кювети трикутного перерізу, на водонепроникних ґрунтах і за менш задовільних умов – трапецієподібного перерізу.

Кювети влаштовують: у виїмках; при невисоких насипах (до 0,8 м); при виході з виїмки у насип, тобто при нульових земляних роботах. В останньому випадку можливі два варіанти проектування кюветів:

- якщо похил поверхні землі менше 30‰, то біля найближчого пікету або плюсової точки з робочою позначкою 0,8 м і більше кювет закінчують і воду з нього випускають на поверхню землі убік від полотна;

- якщо похил становить 30‰ і більше, то проектування кювету з відповідним типом укріплення продовжують до ділянки з похилом менше 30‰ або до

найближчої водопропускної споруди (труби, мосту), незважаючи на те, що висота насипу значно більша ніж 0,8 м. При великих похилах (30‰ і більше) вода, випущена з укріпленого рову, розмиватиме спочатку ґрунт підшови насипу, а потім і сам насип.

У виїмках кювети розміщують з обох боків земляного полотна. При неможливості пропуску розрахункової витрати води перетин кювету вимагається збільшити за рахунок його поглиблення при збереженні мінімальної ширини дна. Поздовжній ухил кюветів слід приймати рівним ухилу земляного полотна.

Для того, щоб бокові рови-кювети не переповнювалися, рекомендується через кожні 400-500 м випускати з них воду вбік, вивівши дно кювету на поверхню землі, а при косогорах – через водопропускні труби. Для запобігання розмиву та виникненню яру місця випуску води потрібно укріплювати (бруківкою на щебені чи бетонними плитами).

Дно ровів (кюветів, резервів, нагірних ровів, поперечного водовідводу) повинно мати поздовжній похил не менше 5‰, а у виняткових випадках – 3‰.

Якщо поздовжні похили перевищують допустимі за умов розмивання ґрунту, дно і стінки ровів укріплюють. Укріплення водовідвідних і нагірних каналів здійснюється залежно від гідрологічних і ґрунтових умов рослинним ґрунтом із засівом трав, збірними бетонними плитами, монолітним бетоном, асфальтобетоном, торкретбетоном і іншими типами при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

При поздовжніх похилах дна 5-10‰ укріплення не потрібне. Якщо похили більші, то частіше застосовують укріплення таких типів: засівання трави або дренажування (10-30‰); застосування в'язучих матеріалів, брукування камінням або бетонними плитами (30-50‰); влаштування перепадів (50-80‰); влаштування бистрини з водовідбійними колодязями (>80‰). В окремих випадках при поздовжніх ухилах 20-30‰ рекомендується застосовувати укріплення дна водовідвідних споруд шаром щебеню або гравію завтовшки 0,1м.; укоси при цьому укріплюються засівом трав по шару рослинного ґрунту.

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

6.1. Технологія виконання земляних робіт на ділянці об'їзної дороги м. Тернопіль

При будівництві об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль була розроблена типова технологічна карта комплексно-механізованого процесу. Типова технологічна карта розроблена для виконання земляних робіт в зимових умовах в ґрунтах II групи.

Типова технологічна карта розрахована на розробку суглинистих ґрунтів із включенням до 10 % щебеню.

Виконання робіт передбачено в три зміни.

Для будівництва ділянки об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль були розроблені варіанти комплексно-механізованого технологічного процесу розробки ґрунту.

Для кожного варіанту був розроблений комплекс будівельних машин.

Розроблений комплексно-механізований технологічний процес передбачає попереднє розпушування ґрунту II-ї групи розпушувачем на базі трактора з тяговим зусиллям 10 т. Розпушування ґрунту в будівельному кар'єрі виконується по захватках на ширину, яка не перевищує ширину забою екскаватора, а також із врахуванням улаштування відкосів.

До початку виконання робіт по розробці ґрунту необхідно виконувати підготовчі роботи, які рекомендується поділяти на два періоди: до першого періоду відносяться роботи: геодезична розбивка і закріплення кар'єру, зрізання рослинного шару ґрунту, планування поверхні ґрунту, розпушування ґрунту на всю глибину до 0,3 м і боронування; до другого періоду

підготовчих робіт відносяться роботи, які виконуються безпосередньо перед розробкою ґрунту в кар'єрі – розбивка елементів кар'єру, улаштування землевозних машин.

На ділянці виконання робіт організовується склад ПММ, склад інвентарю, вагончик виконання робіт, приміщення для відпочинку робочих, обігріву і прийняття їжі.

Ділянка об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль забезпечена медичною аптекою, питною і господарчою водою.

Схеми виконання робіт по розробці ґрунту комплексом технологічно прив'язаних одним процесом машин представлені на рис. 6.1 – 6.7.



Рис.6.1 Розробка ґрунту екскаватором ЕКГ – 4 та ЕО-4121 А

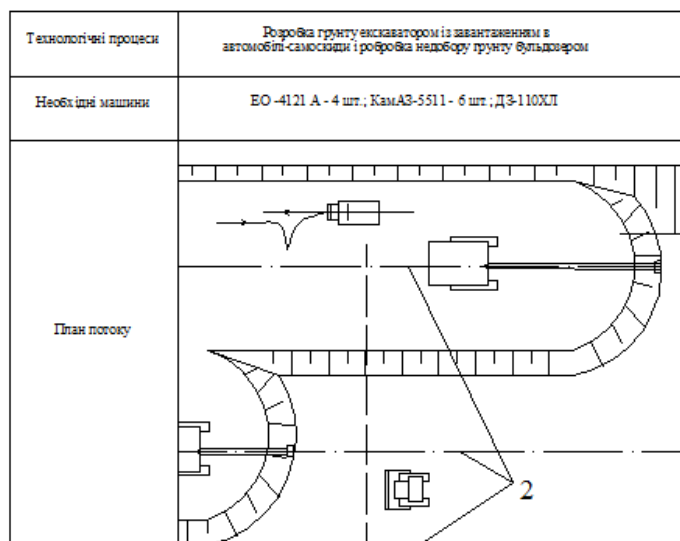


Рис.6.2 Розробка ґрунту екскаватором (зворотна лопата)

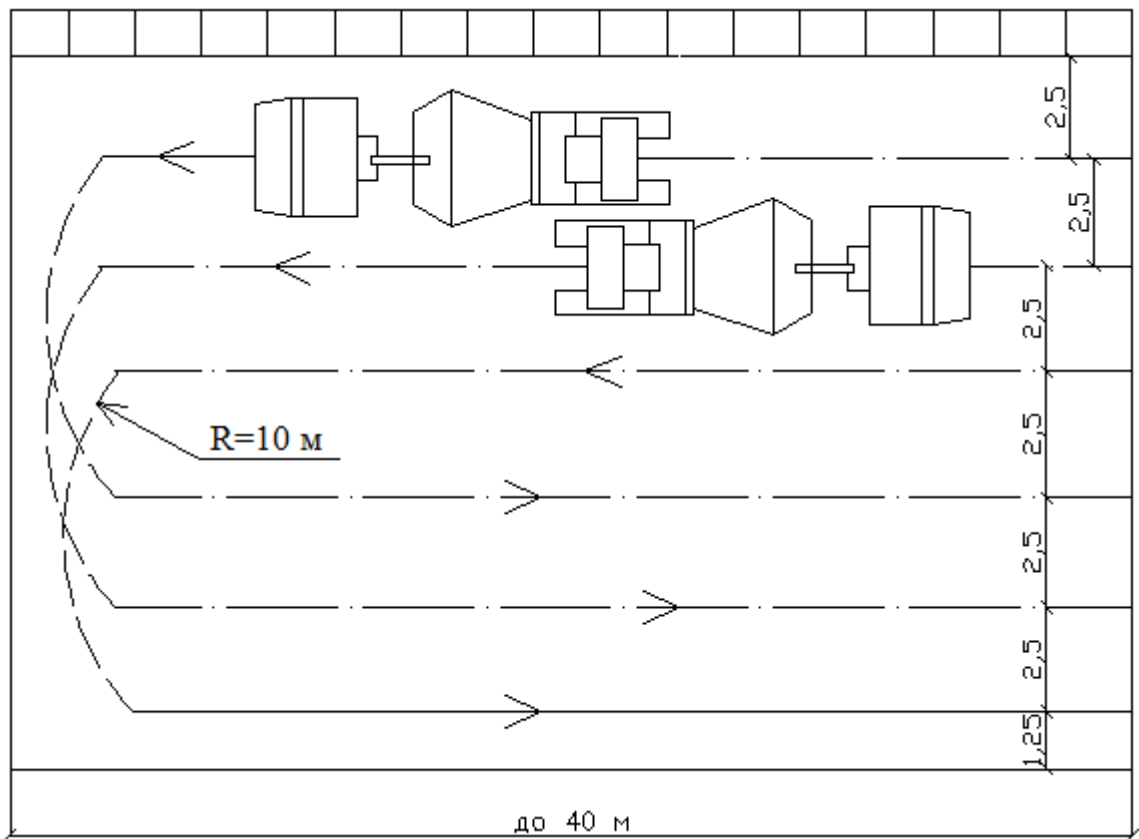


Рис.6.3. Розробка розпушеного ґрунту самохідними скреперами в комплексі з трактором-тягачем

