

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ НАЗЕМНИХ СПОРУД І АЕРОДРОМІВ
КАФЕДРА ІНФРАСТРУКТУРИ АВІАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача випускової кафедри


А.К. Карпенко

“ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТЬНОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

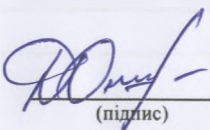
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 192 «БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ»
ОСВІТЬНО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА
«АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ І АЕРОДРОМИ»

Тема: « Проект об'їзної автомобільної дороги м.Львів _____ »

Виконавець: студент групи АД-409Б Журавель Дмитро Вікторович 
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: кандидат технічних наук, доцент Чернишова Оксана Сергіївна 
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:


(підпис)

О.М. Дубик
(ПІБ)

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет наземних споруд і аеродромів
Кафедра інфраструктури авіаційного транспорту
Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітньо-професійна програма: «Автомобільні дороги і аеродроми»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

А.К.Карпенко

« _____ » _____ 2023 р.

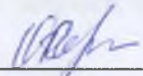




ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи

ЖУРАВЛЯ ДМИТРА ВІКТОРОВИЧА

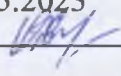

(П.І.Б. вступивого)

1. Тема роботи «Проект об'їзної автомобільної дороги м.Львів» затверджена наказом ректора від « 20 » квітня 2023р. № 531/ст.
2. Термін виконання роботи: з 29.05.2023р. по 25.06.2023р.
3. Вихідні дані роботи: зібрані та опрацьовані під час проходження переддипломної практики на кафедрі інфраструктури авіаційного транспорту: цифрова модель місцевості, характеристики району проектування (кліматичні умови, умови рельєфу місцевості, гідрогеологічні характеристики).
4. Зміст пояснювальної записки:
1. Опис району проектування. 2. Проектування плану, поздовжнього та поперечних профілів. 3. Проектування штучних споруд. 4. Технологія розподілення земляних мас.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми, графіки.
1. План траси. 2. Поздовжній профіль. 3. Штучні споруди та поперечні профілі. 4. Технологія розподілення земляних мас.

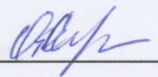
6. Календарний план-графік

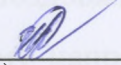
№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Опис району проєктування	29.05.23 – 04.06.23	
2.	Проектування плану, поздовжнього та поперечних профілів	29.05.23 – 04.06.23	
3.	Проектування штучних споруд	05.06.23 – 11.06.23	
4.	Технологія розподілення земляних мас	05.06.23 – 11.06.23	
5.	Вступ, реферат, висновки	12.06.23 – 18.06.23	

7. Консультація з окремих розділів:

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	доц. Чернишова О.С.	29.05.2023 	13.06.2023 

8. Дата видачі завдання: « 29 » травня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи:  Чернишова О.С.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання:  Журавель Д.В.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Журавель Дмитро Вікторович. Проєкт об'їзної автомобільної дороги м. Львів.

Рисунків – 16, таблиць – 13, кількість найменувань літератури – 17.

ТРАСА, ПОЗДОВЖНІЙ ПРОФІЛЬ, ПОПЕРЕЧНИЙ ПРОФІЛЬ, ПЛАН, ПОХИЛ, ВОДОПРОПУСКНІ СПОРУДИ, ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ.

Об'єкт дослідження: нормативні вимоги та правила проєктування автомобільної дороги при новому будівництві, специфіка середовища проєктування.

Предмет дослідження: параметри автомобільної дороги, процес проєктування, вибір кращого положення траси.

Мета роботи: запропонувати оптимальний варіант об'їзної траси для міста Львів, дослідити умови проведення робіт, нормативні вимоги до траси, вивчити правила проєктування нової автомобільної дороги, розробити плани, графіки та методи робіт.

Стисла характеристика роботи

В роботі запроектовано план, поздовжній та поперечний профілі об'їзної дороги міста Львів у північному напрямку. Виконано гідравлічний розрахунок та підібрано водопропускні споруди. А також розроблено рекомендації з технології розподілення земляних мас та підібрано комплекти машин з розрахунком продуктивності та тривалості виконання робіт. Проєктування здійснювалося на основі цифрової моделі місцевості, отриманої за результатами супутникової зйомки із застосуванням системи автоматизованого проєктування AutoCAD Civil 3D.