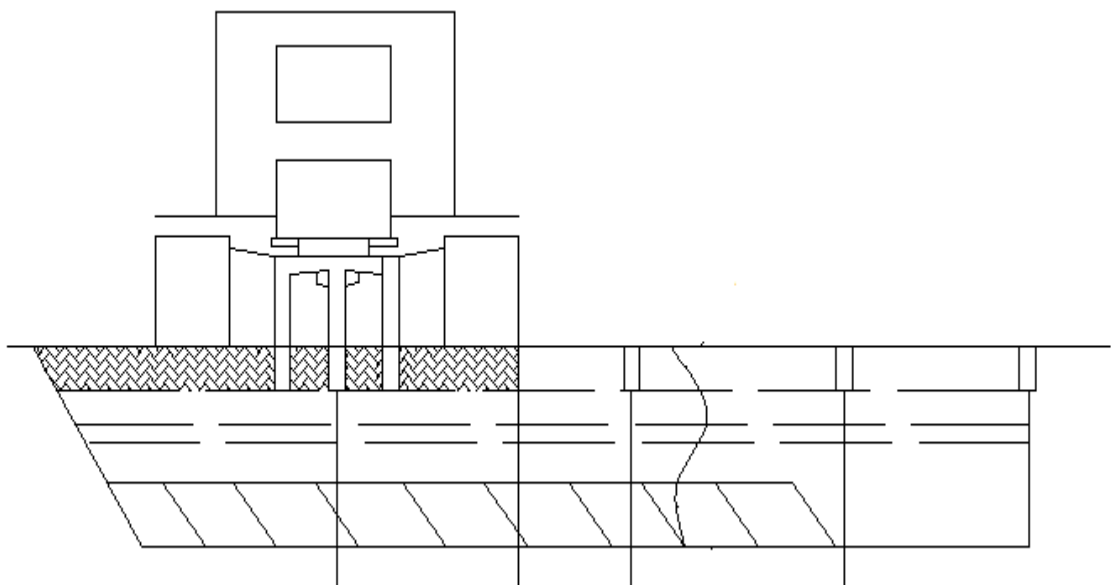


Рис.6.4 Розпушування ґрунту

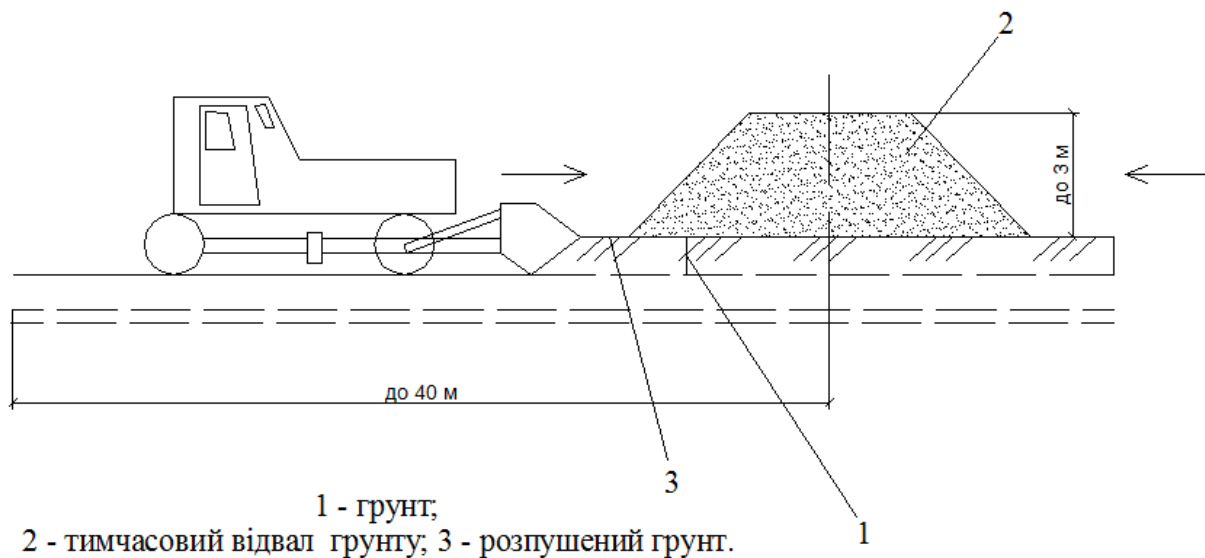


Рис.6.5 Переміщення розпушеного ґрунту у тимчасовий відвал

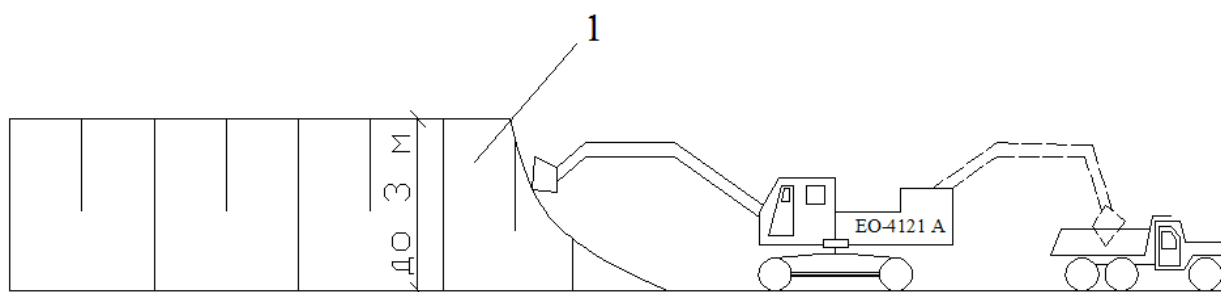


Рис.6.6 Розробка ґрунту в тимчасовому відвалі із завантаженням в автомобіль-самоскид

1 – тимчасовий відвал ґрунту

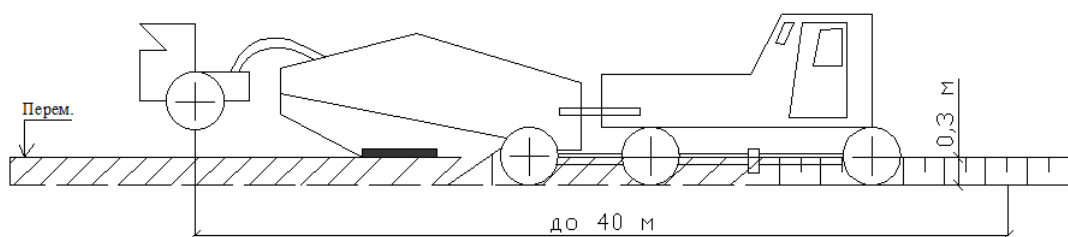


Рис.6.7 Розробка розпушеного ґрунту самохідними скреперами в комплексі з трактором-тягачем

Рослинний шар ґрунту знімають по всій площі, яка відведена під будівництво ділянки дорой.

Зайвий ґрунт, який не використовується для укріплення відкосів, використовують для підвищення продуктивності сільськогосподарських полів.

Розробка ґрунту в розпочинається з розпушування ґрунту на глибину до 0,45 м за 1 – 2 проходи тракторного розпушувача.

Розпушений бульдозером ґрунт переміщують в тимчасовий відвал, де його розробляють екскаватором ЕО-4121А, який обладнаний прямою лопатою з ковшем місткістю 1,0 м³, завантажують в автомобілі-самоскиди вантажопідйомністю 12 т, відвозять у відвал на відстань до 1,0 км. Автомобілі-самоскиди КрАЗ-256 Б підходять на завантаження в одному рівні з екскаватором по природній поверхні землі.

Після переміщення розпушеного ґрунту першого шару в тимчасовий відвал, приступають до розпушування другого шару ґрунту. Розпушений ґрунт бульдозером переміщують в тимчасовий відвал для розробки екскаватором, завантажують в автомобілі-самоскиди і відвозять на відстань до 1,0 км.

Розробку ґрунту, який розташований нижче шару мерзлого ґрунту, виконують одноковшевим екскаватором ЕКГ-4, який обладнаний прямою лопатою, з ковшем місткістю 4,0 м³, завантажують в автомобілі-самоскиди вантажопідйомністю 27 т і відвозять на відстань до 3 км.

Транспортування розробленого ґрунту до місця відсипання виконують автомобілями-самоскидами, вантажопідйомність якихзначається в залежності від місткості ковша екскаватора.

Кількість автомобілів-самоскидів приймається із розрахунку забезпечення максимальної продуктивності екскаватора.

Доробка проходів кар'єрів до проектних відміток виконують бульдозером по мірі утворення необхідного фронту робіт. Бульдозер зрізає недобір ґрунту з поверхні проходу і переміщує розроблений ґрунт в зону дії екскаватора для завантаження в автомобільний транспорт. Після проходів бульдозера виконується нівелювання і відновлення планової та висотної розбивки кар'єру. Потім автогрейдером виконується планування відкосів кар'єру та нарізка кюветів.

6.2 Технологія улаштування асфальтобетонних шарів на ділянці об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль (км 2+000 – км 7+000)

Технологія робіт з улаштування асфальтобетонних покриттів впливає на міцність, рівність і довговічність дороги. Асфальтобетонні покриття найбільш розповсюдженні.

Розрізняють покриття, влаштовані з гарячого, теплого і холодного асфальтобетону. Найбільш міцні та довговічні покриття, улаштовані з гарячого асфальтобетону.

Технологія улаштування асфальтобетонних покриттів складається з наступних операцій: приготування асфальтового бетону, транспортування його на місце робіт, підготовка основи, укладання та ущільнення асфальтобетонної суміші.

Приготування асфальтобетону відбувається на виробничих підприємствах.

Транспортують суміш на місце укладання автомобілями-самоскидами. Якість асфальтобетонної суміші дуже залежить від її температури. При низьких температурах в'язкість органічного в'язучого, яке покриває частинки щебеню, піску і мінерального порошку, збільшується. При цьому виникають труднощі при ущільненні суміші, органічне в'язуче високої в'язкості запобігає переміщенню і зближенню частинок і асфальтовий бетон виходить недостатньої густини.

Зменшення охолодження асфальтобетонної суміші може бути досягнуто наступним шляхом. Для транспортування необхідно використовувати великовантажні автомобілі-самоскиди. При великій масі суміш охолоджується повільніше. Крім того, використання автомобілів-самоскидів великої вантажопідйомності (7-10т) забезпечує зниження собівартості перевезень порівняно з автомобілями-самоскидами меншої вантажопідйомності.

Охолодження суміші може бути зменшене за рахунок зменшення часу знаходження автомобіля в дорозі. Це може бути досягнуто за рахунок змен-

шення шляху транспортування і збільшення швидкості руху. Для цього під'їзні шляхи мають утримуватися в належному стані: ґрунтові під'їзні шляхи необхідно періодично профілювати. В холодний період року необхідно передбачати будівництво ділянок доріг, розміщених ближче до асфальтобетонних заводів, і робити по принципу „від себе”, тобто постачати суміш по збудованому покриттю.

Якісна суміш при доставці на трасу має наступні характерні ознаки: вона утворює в кузові автомобіля-самоскида пологий конус, має рівномірний чорний колір без рижуватих або синюватих відтінків, не димить, рухома, не має комків та плям бітуму.

Підготовка основи заключається в наступному. Основа очищується від пилу та бруду механічними щітками. В разі необхідності для очищення використовується струмінь стиснутого повітря з компресора.

Асфальтобетон повинен мати необхідне зчеплення з шаром основи для забезпечення монолітності. Якщо ця умова не буде виконуватися, то міцність асфальтобетонного шару буде значно знижена і він швидко зруйнується. Якщо основа буде брудною, то забезпечити зчеплення з ним асфальтобетону не вдається.

За цією ж умовою категорично забороняється виконувати укладку асфальтобетону на зволожену основу. Для покращення зчеплення асфальтобетонного покриття з основою, поверхня останньої підґрунтовується, тобто по ній розливають рідкий бітум з розрахунку $0,4-0,6 \text{ кг/м}^2$.

Асфальтобетонне покриття має складати єдиний монолітний шар. Якщо він буде розділений тріщинами, то міцність його зменшиться. Для забезпечення монолітності покриття при підготовці основи виконується обмазування стиків раніше укладеного покриття рідким бітумом.

Нерівності основи можуть повторитися на поверхні покриття. Так, наприклад, якщо на поверхні є вибоїни та впадини, то товщина шару асфальтобетону в цих місцях буде більшою. При ущільненні шар більшої товщини більш осяде

і на поверхні покриття виникне нерівність. Тому перед укладанням покриття повинна бути перевірена рівність основи. При наявності значних нерівностей вони мають бути виправлені шляхом розсипання щебеню і наступного ущільнення.

Укладання асфальтобетонної суміші виконується наступним чином. Перед укладкою по краях покриття на основу встановлюються опорні бруси, призначення яких забезпечити рівну кромку покриття і попередити асфальтобетонну суміш від розповзання при укатці. Для опорних брусів використовуються рельси вузькоколійки, які встановлюються на ребро, дерев'яні бруски і т.д. Упорні бруси закріплюються костилями для попередження зміщення їх при укатці.

Перед укладанням суміші має бути відрегульований укладчик асфальтобетону; очищена та змащена поверхня вирівнюючої плити, сама плита має бути розігріта і встановлена на потрібну товщину шару з урахуванням коефіцієнту ущільнення шару. Величина коефіцієнту для гарячих і теплих сумішей 1,15-1,20, для холодних- 1,5-1,6.

При поставці на місце роботи асфальтобетонної суміші її якість перевіряється шляхом заміру температури та візуального огляду. Суміш вивантажується в бункер асфальтобетонного укладчика.

Укладчик влаштовує смугу визначеної ширини та довжини. Ширина смуги для укладчика типу Д-150А складає 3030 або 3530мм, а для Д-464 – 1000-3000мм. Якщо довжина цієї смуги буде більшою, то асфальтобетон, укладений на початку робіт, вистигне і при укладці суміжної смуги не можна буде забезпечити монолітність покриття. На поверхні в цьому місці виникне шов, який зменшить монолітність. Для передбачення цього укладку треба проводити при неохоложеному асфальтобетоні суміжної смуги. Тому довжина смуги, що укладається, обмежена. Якщо довжина буде замалою, то укладчик буде витрачати забагато часу для переходу з смуги на смугу і його продуктивність зменшиться.

Укладка суміші при влаштуванні двошарових асфальтобетонних покриттів може виконуватися одним або двома укладчиками трьома способами: одним укладчиком по чергово верхній і нижній шар; двома укладчиками по чергово верхній і нижній шар; одним укладчиком верхній шар, а другим нижній шар одночасно.

Рекомендована довжина укладання асфальтобетонної суміші наведена в таблиці 6.1.

При роботі за першим способом зменшується продуктивність укладчика внаслідок частих переходів з одного шару на інший. В той же час цей спосіб при малих швидкостях спеціалізованого потоку дозволяє обходитися одним укладчиком і повністю його завантажити. Тому цей спосіб доцільно використовувати при малих змінних потоках.

Таблиця 6.1

Рекомендована довжина укладання асфальтобетонної суміші

Температура повітря, °С	Смуга укладки асфальтобетону, м	
	На захищених від вітру, забудованих і лісових ділянках і в глибоких виїмках	На відкритих ділянках
нижче +5	20-30	15
5-10	30-60	до 30
10-15	60-100	до 50
15-25	100-150	до 80
вище 25	150-200	до 100

При роботі за другим способом збільшується продуктивність укладчиків внаслідок скорочення переходів в середині захватки. Однак такий спосіб потребує переналадки асфальтобетонного заводу, який має випускати то крупно-, то дрібнозернисту суміш, що пов'язано з витратами часу і зменшення продуктивності.

Робота за третім способом дає дещо меншу продуктивність укладчиків, ніж в другому, однак більшу, ніж в першому. При роботі в дві зміни виникають труднощі при укладанні верхнього шару в другу зміну, вночі.

Вибір способу виконання робіт має проводитися на основі техніко-економічного аналізу.

Ущільнення асфальтобетонних покриттів є однією з найвідповідальніших операцій. Ущільнення забезпечує монолітність та міцність шару.

Ефективність ущільнення залежить від температури суміші. При затиганні суміші укатка стає малоефективна або неможлива. Тому проміжок часу між укладанням та ущільненням суміші має бути таким, щоб не сталося надмірного вистигання суміші.

На першому етапі ущільнення виникає значне зміщення щебеню, зсуви та взаємна їх орієнтація. На другому етапі ущільнення взаємні зміщення невеликі.

На процес ущільнення дуже впливає в'язкість органічного в'язучого, яка залежить від температури. На першому етапі ущільнення температура суміші більша, ніж на другому, а в'язкість менша. Внаслідок малої густини кількість контактів між щебінками невелика, тому невелика сила тертя, зчеплення і опір суміші до ущільнення. Це дозволяє використовувати на першому етапі легкі або середні катки

На другому етапі внаслідок охолодження суміші в'язкість суміші значно збільшується. Через збільшення густини збільшується число контактів між щебінками. Тому на другому етапі необхідно використовувати важкі катки. Перший етап ущільнення називають прикаткою; другий етап – укаткою.

На першому етапі ущільнення використовують легкі жорсткобарабанні катка або катки на пневматичних шинах. Переключення передач в межах ділянки, що укатується, не рекомендується. Це пов'язано з тим, що при переключенні передач швидкість катка зменшується, а ущільнююча дія збільшується, що призводить до появи на поверхні шару заглиблень та нерівностей.

Перші проходи віброкотків виконуються з вимкненими вібраторами для запобігання зсувів суміші та утворення нерівностей.

Робочі швидкості катків при ущільненні не повинні перевищувати 2-3 км/год. При великих швидкостях спостерігається розхитування катка, збільшується його динамічний вплив на суміш і виникають нерівності. Ущільнююча дія катків при збільшенні швидкості зменшується. При використанні катків на пневматичних шинах швидкість катка можна збільшити до 5 км/год. Внаслідок великої площі контакту пневмошини з шаром час дії катка на ґрунт продовжує залишатися значним і зменшення ущільнюючої дії не спостерігається. В той же час продуктивність укатки зростає.

Укатка повинна забезпечити рівномірну щільність суміші по всій довжині. Для цього при наступних проходах слід катка повинен перекривати попередні проходи. Це перекриття не повинне бути великим, так як при цьому знижується продуктивність укатки і збільшується неоднорідність шару по міцності та щільності. Тому розробляються спеціальні схеми укатки, які забезпечують мінімальне перекриття та рівномірне ущільнення шару.

Укатка починається від краю покриття для створення опори з щільної суміші при наступних проходах, які поступово зміщуються до осі дороги.

Укатка повинна забезпечити створення шару потрібної рівності. Для цього ефективно використовувати трьохвальцеві катки типу „тандем”, які зменшують нерівності покриття.

РОЗДІЛ 7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1. Кошторисна вартість

Техніко – економічний аналіз інженерних рішень базується на "Методиці (основні положення) визначення економічної ефективності використання в народному господарстві нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій". Методичною основою аналізу є порівняння економічних результатів реалізації різноманітних варіантів інженерних рішень. При цьому для оцінки цих результатів використовується система показників, до яких відносяться: капітальні вкладення, поточні витрати, приведені витрати, річний економічний ефект, коефіцієнт ефективності допоміжних капітальних вкладень, строк окуплюваності допоміжних капітальних вкладень.

Окрім цього, також, використовуються показники, які мають важливе самостійне значення та характеризують окремі сторони досягаемого ефекту: продуктивність праці, матеріалоємність, енергоємність та ін.

Базовими показниками порівнювальної ефективності є капітальні вкладення та поточні витрати, що використовуються при розрахунках інших показників.

Вартість робіт по реконструкції ділянки дороги визначена по збірниках РЕКН ДБН.1.1-1-2000 в цінах і нормах 2000 р.

Вартість будівництва складає 189541.388 тис. грн.

Зворотні суми 1293.695. грн.

Вартість 1 км. дороги..... 28105,189 тис. грн.

Далі наведені загальні, зведені локальні кошторисні розрахунки вартості будівництва ділянки об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль.