Галузь застосування та економічна ефективність

Отримані результати можуть бути корисними при реалізації проєкту будівництва північної об'їзної дороги міста Львів.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1	8
ОПИС РАЙОНУ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЛЯНКИ	8
1.1. Завдання проєктування	8
1.2 Характеристика району проєктування	9
1.2.1 Клімат.....	9
1.2.2 Рельєф	14
1.2.3 Гідрологія	16
РОЗДІЛ 2	19
ПРОЄКТУВАННЯ ПЛАНУ, ПОЗДОВЖНЬОГО ТА ПОПЕРЕЧНИХ ПРОФІЛІВ	19
2.1. Нормативні вимоги до проєктування плану і профілю	19
2.2. Проєктування плану автомобільної дороги	25
2.3. Проєктування поздовжнього профілю	29
2.4. Проєктування поперечного профілю	35
РОЗДІЛ 3	38
ПРОЄКТУВАННЯ ШТУЧНИХ СПОРУД	38
3.1. Проєктування водопропускних споруд	39
3.1.1 Нормативні вимоги	39
3.1.2 Загальні правила і принципи	40
3.1.3 Розрахунок водопропускних споруд.....	42
РОЗДІЛ 4	46
ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПОДІЛЕННЯ ЗЕМЛЯНИХ МАС	46
4.1. Обчислення й побудова графіку земляних робіт	46
ВИСНОВОК	58
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
Додаток А	61
Продовження Додатка А	62
Продовження Додатка А	63

ВСТУП

Автомобільні дороги є невід'ємною частиною життя країни: вони пов'язують міста, а точніше дозволяють дістатися з одного місця до іншого швидше, комфортніше та безпечніше, аніж якби дороги не було. Також кількість та якість доріг демонструє солідність, рівень розвитку та промислову потужність країни.

Але мало тільки вміти будувати дороги, як і більшість речей, а якщо мова йде про дороги, то тим паче, вона потребує догляду. Дорога постійно піддається впливу транспортних засобів, й само собою, немає значення наскільки якісно вона була вкладена, рано чи пізно вона почне деформуватися. Це може проявлятися у вигляді тріщин (поздовжніх чи поперечних), відлущенні, викришуванні, колій, просідань тощо. Причини можуть бути у помилках при вкладанні траси чи непрапльній експлуатації траси, коли наприклад порушується обмеження по масі машини чи з часом підвищується рівень інтенсивності руху траси й він стає більшим ніж запроектований.

Нині, саме проблема завантаження доріг підступається до міста Львів. За прогнозами, інтенсивність руху на південній об'їзній дорозі Львова буде тільки збільшуватися. Що результаті змусить водіїв їхати через місто транзитом, що не допустимо, міські вулиці та дороги на це не розраховані, тим більше що вони мають і своїх водіїв. А в додатку до міських розв'язок та більш європейське планування частини Львова (вузькі вулиці), проблема буде тільки накопичуватися.

Вихід є у проектуванні та подальшому будівництві північної об'їзної траси по маршруту Бірки – Великий Дорошів – Запитів. Її довжина складатиме 23 км. Нова об'їзна створить ще один шлях для об'їзду Львова, також вона буде корисна для водіїв, які тримають шлях до міста саме з півночі чи північного заходу чи сходу. Їм не доведеться проїжджати через Львів, аби скоротити шлях.

Дану трасу пропонується вкласти з використання цементобетонну. Нині, розвинені країни переходять на покриття з цементобетонну через його особливості і при будівництві, і під час експлуатації. Якщо детальніше ознайомитися з перевагами бетону, а саме: більша міцність, зносостійкість і морозостійкість у порівнянні з

асфальтом, зниження витрат пального через менший опір кочення, екологічність і менші експлуатаційні витрати на ремонт і утримання. Недоліком є складність технології укладання й той факт, що при помилках під час будівництва – ледь не всі переваги бетонне зводяться нанівець.

Цементобетонне покриття, при його правильному вкладанні, і економічно і технічно вигідніше саме на довготривалій період. Бетон міцніший за асфальт, так він дорожчий, але це тільки на один раз. Асфальт потребує частішого догляду, що з роками виллється у суму більше, аніж якби спочатку був закладений бетон.

Враховуючи вище перераховані причини, в кваліфікаційній роботі надано практичні рекомендації щодо будівництві північної об'їзної дороги міста Львів з цементобетонним покриттям.