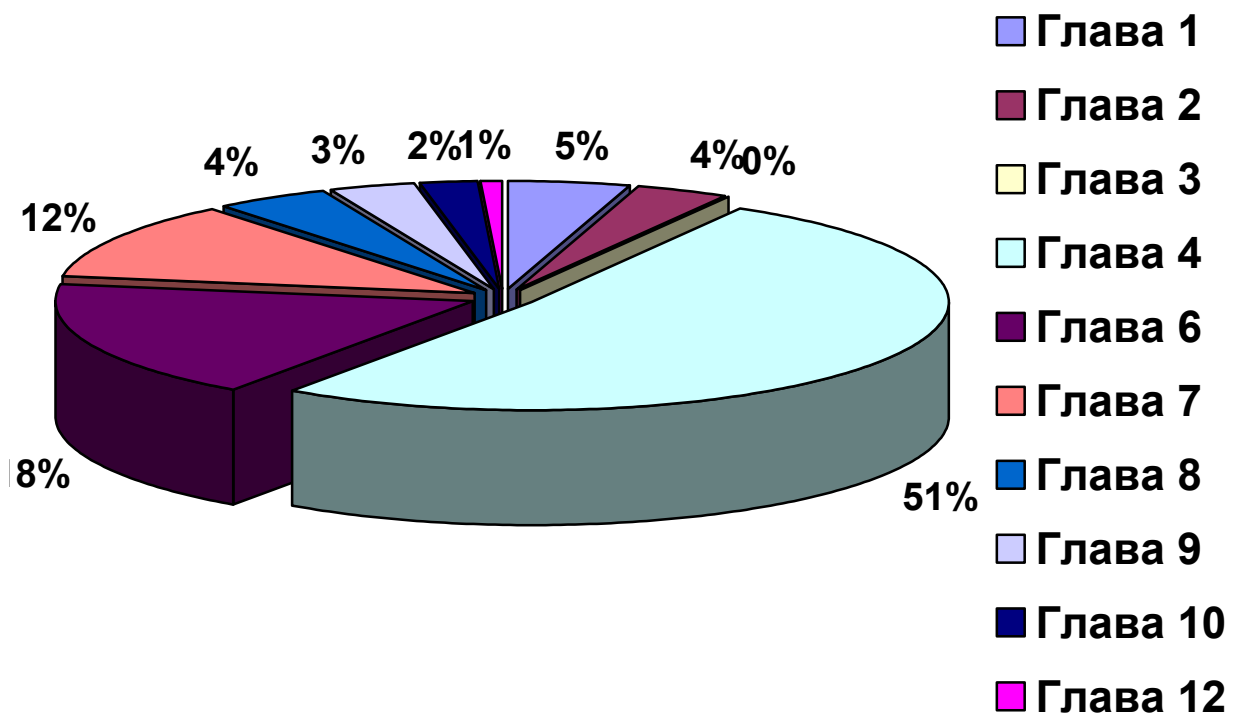


Рис. 7.1 Розподіл коштів по зведеному кошторисі по главах

По вищенаведеному зведеному кошторисі, можна зробити такі висновки, що найбільше коштів потрібно на влаштування дорожнього одягу – 65128,274 тис. грн.(51%), потім на благоустрій та озеленення території – 14805,193 тис. грн.(12%). Але якщо під час капітального ремонту використовувати новітні технології, такі як геосинтетичні матеріали, то зросте вартість і строк служби покриття.

7.2. Загальні відомості

На підставі визначених обсягів виконаних робіт під час капітального ремонту особливе значення мають вартісні показники, які є актуальними на даний час. Виходячи з того, що на розвиток автотранспортної галузі виділяються обмежені обсяги коштів, то ефективність їх використання має суттєве значення для народного господарства.

Доцільність здійснення витрат на капітальний ремонт автомобільних доріг характеризується показниками економічної ефективності капітальних вкладень та показниками соціальної ефективності.

Кошторисні нормативи - це узагальнена назва комплексу кошторисних норм, що об'єднуються в окремі збірники. Разом з правилами і положеннями, що містять у собі необхідні вимоги, вони слугують для визначення вартості будівництва. Визначення вартості будівництва за допомогою елементних кошторисних нормативів вимагає значних розрахунків. Для прийняття рішень на стадіях техніко-економічного обґрунтування, або техніко-економічних розрахунків інвестицій, державні будівельні норми передбачають застосування укрупнених показників вартості будівництва

Система ціноутворення в будівництві базується на нормативно-розрахункових показниках і поточних цінах трудових та матеріально-технічних ресурсів. Нормативними показниками є ресурсні елементні кошторисні норми. На підставі цих норм і поточних цін на трудові та матеріально-технічні ресурси визначаються прямі витрати вартості будівництва. враховуються у вартості будівництва, визначаються не за нормами, а розрахунково.

7.3. Види інвесторської кошторисної документації

Локальні кошториси, є первинними кошторисними документами і складаються на окремі види робіт та витрат по будівлях та спорудах або по загальномайданчикових роботах на підставі обсягів, що визначилися при розробленні проектної документації. Розраховується локальний кошторис на підготовчі роботи, земляні роботи, влаштування покриття, влаштування водовідвідно-дренажної системи.

Об'єктні кошториси, об'єктні ресурсні кошториси об'єднують у своєму складі дані відповідних локальних кошторисів, локальних ресурсних кошторисів.

Зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва аеродромного покриття складається на основі об'єктних кошторисів.

Зведення витрат - це кошторисний документ, що об'єднує зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва.

7.4. Склад інвесторської кошторисної документації

Склад інвесторської кошторисної документації визначається залежно від стадійності проектно-кошторисної документації, що розробляється, та технічної складності об'єкта.

Склад інвесторської - кошторисної документації наступний:

- локальні кошториси
- об'єктні кошториси
- зведені кошториси

Порядок складання кошторисної документації регламентується ДБН

В локальних кошторисах розраховується загальна кошторисна вартість об'єкту, кошторисна трудомісткість (люд-год), кошторисна заробітна плата і вказується вимірник одиничної вартості на даний об'єкт.

В об'єктних кошторисах вираховуються базові показники, як і в локальних кошторисах - кошторисна трудомісткість та кошторисна заробітна плата, які використовуються у подальших кошторисних розрахунках.

Об'єктні кошториси складаються на об'єкти в цілому шляхом підсумування даних локальних кошторисів, згрупуванням робіт та витрат по відповідних графах кошторисної вартості „будівельних робіт", „монтажних робіт", „інших витрат" тощо.

Зведений кошторисний розрахунок – визначає загальну кошторисну вартість будівництва

РОЗДІЛ 8

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

8.1. Розробка та дослідження екологічних критеріїв автомобільної дороги в процесі її експлуатації

При фінансуванні будівельних робіт і утриманні автомобільних доріг необхідно включати витрати на заходи по зниженню негативного їх негативного впливу на навколишнє середовище та біосферу придорожньої смуги, оскільки від екологічної ситуації на автомобільних дорогах залежить продуктивність праці в ремонтних бригадах, які знаходяться практично повний робочий день в несприятливих екологічних умовах, а також стан пасажирів та пішоходів, жителів поблизу автомобільних доріг [17-18].

Для кількісної оцінки екологічного впливу автомобільного транспорту на навколишнє природне середовище необхідно мати інформацію про поля концентрації забруднюючих речовин безпосередньо на автомобільній дорозі.

Існуючі прогностичні оцінки забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами, які містяться у відпрацьованих газах автотранспортних засобів, базуються в основному на дифузійних моделях міграції та осідання їх на поверхнях в процесі експлуатації автомобільної дороги.

Особливо актуальна дана проблема при оцінці впливу забруднюючих факторів на навколишнє середовище автомобільних доріг на стадії їх будівництва: людей ремонтних та обслуговуючих бригад, водіїв, пішоходів, які знаходяться тривалий час в зоні дії відпрацьованих газів автотранспорту.

До екологічних параметрів автомобільних доріг належать поля концентрації забруднюючих речовин на навколишнє середовище автомобільних доріг, їх валові викиди як на самій автомобільній дорозі, так і на придорожніх територіях. Існуючі методики не враховують об'ємний характер процесу розсіювання забруднюючих речовин. Тому вони потребують креляції та подальшого розвитку.

Поряд з хімічними забруднюючими речовинами, які знаходяться в складі відпрацьованих газів, на організм дорожніх робочих впливають хімічні з'єднання, які входять до складу асфальтобетону, а також фізичні впливи: шум, вібрації, електромагнітні коливання.

Дослідження, проведені серед працівників автотранспорту показали, що професійними патологіями для даної категорії робочих є хронічні фарингіти та бронхіти, а також дерматити, екземи, запальовальні процеси очей, вібраційна хвороба, високий артеріальний тиск, рак гортані та шлунку. Враховуючи вищевказані несприятливі фактори, можна припустити, що для працівників, які зайняті на ремонтних роботах і обслуговуванні автомобільних доріг, аналогічні професійні патології виражені у великій ступені.

Гранично допустима концентрація розрахована на всі групи населення та на нескінченно довгий період впливу і, відповідно являється жорстким санітарно-гігієнічним нормативом, що встановлює концентрацію шкідливої речовини у повітряному середовищі. Саме ця величина може виступати в якості «еталону» для оцінки повітряного середовища в придорожній зоні.

Для оцінки розробки методики оцінки умов праці служб ремонту та експлуатації автомобільних доріг необхідні прогнозні оцінки полів концентрації забруднюючих речовин, що містяться у відпрацьованих газах автотранспорту, ремонтній техніці, та у дощових стоках. Такі оцінки необхідні для визначення ступеня впливу кожного забруднювача на організм працівників автосервісу та служб експлуатації автомобільної дороги, пішоходів та пасажирів.

8.2. Математичне моделювання взаємодії відпрацьованих газів автотранспортних засобів з біосферою придорожньої смуги

В якості математичної моделі забруднення біосфери автомобільних доріг розглянемо миттєве джерело забруднення потужністю g_i у вигляді нескінченної смуги (полотна автомобільної дороги), а біосфера та навколишнє середовище придорожніх територій являються стоками забруднюючих речовин потужністю

g'_i . Джерело та стік забруднюючих речовин розмістимо відповідно в точках з координатами $(x'+dx', y', z')$ і (x', y', z') , а початок координат – на осі дороги (рис. 8.1). Вирішення дифузійної задачі в цьому випадку отримується із фундаментального рішення диференціального рівняння параболічного типу при переході до границі $dx' \rightarrow 0$ і $\lim g'dx' = g_i$.

$$C_i = \frac{g_i(x-x')}{\left[16\pi^{\frac{3}{2}}(D_x\tau)^{\frac{5}{2}}\right] \exp\left\{\frac{-[x-x']^2/D_x + [y-y']^2/D_y + [z-z']^2/D_z}{4\tau}\right\}}, \quad (8.1)$$

де D_x, D_y, D_z – складові коефіцієнту дифузії за напрямками осей координат (рис.8.1), м²/с; ; τ – час забруднюючої речовини на біосферу, с.

В залежності (8.1) не враховуються у явній формі метеорологічні умови, що впливають на процес розсіювання.

Для їх обліку введемо в рішення корелюючий коефіцієнт, з урахуванням якого рішення (8.1) набде вигляду:

$$C_i = \frac{\Xi g_i(x-x')}{\left[16\pi^{\frac{3}{2}}(D_x\tau)^{\frac{5}{2}}\right] \exp\left\{\frac{-[x-x']^2/D_x + [y-y']^2/D_y + [z-z']^2/D_z}{4\tau}\right\}}, \quad (8.2)$$

де Ξ – параметр, який враховує метеорологічні фактори: стан атмосфери (ясно, хмарно, нейтральний стан), напрямок вітру. Швидкість вітру враховується при визначенні коефіцієнту дифузії.