Будівництво Північного об'їзду м. Львів стане частиною транснаціонального коридору GO Highway. Вона поєднає міжнародну трасу М-06/Е40 Київ – Львів – Чоп та міжнародні дороги, що прямують від Львова до кордону з Польщею: М-09/Е372, М-10 та М-11/Е40. Проект Північного об'їзду Львова включає будівництво нової автомобільної дороги першої категорії з чотирма смугами руху – по дві смуги у кожен бік. На дорозі передбачено будівництво 1 моста, 3 естакад та 2 транспортних розв'язок у двох рівнях [3].

1.2 Характеристика району проєктування

1.2.1 Клімат

Клімат – один із провідних чинників ґрунтоутворення і поширення ґрунтів на земній кулі. Впливаючи безпосередньо на процеси ґрунтоутворення і еволюцію ґрунтів, клімат визначає також кліматичні умови у ґрунтах (клімат ґрунту), які спільно впливають на інші чинники ґрунтоутворення (рослинність, життєдіяльність організмів ґрунту, ґрунтоутворні породи тощо) [4].

У процесі формування клімату радіаційні чинники тісно пов'язані з циркуляцією атмосфери, створюючи зони високого і низького тиску внаслідок нерівномірного нагрівання земної поверхні, через що виникають вітри, які вирівнюють ці відмінності. Відбувається перерозподіл тепла і вологи в атмосфері шляхом вторгнення відмінних за своїми властивостями повітряних мас на територію Львівщини. Сюди переміщуються: помірні морські повітряні маси з Атлантичного океану північно-західних і західних румбів (61 %); арктичні морські та континентальні повітряні маси з Північного Льодовитого океану північних і північно-східних румбів (13 %). Вторгнення морських і континентальних тропічних повітряних мас з центральної частини Атлантики і Середземного моря південно-західних і південних румбів (24 %). Водночас певну роль у формуванні клімату області відіграє континентальне помірне повітря, яке формується на великих просторах Євразії та потрапляє на територію області у вигляді антициклонів східних і південно-східних румбів (2 %) (див. рис. 1.2) [4].

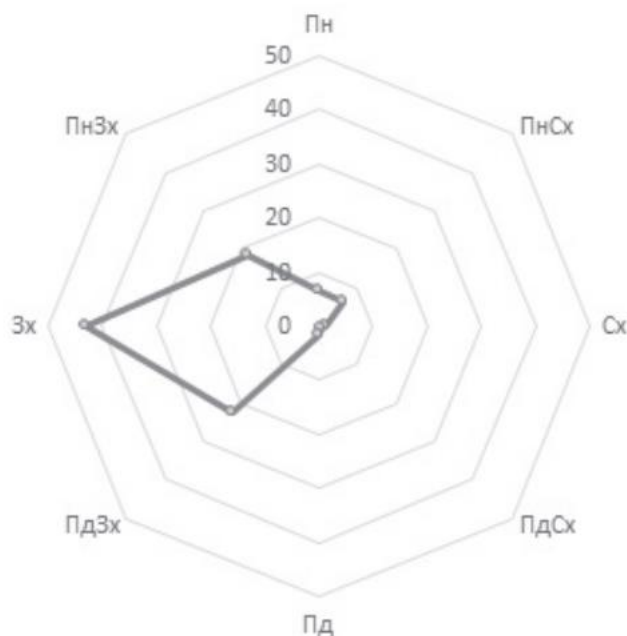


Рисунок 1.2. Розподіл вторгнень повітряних мас (%) у Львівській області 2010 – 2018 рр.

Річний хід температури повітря змінюється синхронно з річним ходом сонячної радіації. Найхолоднішими місяцями, зазвичай, є січень і лютий. Із середини березня починає зростати температура. Середня температура за місяць перебуває в інтервалі від 1,5 °С (м. Львів) до 2,5 °С (м. Стрий). Середньомісячна температура у квітні переходить через 5 °С по всій території області, коливається в горах у межах від 5,7 °С до 6,2 °С та від 8,0 °С до 8,6 °С на рівнинній частині області. Середньомісячна температура у травні в горах становить 11,0–11,3 °С. Найвища середньомісячна температура влітку і за рік спостерігається в липні, сягаючи на рівнинній частині від 17,9 °С до 18,4 °С (див. рис. 1.3) [4].