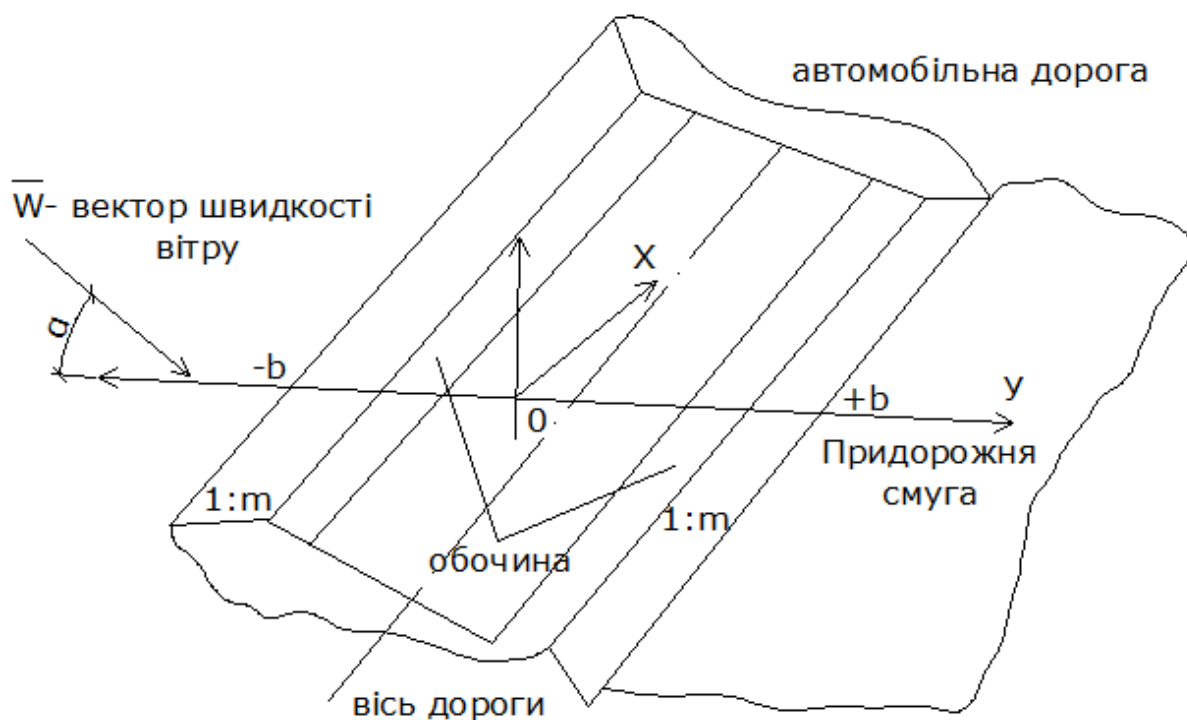


Рис. 8.1. Схема розташування координатних осей для оцінки концентрацій забруднюючих речовин на досліджуваній ділянці

Необхідно відмітити, що емісія забруднюючих речовин від автомобілів при проходженні повз фіксовану точку носить динамічний характер, обумовлений дискретністю транспортного потоку. Тому для опису дискретного потоку маси забруднюючих речовин в рішенні вводиться одинична функція [17-18].

Потужність g_i джерела викиду можна розрахувати для одиночного автомобіля, усереднюючи масовий викид i -ї забруднюючої речовини одиночного автомобіля за одиницю часу τ_0 на ділянці дороги довжиною $L = V \cdot \tau$, де V – швидкість автомобіля:

$$g_i = \int_0^{\tau_0} \varphi(i) G_i d\tau_0 \int_0^L \varphi(i) G_i dx, \quad (8.3)$$

де τ_0 – період усереднення, G_i – масові витрати i -го забруднювача, а одинична функція $\varphi(i)$ має вигляд і враховує дискретність джерела:

$$\begin{cases} \varphi(i) = 0, \tau < 0, \varphi(i) = 1, \\ nt < i < nt + t_1; \\ \varphi(i) = 0, nt + t_1 < i < (n+1)t; \\ n = 0, 1, \dots \end{cases} \quad (8.4)$$

Залежність (8.4) дозволяє зкоректувати значення концентрацій i -ї забруднюючої речовини (одиначний автомобіль) при проходженні автомобіля по автомобільній дорозі. Знаючи концентрації i -ї забруднюючої речовини на автомобільній дорозі при зміні координати Y (рис.8.1):

$$-b \leq Y \leq +b, \quad (8.5)$$

де b – половина ширини автомобільної дороги і придорожньої смуги, а також концентрації цієї забруднюючої речовини на придорожніх смугах, можна оцінити за різницею концентрацій екологічну дію автомобільної дороги на біосферу та обслуговуючий персонал. З цією метою достатньо визначити коефіцієнт екологічної небезпечності $K_{ен}$ ділянки автомобільної дороги, який є видозміненою формою категорії небезпечності підприємства:

$$K_{ен} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{G_i}{G_{ГДК}} \right)^{a_i}, \quad (8.6)$$

де G_i – масовий (валовий) викид i -го забруднювача в год (т/год), a_i – коефіцієнт, який враховує клас небезпечності i -ї речовини; $a_i = 1,7$ – перший клас небезпечності; $a_i = 1,3$ – другий клас небезпечності; $a_i = 1$ – третій клас небезпечності; $a_i = 0,9$ – четвертий клас небезпечності.

Таким чином, залежність (8.6) дозволяє виконувати розрахунок коефіцієнту екологічної небезпечності як функцію метеорологічних, антропогенних параметрів розсіювання, міграції пилових аерозолів, важких металів на полотні дороги, контроль над її забрудненням.

Врезультаті можна виділити 4 категорії небезпечності ділянки дороги:

$$\begin{cases} K_{ен} \geq 10^6 - 1 \text{ категорія} \\ 10^6 \leq K_{ен} \leq 10^4 - 2 \text{ категорія} \\ 10^4 \leq K_{ен} \leq 10^3 - 3 \text{ категорія} \\ K_{ен} < 10^3 - 4 \text{ категорія} \end{cases} \quad (8.7)$$

Для розрахунку виділимо ділянку дороги розміром , де $2b$ – ширина автомобільної дороги, L – довжина ділянки, $1,5$ м – висота (на рівні дихання людини). Кількість i -ї забруднюючої речовини, що діє на людину чи будь-яку біосферу, визначається за формулою:

$$G_{ізгод} = (C_i - C_{прид})(2b \cdot L \cdot 1,5)T_{год}, \quad (8.8)$$

де $T_{год}$ – час знаходження людини в зоні дії забруднювача, $C_{прид}$ – концентрація забруднюючих речовин над в придорожньою територією ($Y > b$).

Спостереження за забрудненнями шкідливих речовин проводилося на автомобільній дорозі державного значення Київ-Знам'янка км 205+280 – км 213+000 (рис.8.2).

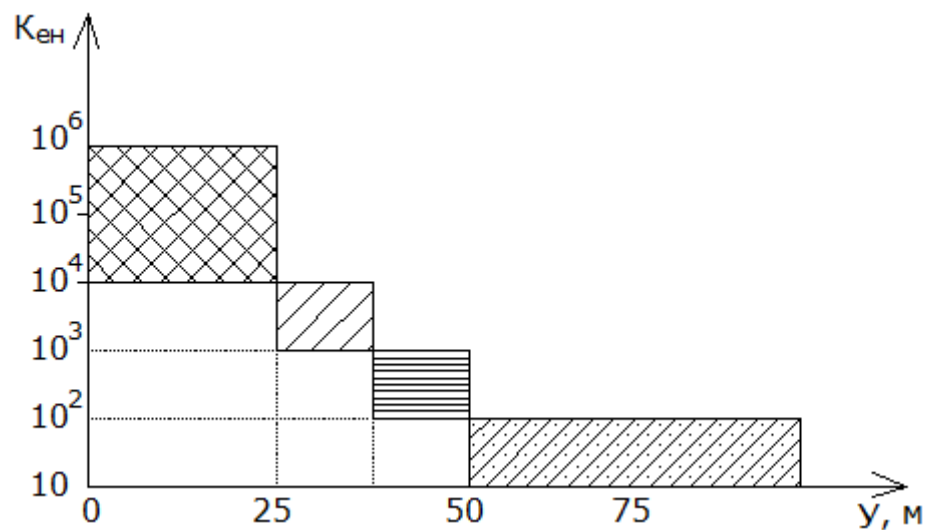


Рис. 8.2. Зміна коефіцієнту $K_{ен}$ в залежності від відстані Y від осі ділянки автомобільної дороги, що ремонтується

0-20 м – 2 категорія небезпечності; 20-50 м – 3 категорія небезпечності; 50 – 75 м – 4 категорія небезпечності

8.3. Аналіз результатів досліджень забрудненості атмосферного повітря при динамічних метеорологічних процесах

Дані метеорологічних спостережень та результати вимірювань забрудненості на ділянці автомобільної дороги наведені в таблиці 8.1. Аналіз результатів вимірювань, наведених в таблиці 8.1, показує, що при температурному режимі відмічалось підвищення температури повітря з висотою в приземному двометровому шарі повітря, що характерно для даної синоптичної ситуації.

Таблиця 8.1

Значення метеорологічних параметрів та забрудненості повітря в придорожній смузі (травень місяць)

Метеопараметри	Розташування точки вимірювання			
	Брівка	10 м вліво від брівки	25 м вліво від брівки	50 м вліво від брівки
Температура повітря на висоті 0,5 м, °C	15,7	15,7	15,9	15,9
Температура повітря на висоті 2,0 м, °C	15,8	15,9	16,1	16,1
Відносна вологість повітря на висоті 0,5 м, %	98,8	97,6	96,2	98,1
Відносна вологість повітря на висоті 2,0 м, %	97,5	95,6	95,7	98,3
Швидкість вітру на висоті 2,0 м, м/с	3,17	-	1,77	-
Вміст CO в мг/м ³	1,0	0,00	0,00	0,00
Вміст NO ₂ в мг/м ³	0,02	0,01	0,02	0,01
Вміст SO ₂ в мг/м ³	0,00	0,00	0,00	0,00

Спостереження за метеорологічними параметрами показали, що швидкість вітру на брівці перевищує швидкість вітру в придорожній смузі в 1,8 рази. Середня температура змінювалась в межах від 15,7 °C до 15,9 °C на висоті 0,5 м

від поверхні землі та від 15,8 °С до 16,1 °С на висоті 2,0 м від поверхні землі. Вологість повітря складала 96,2 – 98,8 % на висоті 0,5 м від поверхні землі, 95,6 – 98,3 на висоті 2,0 від поверхні землі.