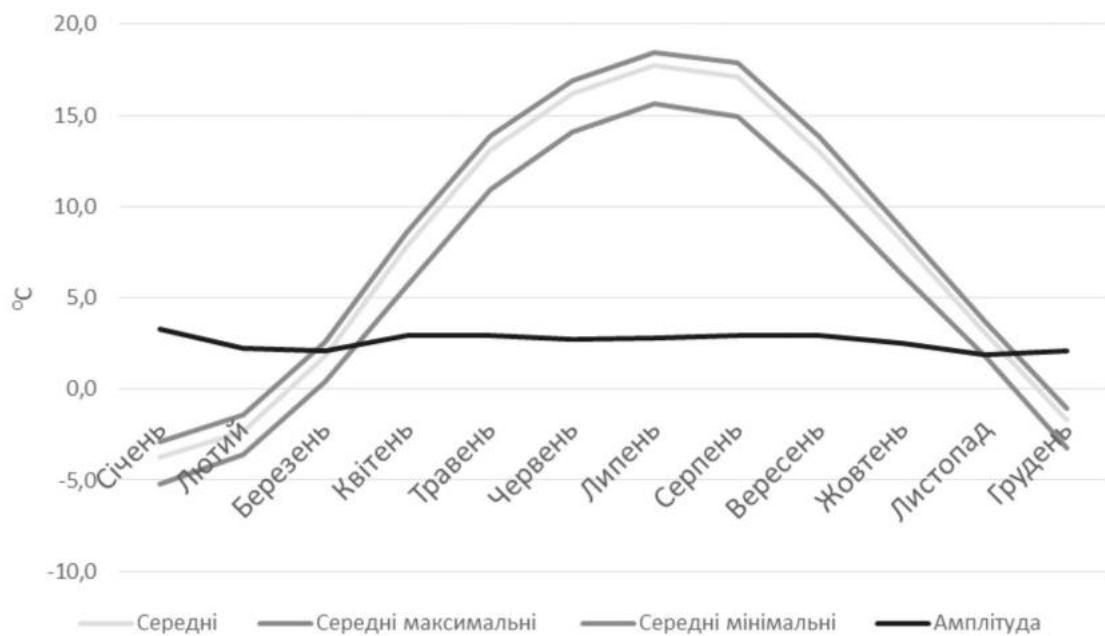


Рисунок 1.3. Усереднений для території Львівської області річний розподіл середньомісячних температур повітря, 1961 – 2010 рр.

Середня температура серпня по території області на 0,6 °С нижча від липневої. Різкіше зниження температури повітря на 4,7 °С спостерігається у вересні. З початку жовтня зростає роль циркуляційних чинників, що зумовлює значну мінливість середніх за вказаний період температур, сягаючи 8,1 °С. В листопаді температурний режим по області переходить на 5 °С. У грудні температурний режим області переходить на зимовий, коли на рівнинній частині області встановлюються середньомісячні температури від -1,1 °С [4].

Приморозки бувають як у повітрі, так і на поверхні ґрунту. Пізньовесняні приморозки в межах Львівщини спостерігаються в середньому до 21–26 квітня. Проте в окремі роки вони можуть спостерігатись і на початку червня через особливості розвитку атмосферної циркуляції, наявність увігнутих форм рельєфу. Відхилення крайніх дат весняних приморозків можуть сягати на рівнинній частині області від 1 до 1,2 місяця, тобто до 15–20 травня. Ранні осінні приморозки в межах області найчастіше спостерігаються в середині вересня у гірських долинах Карпат, а на рівнинній частині області вони запізнюються на 1,5–2 тижні та починаються від початку жовтня. В окремі роки ранні осінні приморозки можна спостерігати на рівнинній частині області в другій–третьій декадах вересня, а в горах – і в перші дні

вересня. Дещо інтенсивніші та частіші приморозки – на поверхні ґрунту – завдають найбільшої шкоди раннім культурам [4].

Від вмісту вологи в атмосфері і кількості опадів залежить водний режим ґрунтів, який значно впливає на процеси ґрунтоутворення. Відносна вологість у межах Львівщини доволі висока, що засвідчує значне насичення повітря водяною парою. Середня річна вологість повітря сягає 80 % з максимальними величинами у грудні – 83–86 %. Влітку переважає відносна вологість 50–60 %. Львівщина характеризується незначною кількістю сухих днів з відносною вологістю менше 30 %, – 5–11 днів на рівнинній частині, з вологістю понад 80 % (о 13 год. дня) – 92–114 днів [4].

Атмосферні опади є головним джерелом зволоження ґрунтів і одним із основних чинників їхнього водного режиму. Середньорічна кількість опадів в області коливається від 660,1 (м. Рава-Руська) до 1 003,3 мм (с.м.т. Славське), тоді як її середня величина становить 766,9 мм. У річному ході опадів спостерігається добре виражене переважання кількості опадів у теплий період. Жовтень – найсухіший місяць теплового періоду, коли середня місячна сума опадів на рівнинній частині становила лише 47,1 мм, зростаючи до 67,4 мм у горах. У листопаді кількість опадів продовжує зменшуватися, проте не досягає мінімальних величин січня [4].

Отож для Львівської області характерний помірно-континентальний тип річного ходу опадів, за якого сума опадів у теплий період у 2,5 рази перевищує суму опадів за холодний період, а найвологіший місяць липень у 2,8 рази перевищує найсухіший місяць січень [4].

Сніговий покрив відіграє важливу роль у формуванні клімату ґрунту взимку, у перезимівлі сільськогосподарських культур і дикорослих рослин. Сніговий покрив встановлюється на рівнинній частині Львівщини, сніг покриває наприкінці листопада – на початку грудня. Проте стійкий сніговий покрив може встановлюватися значно пізніше, а інколи, що спостерігається доволі часто останніми десятиріччями, його зовсім немає в межах Львівщини. Найраніше руйнується сніговий покрив на рівнинній частині області – до кінця першої декади березня. Тривалість днів зі сніговим покривом сягає 80 днів – на Волино-Подільській височині. В окремі роки

тривалість стійкого снігового покриву в межах рівнинної частини області зменшується до 70–80 днів або збільшується до 130–140 днів [4].

Висота снігового покриву змінюється протягом зими. У третій декаді грудня її середня багаторічна величина сягає 3–5 см, потім до середини січня вона становить 7–10 см з найвищим значенням 12–25 см у лютому. У березні спостерігається швидке зменшення висоти снігового покриву [4].

Щільність снігу на початку зими характеризується найменшими величинами – 0,15–0,20 г/см³. Протягом зими сніг ущільнюється, його щільність збільшується на початку березня до 0,25–0,40 г/см³. Значне гідрологічне і практичне значення мають запаси води в снігу, адже від них залежить висота повені та вологозабезпечення ґрунтів на весні. На рівнинній частині області запаси води в снігу у середньому становлять 9–10 мм, збільшуючись наприкінці січня до 15–20 мм, а на початку весняного сніготанення (в першій декаді березня) – до 25–30 мм [4].

Вітровий режим може впливати на ерозію ґрунтів, спричиняючи дефляцію піщаних ґрунтів, а також рендзин, які містять понад 30 % карбонатів. Над рівнинною частиною області панують вітри західних румбів (23 %), які разом з південно-західними (14 %) і північно-західними вітрами (14 %) становлять 51 % від усіх напрямів, що підтверджує поширення повітряних мас з Атлантики в рамках західного переносу. На другому місці за повторюваністю переважають вітри південно-східних румбів (15 %). Найменша повторюваність північно-східних (6 %) і південних вітрів (9 %) [4].

Середньорічна швидкість вітру в області за період 1961–1991 років становить лише 2,7 м/с, а середні максимальні швидкості вітру – 3,7 м/с (м. Яворів), мінімальні швидкості вітру – 1,3 м/с у захищеній долині смт Славське [4].

1.2.2 Рельєф

За сучасною геоморфологічною регіоналізацією Львівщина охоплює частини чотирьох геоморфологічних областей: 1) Волино-Подільської височини з прилеглим пасмом Розточчя, які сформувалися на платформах (давній Східно-Європейській і виступі епіпалеозойської Західно-Європейської); 2) Передкарпатської височини; 3) Скибових (Зовнішніх) Карпат; 4) Вододільно-Верховинських Карпат. Але розглядатимемо тільки Волино-Подільську височину. Бо саме там знаходиться майбутня траса. А саме з її складу нас цікавить Львівське структурно-денудаційне плато й Розточчя, на рис. 1.4 вони помічені числами 3.3 і 4.1 відповідно [4].