Розташування точок спостереження в надвітряній частині сприяло низькому вмісту токсичних речовин у повітрі. Однак, не зважаючи на це, вміст оксидів азоту NO₂ досягає достатньо великих величин (12 – 24 % від максимально разової гранично допустимої концентрації), а вміст оксиду вуглецю СО – 20 % від максимально разової гранично допустимої концентрації.

Спостереження за екологічною ситуацією на даній ділянці автомобільної дороги проводилися і при відсутності дощу.

Дані метеорологічних спостережень та результати вимірювань забрудненості наведені в табл. 8.2 – 8.3.

Таблиця 8.2

Значення метеорологічних параметрів та забрудненості повітря в придорожній смузі з навітряної сторони

Метеопараметри	Розташування точки вимірювання			
	Брівка	10 м вліво від брівки	25 м вліво від брівки	50 м вліво від брівки
Температура повітря на висоті 0,5 м, °С	18,5	17,8	17,4	17,0
Температура повітря на висоті 2,0 м, °С	17,6	16,6	16,5	16,4
Відносна вологість повітря на висоті 0,5 м, %	56,6	54,0	53,7	64,5
Відносна вологість повітря на висоті 2,0 м, %	52,8	54,5	56,6	55,6
Швидкість вітру на висоті 2,0 м, м/с	1,04	0,82	-	0,74
Вміст NO ₂ в мг/м ³	0,087	0,082	0,076	0,064
Вміст SO ₃ в мг/м ³	0,007	0,005	0,005	0,003

При загальній орієнтації траси з півночі на південь та розташування приладів на схід і захід від траси відмічався вітер південно-західного та західного напрямків. Найближчі лісосмуги та окремі дерева не затьмарювали вітровий режим.

Таблиця 8.3

Значення метеорологічних параметрів та забрудненості повітря в придорожній смузі з підвітряної сторони

Метеопараметри	Розташування точки вимірювання			
	Брівка	10 м вліво від брівки	25 м вліво від брівки	50 м вліво від брівки
Температура повітря на висоті 0,5 м, °C	18,0	18,0	18,0	18,1
Температура повітря на висоті 2,0 м, °C	17,1	17,5	17,6	17,3
Відносна вологість повітря на висоті 0,5 м, %	45,9	56,9	43,7	48,5
Відносна вологість повітря на висоті 2,0 м, %	57,5	64,2	40,3	58,7
Швидкість вітру на висоті 2,0 м, м/с	2,24	1,60	-	1,38
Вміст NO ₂ в мг/м ³	0,093	0,083	0,076	0,054
Вміст SO ₃ в мг/м ³	0,008	0,006	0,005	0,005

Відмічається збільшення швидкості на брівці автомобільної дороги в порівнянні з придорожною смугою. Коефіцієнт збільшення складає 1,4 для навітряної і 1,6 для підвітряної сторони.

Вміст забруднюючих речовин (NO₂ та SO₂) з навітряної та підвітряної сторони відрізняється незначною мірою. Для всіх забруднюючих речовин найбільше значення відмічається на брівці автомобільної дороги. На відстані 10 м від брівки вміст забруднюючих речовин, як з підвітряної сторони, так із навітряної зменшується на 25-28 %, на відстані 25 м – на 25-28 % (з навітряної сто-

рони) і на 38-40 % (з підвітряної сторони). Відмінності, особливо на відстані 50 м, доволі великі, щоб рахувати їх випадковими.

Спостереження за метеорологічними параметрами показали, що швидкість вітру на брівці перевищує швидкість вітру в придорожній смузі в 1,3 – 1,6 рази. Середня температура змінюється в межах від 17 °С до 18,5 °С на висоті 0,5 м від поверхні землі та від 16,4 °С до 17,5 °С на висоті 2,0 м від поверхні землі. Вологість повітря складала 43,7 – 64,5 % на висоті 0,5 від поверхні землі, 40,3 – 64,2 на висоті 2,0 м від поверхні землі.

Вміст оксидів азоту (NO₂) досягає достатньо великих величин (47 – 59 % від максимально разової гранично допустимої концентрації (рис. 8.3)

8.4. Визначення критерія доцільності проведення дорожньо-ремонтних робіт

Доцільність проведення різних видів ремонтних робіт і утримання автомобільних доріг визначається за станом дорожніх одягів та приведеними витратами, що є не зовсім логічним.

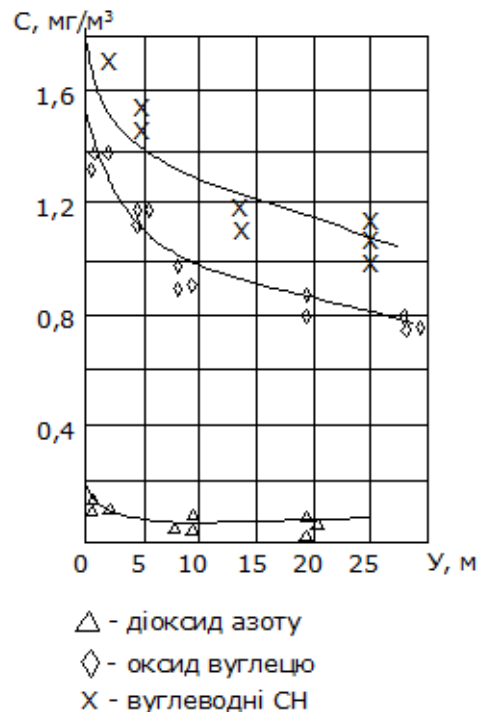


Рис. 8.3. Зміна концентрацій забруднюючих речовин на відстані У від ділянки автомобільної дороги

Необхідно базуватися на сумісному плануванні за вищенаведеними принципами. Для цього необхідно перерозподілити вати розділи фінансування в залежності від запланованих видів ремонтно-відновлювальних робіт та операцій по утримуванию дорожніх одягів. Першочерговою задачею є обґрунтування міжремонтних термінів служби дорожніх одягів і можливості їх збільшення.

Для дорожнього будівництва основним видом порівняльної ефективності є метод приведених капітальних вкладень та експлуатаційних витрат. Оптимальним визнається рішення з мінімальними приведеними затратами та максимальними міжремонтними термінами служби дорожніх одягів.

Період між капітальними ремонтами для дорожнього одягу нежорсткого типу із асфальтобетону з інтенсивністю руху більше 5000 авт/добу та при щорічному прирості складає 7 – 12 років. Традиційно склалась думка, що міжремонтний термін служби є ближчим до 7 років, ніж до 12.

Шляхом проведення різних видів ремонтних робіт з метою підвищення технічного рівня дорожнього одягу можна продовжити міжремонтний термін до верхньої межі – 12 років. Нижній гранично допустимий технічний рівень буде відповідати міжремонтному терміну 7 років. Мінімальний ремонтний термін покриттів встановлений для варіанту з виконанням робіт тільки по утриманню дорожніх одягів на високому урівні (виходячи із потреби).

Ремонтні роботи на автомобільній дорозі виконуються з метою забезпечення збереженості її конструктивних елементів та приведення експлуатаційних якостей у відповідність з інтенсивністю та складом транспортного потоку.

Розрізняють перспективне планування за міжремонтними термінами служби дорожніх одягів та поточне, при якому потреба відповідного ремонту встановлюється на основі фактичного стану конструктивних елементів автомобільної дороги.

Перспективне планування дорожньо-ремонтних робіт дозволяє за декілька років шляхом проведення різних заходів відновити транспортно-експлуатаційний стан автомобільних доріг до початкового рівня.

При поточному плануванні основною задачею проведення робіт являється підтримка споживчих якостей автомобільної дороги.

Розподіл фінансів між поточними та перспективними дорожньо-ремонтними роботами в залежності від експлуатаційної категорії автомобільної дороги, необхідного рівня утримання повинно бути засноване на дослідних спостереженнях за ділянками автомобільної дороги та теорії ймовірностей, яка дозволяє оцінити міжремонтні терміни робіт.

При перспективному плануванні робіт необхідно керуватися діючими нормами міжремонтних термінів робіт.

При перспективному плануванні робіт необхідно керуватися діючими нормами міжремонтних термінів експлуатації дорожніх одягів та покриттів.

Конкретні види дорожньо-ремонтних робіт при цьому визначаються на основі техніко-економічного аналізу, що проводиться для обґрунтування окремих технологічних процесів та операцій, які у великій мірі підвищують транспортно-експлуатаційні якості та продовжують міжремонтні терміни служби конструктивних елементів автомобільної дороги. В будь-якому випадку необхідно призначати дорожньо-ремонтні роботи на більш ранніх етапах, що дозволить підвищувати термін служби покриттів та збільшити період між капітальними ремонтами.

Критерієм доцільності призначення визначеного виду дорожньо-ремонтних робіт були прийняті приведені витрати за прогнозований міжремонтний термін служби (з урахуванням дисконтування):

$$\sum_{i=1}^n (S_i + C_i) / (1 + E)^i, \quad (8.9)$$

$(1 + E)^i$ – норма дисконту; S_i , C_i – відповідно експлуатаційні та капітальні витрати на i -й вид робіт.

8.5. Висновки

1. Методами математичного моделювання встановлені закономірності залежності експлуатаційних, економічних та природоохоронних показників від застосовуваних технологій ремонту та утримання автомобільних доріг.

2. Обґрунтовані оптимізаційні параметри експлуатаційних показників дорожніх покриттів при капітальному ремонті автомобільних доріг, які дозволяють з максимальною ефективністю впровадити прогресивні технології ремонту автомобільних доріг та нові матеріали, а також забезпечити безперервний, безпечний та зручний проїзд по автомобільній дорозі в будь-який час року.

3. На основі математичного моделювання розроблені методичні основи мінімізації інтегральних витрат на ремонт та тримання автомобільних доріг із складанням цільової функції, де враховується дефіцит фінансування.

4. Розроблена методологія обґрунтування раціональних міжремонтних термінів при утриманні автомобільних доріг, що дозволяє приймати рішення по їх збільшенню. Обґрунтовано збільшивши витрати на проведення робіт по ремонту та утриманню окремо взятої ділянки автомобільної дороги, можна значно збільшити період між капітальними ремонтами і тим самим значно зменшити витрати на підтримання споживчих якостей автомобільної дороги.