Львівське структурно-денудаційне плато характеризується денудаційним і структурно-денудаційним рельєфом, має низьке гіпсометричне розташування – абсолютні висоти коливаються від 320 до 350 метрів, відзначається переважанням плоских вододільних форм, невисоким горизонтальним розчленуванням (1–1,5 км/км²) і середніми показниками відносних висот 20–40 м. Загалом район має вигляд хвилястого плато, розділеного долинами Зубри, Щирця, Зимної Води, Малечківського потоку, Давидівки на меридіональні та діагональні пасма, які ускладнені формами мезо- і мікрорельєфу (плоскодонні балки, карстово-суфозійні блюдця, западинки). У долині річок часто трапляються доволі широкі улоговини. За умовами макрорельєфу тут сприятливі умови для формування плакорно-пасмових і дендритових форм ґрунтових комбінацій класу поєднань і поєднань-комплексів [4].

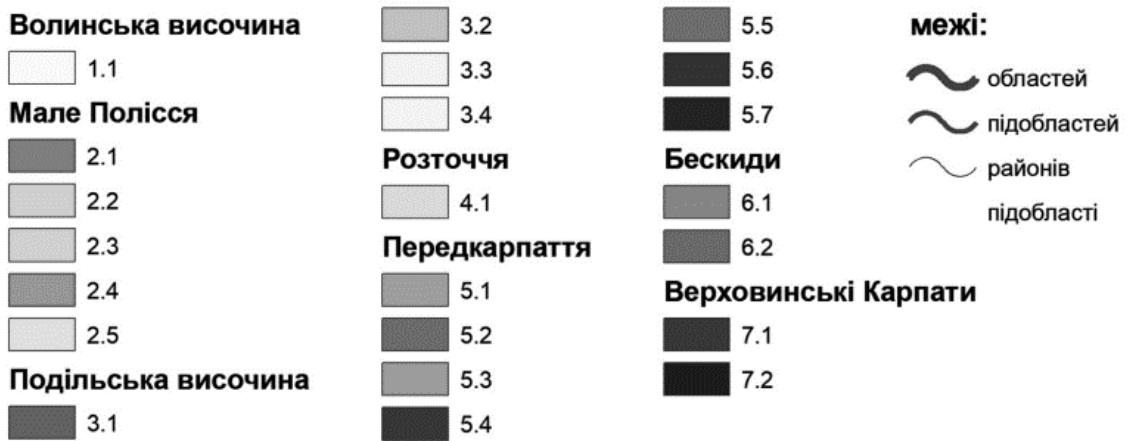
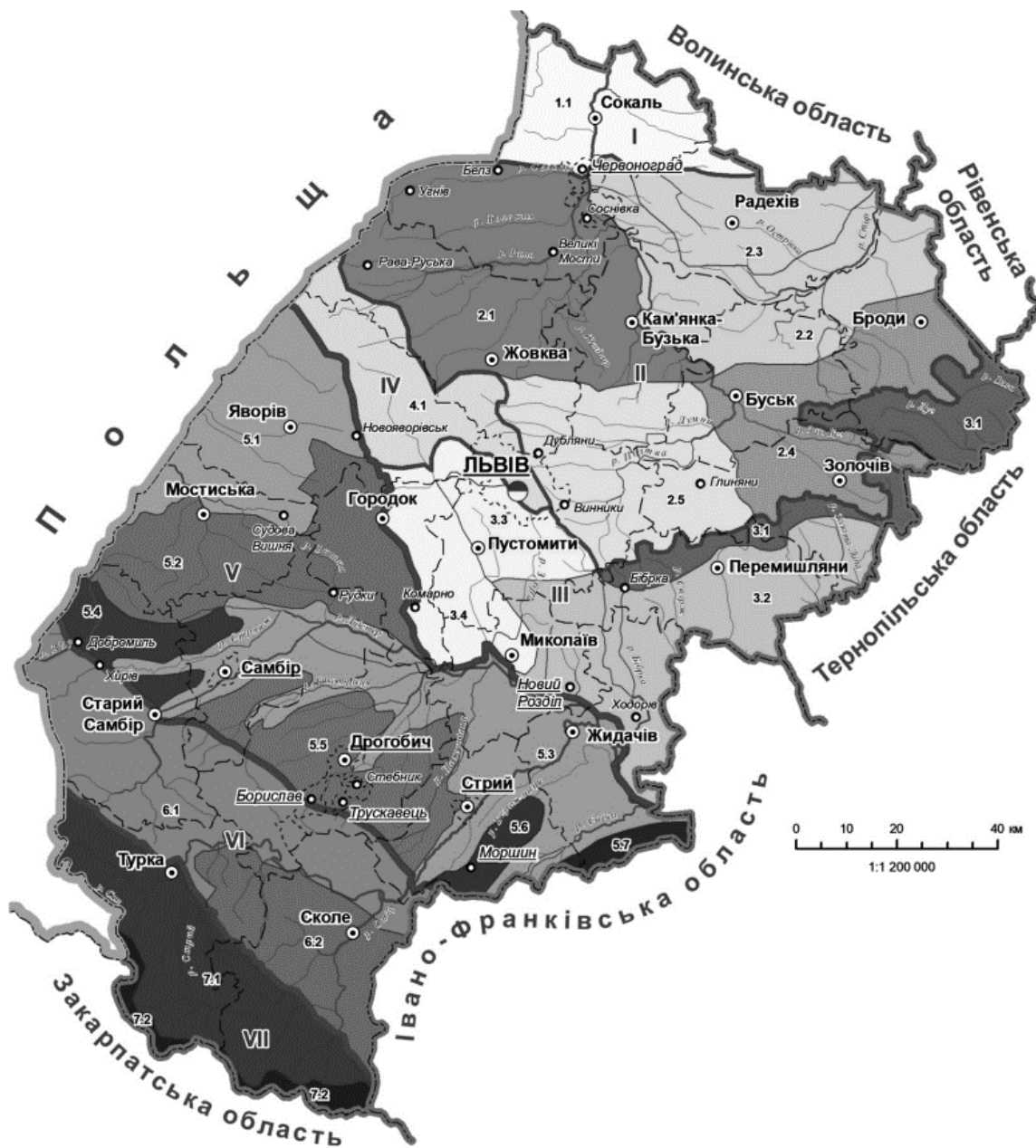