РОЗДІЛ 9

ОХОРОНА ПРАЦІ

При виконанні робіт слід керуватися вимогами ДНАОП 5.1.14 – 1.01 – 96 «Правила охорони праці при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг і на інших об'єктах дорожнього господарства», ДБН А.3.1 – 5 – 96 «Організація будівельного виробництва», іншими відомчими інструкціями, рекомендаціями по безпечних методах виконання робіт, протипожежної та електричної безпеки, виробничої безпеки, виробничої санітарії та охорони праці в будівництві.

9.1 Основні положення

Усі види будівництва і ремонту автомобільних доріг можна виконувати тільки за наявності проектів організації будівництва і виконання робіт робочих креслень, що затверджені в установленому порядку.

Згідно з Законом України «Про охорону праці» усі працівники при прийнятті на роботу і в процесі проходять інструктаж (навчання) з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки в разі виникнення аварії згідно з типовим положенням, затвердженим Державним комітетом з нагляду за охороною праці.

Працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба у професійному доборі, повинні проходити попереднє спеціальне навчання і один раз на рік перевірку знань відповідних нормативних документів про охорону праці. Перелік таких робіт затверджується Державним комітетом України з нагляду за охороною праці. Посадові особи згідно з переліком, затвердженим Державним комітетом з нагляду за охороною праці, до початку виконання своїх обов'язків і періодично один раз на три роки проходять у встановленому порядку навчання, а також перевірку

знань з охорони праці в органах галузевого або регіонального управління охороною праці за участі представників органу державного нагляду та профспілок. Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктажу та перевірки знань з охорони праці, забороняється. У разі незадовільних знань працівники повинні пройти повторні навчання. На прохання працівника проводиться повторний інструктаж.

9.2 Вимоги безпеки праці при проведенні підготовчих робіт

Повітряні лінії зв'язку і електропередач, кабельні лінії, трубопроводи та інші комунікації і споруди переносяться у відповідності до вимог СНиП – 4 – 80* «Правила производства и приемки работ. Техника безопасности в строительстве».

Перенесення чи перебудову комунікацій повинні здійснювати спеціалізовані організації.

При проведенні підготовчих робіт найбільш потенційно небезпечними є роботи, що пов'язані з вирубкою дерев придорожньої посадки, роботою кущорізів, викорчовування пеньків і розпушуванням ґрунту.

До початку вирубування дерев звалювальники повинні підготувати інструмент і пристрої (клини, вила, багри, мотузки, блоки), що забезпечують безпеку робіт.

Для повалення лісу в зимовий час необхідно заздалегідь ущільнити сніг навкруги дерев, що валяються і протоптати доріжки під кутом 45° (від дерева) довжиною 4-5 м для забезпечення швидкого відходу від дерева в момент його падіння.

Рубання дерев діаметром понад 300 мм необхідно виконувати тільки шляхом підпилювання або підрубування з наступним спилуванням.

Підпилювання або підрубання допускається тільки з тієї сторони, в яку намічено повалення дерева, але не з двох чи декількох сторін. Глибина підпилювання або підрубання рівних дерев повинна складати $1/4$ товщини колії.

Дерева, що мають нахил, звалюють у бік їх нахилу. Щоб уникнути сколу при падінні дерева, підрубку треба робити глибиною не менше $1/3$ товщини стовбура.

У початковий момент падіння дерева звалювальник і його помічник повинні відійти на 4 – 5 м заздалегідь підготовленими доріжками.

Забороняється рубання дерев при вітрі силою понад 3 бали (5 м/с), а також у нічний час і при видимості менше 50 м.

Для попередження обривів проводів зв'язку і ліній електропередач падаючим деревом, необхідно за допомогою тросу або мотузкових відтяжок (не менше двох) відтягти дерево вбік від проводів. Відтяжки прикріплюються до дерева до початку підрубання.

Перед початком роботи кущоріза необхідно переконатися у справності машини, звернути особливу увагу на кріплення навісного устаткування до трактора, надійність і міцність огорож, які захистять машиніста від ударів деревами, що ним зрізається і стан кріплення ножів.

Обсяг роботи кущоріза має бути заздалегідь очищений від каменів, пеньків, а також дерев, діаметр яких на лінії зрізу перевищує 200 мм.

Кріплення канатів на пеньку, який корчують, має бути надійним. Для цього на пеньках роблять зарубки достатньої глибини.

Діаметр канату для корчування пеньків повинен бути 16 – 20 мм при діаметрі пеньків до 350 мм і 35 мм при діаметрі пеньків 350 – 500 мм.

Усі працівники, безпосередньо не пов'язані з управлінням лебідкою, повинні відійти від канату на відстань, не меншу ніж відстань від пенька, який корчують.

9.3. Вимоги безпеки праці при спорудженні земляного полотна

Земляні роботи по спорудженню земляного полотна виконуються відповідно до затверджених ПОБ і ПВР, а також технічних карт з урахуванням вимог ДБН В.2.3.4 – 2015 «Автомобільні дороги».

Розробляти ґрунт поблизу електрокабелів, що знаходяться під напругою, дозволяється тільки вручну, лопатами без різких ударів.

При випадковому виявленні підземних споруд роботи припиняються до з'ясування характеру цих споруд і відновлюються після отримання дозволу від організацій, що експлуатують ці комунікації.

В місцях проведення робіт, де потенційно можлива поява газів, що повинно відбитися в ПВР, працюючих забезпечують протигазами та індикаторами. Якщо гази виявляються несподівано, то роботу негайно припиняють, а працівників відводять на безпечну відстань.

Перед початком робіт по зведенню земляного полотна необхідно забезпечити відведення поверхневих вод відповідно до проекту.

При розбиранні виїмок з уступами ширина останніх повинна бути не менше 2,5 м.

Забороняється встановлення та рух будівельного транспорту, прокладка рейкових шляхів, розміщення лебідок, тощо в межах призми ґрунту незакріпленої виїмки.

Рух автомобілів-самоскидів заднім ходом до місця навантаження і вивантаження ґрунту дозволяється на відстань не більше 50 м і повинен супроводжуватися коротким переривчастим звуковим сигналом.

При вивантаженні ґрунту з автомобіля-самоскида на насип на відстань від осі його заднього колеса до бровки природного укосу насипу повинна бути не менше 2 м, а відстань від бровки до зовнішнього колеса машини, що рухається по насипу – не менше 1,0 м.

Очищати підняті кузови автомобілів-самоскидів слід скребками або лопатами з подовженим держакон, що створює безпечні умови для робітника у небезпечній зоні.

При розвантаженні ґрунту робітники повинні знаходитися у зоні видимості водія, але не ближче 5 м до місця відсипання ґрунту.

9.4 Вимоги безпеки праці при проведенні оздоблювальних і укріплювальних робіт

Для опускання і пересування працюючих по поверхні укосів і конусів необхідно застосувати дерев'яні трапи з поручневою огорожею і переносні трапи підмостки.

При оздоблювальних роботах, які виконуються екскаватором-планувальником, працюючим забороняється знаходитися в зоні дії машини, нижче по укосу і біля підосви по фронту робіт плюс 15 м по обидва боки.

При зміцненні укосів земляного полотна гідропосівом трав усі працюючі виводяться з зони дії гідро посіву.

9.5 Вимоги безпеки праці при влаштуванні дорожнього одягу

До початку робіт по влаштуванню і рекомендації дорожніх покриттів необхідно:

- дільницю виконання робіт обладнати технічними засобами організації дорожнього руху у відповідності з «Інструкції по забезпеченню безпеки дорожнього руху в місцях проведення робіт» ІНУВ 3.2 – 218 – 051 – 95;
- встановити безпечну зону для дорожніх робітників;
- скласти схему заїзду у виїзду з зони робіт автомобілів-самоскидів.

Технічні засоби організації дорожнього руху встановлюють організації, що виконують ці роботи.

У темний період доби місце укладання асфальтобетонної суміші повинне бути обладнане відповідно до ГОСТ 12.1.0.46 – 85 «Строительство. Нормы освещения строительных площадок».

Під час укладки розподільником щебеню в основу дорожнього покриття на насипах забороняється під'їжджати до бровки земляного полотна ближче 10 м.

При виконанні робіт дорожні робітники та інші особи повинні, по можливості, знаходитися з повітряного боку від працюючих машин (авто бітумовозів, авто гудронаторів, ґрунтозмішувальних машин, дорожніх фрез).

При розвантаженні асфальтобетонної суміші в бункер асфальтоукладчика треба дотримуватися таких заходів безпеки:

- самоскиди, що доставили суміш, спиняють за вказівкою бригадира по осі смуги проїзної частини, на відстані 4-5 м від укладеної суміші. Після повної зупинки самоскида, робітник вимірює температуру суміші не піднімаючись у кузов;
- подавати автомобіль-самоскид на розвантаження дозволяється тільки по сигналу машиніста асфальтоукладача;
- перед початком руху заднім ходом водій автомобіля зобов'язаний подати звуковий сигнал;
- при вивантаженні суміші з автомобіля в бункер працюючим треба знаходитися не ближче 1 м.

При роботі асфальтоукладчиків і котків забороняється:

- знаходитися стороннім особам у зоні дії робочих органів;
- ходити на майданчику управління до повної зупинки машини;
- регулювати роботу ущільнювальних органів;
- залишати без нагляду машини з працюючим двигуном;
- рекомендувати шнеки, живильники та інші механізми.

При укладанні чорних і асфальтобетонних сумішей робітники повинні бути одягнуті у спецодяг, спецвзуття для роботи з гарячими матеріалами та сумішами та мати рукавиці, що передбачені галузевими нормами.

Дорожні робітники при укладанні асфальтобетонних, чорних покриттів і основ повинні зверху спецодягу одягати яскраві сигнальні жилети.

При роботі з асфальтобетонною сумішшю, що містить поверхнево-активні речовини та активатори, необхідно користуватися герметичними окулярами та універсальними респіраторами.

9.6 Вимоги безпеки праці при розмітці проїїної частини

Нанесення ліній безпеки і розділювальних смуг на покриттях проїїної частини автомобільних доріг виконують відповідно до ДСТУ 2587-94 «Розмітка дорожня. Технічні вимоги. Методи контролю. Правила застосування».

Місце роботи обладнують технічними засобами організації дорожнього руху відповідно до вимог «Інструкції по забезпеченню безпеки дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт» ІНУВ 3.2-218-051-95.

Роботи по використанню нітрофарб під час нанесення ліній на доріжці покриття виконують робітники в комбінезонах, гумових рукавицях, захисних окулярах і респіраторах. Усі працюючі з фарбою мають бути проінструктовані про властивості матеріалів і безпечні прийоми праці.

У бригаді, що виконує роботи по фарбуванню смуг розмітки, має бути аптечка для надання першої медичної допомоги.

9.7 Експлуатація самохідних дорожніх машин і присипних агрегатів

Під час роботи дорожніх машин забороняється:

- знаходитися стороннім особам у зоні дії машини, а також на її площадці правління, рамі, робочих органах, кожухах;
- сходити з площадки управління і заходити на неї під час руху;
- відчіпляти причіпну машину до повної зупинки тягача;
- оглядати колеса і вилучати предмети, що застрягли між покриттями під час руху.

Під час руху дорожніх машин (за винятками машин на базі автомобільного шасі) на підйом і спуск треба уникати переключення передач. Забороняється рух і робота на косах і косогорах із крутизною більше допустимого кута

для даного типу машин. Рух дорожніх машин на спусках необхідно вести на першій передачі і при необхідності пригальмовувати.

При влаштуванні насипу відстань від краю гусениці (колеса) до бровки земляного полотна повинна бути не менше 1 м.

Причепи (напівпричепи) повинні використовуватися з тим тягачем, що вказаний в паспорті причепа.

При роботі в нічний час самохідні і причепні агрегати повинні бути обладнані:

- лобовим і загальним освітленням, що забезпечує достатню видимість шляху, по якому переміщується машина чи агрегат. Видимість фронту робіт і прилеглих до нього ділянок на відстані не менше 10 м;
- освітлення робочих органів і механізмів управління;
- заднім сигнальним світлом;
- аварійним освітленням.

ВИСНОВКИ

1. В дипломній роботі визначено основні залежності параметрів плану, поздовжнього і поперечних профілів на автомобільних дорогах. Це дозволяє виявити інтервал можливих значень окремого геометричного параметру (чи ряду геометричних параметрів) при інструментальній оцінці інших параметрів.

2. Розроблена логіко-ймовірнісна модель впливу геометричних параметрів автомобільної дороги на аварійність. Модель дозволяє визначити частку втягнутих автомобілів в ДТП по причині геометрії.

3. Розроблені рекомендації по застосуванню безпечних геометричних параметрів автомобільної дороги: кутів повороту, горизонтальних кривих, радіусів горизонтальних кривих, довжин горизонтальних кривих, довжин прямолінійних ділянок, поздовжніх ухилів проїзної частини, радіусів вертикальних випуклих і увігнутих кривих. Запропоновані значення параметрів геометрії дозволяють знизити кількість транспортних засобів, які втягнуті в дорожньо-транспортні пригоди, і, як наслідок, економічні втрати від аварій при реконструкції і новому проєктуванні автомобільних доріг.

4. Побудовано криві ймовірностей втягнення транспортних засобів в дорожньо-транспортну пригоду під впливом параметрів плану та поздовжнього профілю автомобільних доріг.

5. В роботі розроблено проєкт будівництва об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль на ділянці (км 2+000 – км 7+000).

Запроектований план траси, поздовжній та поперечні профілі на ділянці автомобільної дороги Львів-Тернопіль (км 2+000 – км 7+000).

В плані ділянка автомобільної дороги має два кути повороту: правий кут має величину 56° (вершина правого кута повороту розташована на ПК 50+26,50 м); лівий кут повороту має величину 84° (вершина лівого кута повороту розташована на ПК 61+13.50 м).

6. Автомобільна дорога належить до І-б категорії, має чотири смуги руху, ширина кожної з яких становить 3,75 м.

Розрахункова швидкість руху на автомобільній дорозі І-б категорії становить 110 км/год.

7. В рамках проекту на будівництво на двох заокругленнях об'їзної дороги виконано розрахунок та розбивку перехідних кривих з довжинами від 110 до 120 м. Перехідні криві введені з метою ліквідувати скачок між прямолінійними ділянками автомобільної дороги і коловою кривою.

8. В дипломній роботі побудований поздовжній профіль ділянки об'їзної дороги м. Тернопіль та розроблені поперечні профілі на ПК 22+0.00 та ПК 58+0.00. Поздовжній профіль в основному побудований в насипі. Максимальний поздовжній ухил складає 20 ‰ при нормативному значенні для автомобільної дороги І-б технічної категорії 50 ‰.

Радіус випуклої вертикальної кривої в поздовжньому профілі складає 30000 м (при нормативному значенні мінімального радіуса випуклої вертикальної кривої в поздовжньому профілі 11000 м).

Радіус увігнутої вертикальної кривої в поздовжньому профілі складає 20000 м (при нормативному значенні мінімального радіуса увігнутої вертикальної кривої в поздовжньому профілі 3200 м).

Робочі відмітки коливаються в межах від -1,09 м на ПК 47+0.00 до 12,92 на ПК 5+15.00 м.

9. На об'їзній автомобільній дорозі 4 смуги руху по 3,75 м. Розділювальна смуга між двома проїзними частинами має ширину 3 м. Ширина узбіччя складає 3,75 м. Крутизна відкосів складає 1:1,5 м.

10. Дорожній одяг на ділянці об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль є нежорстким асфальтобетонним.

11. При будівництві об'їзної автомобільної дороги м. Тернопіль була розроблена типова технологічна карта на виконання земляних робіт.

Також розроблена технологія улаштування асфальтобетонних шарів на ділянці об'їзної автомобільної дороги м.Тернопіль.

Технологічна схема на улаштування асфальтобетонного покриття включає в себе наступні види робіт: підготовка основи, укладання асфальтобетонної суміші, ущільнення асфальтобетонної суміші катками.

12. Розроблені заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво: ДБН В.2.3 – 4: 2015. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015. – 104 с.
2. Sato, T. Logic-based probabilistic modeling [Text]/ Taisuke Sato// WoLLIC'09 Proceedings of the 16th international workshop on logic, language, information and computation. - 2009. - P. 61 - 71 (англ.)
3. Sato, T. New advances in logic-based probabilistic modeling by PRISM [Text]/ T. Sato, Y. Kameya// Springer-Verlag Berlin. - Heidelberg.: 2008. -P . 118 - 155 (англ.).
4. Highway design manual. Chapter 200 [електронний ресурс]: www.dot.ca.gov/hq/oppd/hdm/pdf/english/chp0200.pdf (дата звернення: 06.07.2011).
5. Правила дорожнього руху, затверджені постановою Кабінету Міністрів України.
6. О. А. Білятинський, В. Й. Заворицький, В. П. Старовойда Проектування автомобільних доріг. – Київ: Вища школа, 1997. - Ч.1.
7. О. А. Білятинський, В. Й. Заворицький, В. П. Старовойда Проектування автомобільних доріг. – Київ: Вища школа, 1997. - Ч.2.
8. Білятинський О.А. Проектування капітального ремонту і реконструкції доріг: підручник / О.А. Білятинський, П.П. Старовойда. – К.: Вища освіта, 2003. – 343 с.
9. Белятинський А. О. Взаємозв'язок параметрів моделі транспортного потоку — слідування за лідером з техніко-економічними та техніко-експлуатаційними показниками системи ВАДС / А. О. Белятинський, Н. В. Кужель, В. С. Степура // Вісн. Інженерної академії України. — 2011. — № 1. — С. 185—187.

10. Споруди транспорту: вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В.2.3 – 5 – 2001 [чинний 2001-01-01]. – К.: Держстрой України, 2001. – 56с.
11. В. Я. Савенко, В. В. Петрович, В. І. Каськів Водопропускні труби на автомобільних дорогах. – Вісник ТАУ, УТУ, 1999. - №3.
12. Степура В.С. «Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів»: навч. посіб. / В.С. Степура, А.О. Белятинський, Н.В. Кужель. – К.: НАУ, 2013. – 204 с.
13. Міжремонтні строки експлуатації дорожніх одягів та покриттів на автомобільних дорогах загального користування: ВБН Г.1 – 218 – 050 – 2001. – К.: Українська державна корпорація по ремонту та утриманню автомобільних доріг. – 12 с.
14. М.І. Коваль, В.Д. Жежерун. Технологія та реконструкція автомобільних доріг. Конспект лекцій зі спеціальності 6.092105 – «Автомобільні дороги та аеродроми» денної та заочної форм навчання / М.І. Коваль, В.Д. Жежерун. Луцьк: ЛНТУ, 2012 – 139 с.
15. Белятинський А. О. Взаємозв'язок параметрів моделі транспортного потоку — слідування за лідером з техніко-економічними та техніко- експлуатаційними показниками системи ВАДС / А. О. Белятинський, Н. В. Кужель, В. С. Степура // Вісн. Інженерної академії України. — 2011. — № 1. — С. 185—187.
16. ДСТУ 2587:2010 «РОЗМІТКА ДОРОЖНЯ». Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування.
17. ГБН В.2.3-218-007:2012 «Екологічні вимоги до автомобільних доріг». Проектування.
18. ДБН А. 2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище».
19. НПАОП 63.21-1.01-09 «Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утриманні автомобільних доріг».

20. Савенко В.Я., Славінська О.С. Основи технології будівництва автомобільних доріг : навчально-методичний посібник. – К. : НТУ, 2004. – 236 с.
21. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. – К.: Фенікс, 2009. – 232 с.
22. ДСТУ Б В.2.7-119-2011. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
23. Дубик О.М. Дослідження впливу параметрів дорожньої конструкції на її напружено-деформований стан під дією розрахункового навантаження / О.М. Дубик, С.М. Талах // Авіа-2015: Міжнародна науково-технічна конференція, 28–29 квітня 2015 р.: тези доповіді. – Київ, 2015. – С. 22.21 – 22.24.
24. Талах С.М. Моделювання конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу при взаємодії з ґрунтовою основою / Талах С.М., Дубик О.М. // Проблеми розвитку міського середовища: зб. наук. праць. – Київ: НАУ, 2015.-Вип.2 (14). – С.62-72.