Рисунок 1.4. Схема геоморфологічного районування Львівської області

Українське (Південне) Розточчя, структурно-денудаційне з пасмово-горбистим і платоподібним рельєфом – складова геоморфологічної підобласті українсько-польської височини Розточчя. Розточчя – це чітко виражена у рельєфі та ландшафті пасмоподібна височина протяжністю 180 км і шириною 5–30 км, що простягається з північного заходу на південний схід від Красніка (Польща) до Львова. Розточчя – важливий вододільний рубіж, який розділяє басейни Вісли та Дністра та, відповідно, басейни Балтійського і Чорного морів. Максимальні висоти Розточчя не перевищують 290 м н. р. м. на північно-західному краю, поступово підвищуються до 350 м н. р. м. у центральній частині і сягають 380–400 м у південній частині. Найвища вершина – г. Чортова (Чатова) Скеля висотою 409 м, розташована на південно-східному краю височини (в околицях Львова). Північно-східні схили Розточчя крутіші, а південно-західні – похиліші, мають східчастий характер [4].

Рельєф Українського Розточчя поєднує різноманітні морфогенетичні типи рельєфу: хвилясті поверхні межиріч, які поєднуються з доволі вузькими крутосхилливими долинами на півдні і наявністю виразних останцевих форм на півночі – підрайон Равського Розточчя; горбисті і платоподібні останцеві підняття й акумулятивні улоговини – характерні для Янівського підрайону; платоподібні з лесовими покривами межиріччя і глибоко врізані яркоподібні долини – у Львівському підрайоні [4].

1.2.3 Гідрологія

Підземні води є важливою складовою природного середовища, що значною мірою визначає його властивості. Глибина залягання підземних вод, їхній хімічний склад та динаміка суттєво впливають на закономірності поширення ґрунтово-рослинного покриву та перебіг ґрунтоутворних процесів [4].

За генетичними типами та віковими таксонами четвертинних відкладів вирізняють такі водоносні горизонти та комплекси:

Водоносний горизонт сучасних відкладів заплавної алювію трапляється у долинах річок усіх водозбірних басейнів. Водовмісними породами у межах Волино-

Подільського артезіанського басейну (ВПАБ) є дрібні та середньозернисті піски, супіски і суглинки, нерідко з прошарками та лінзами мулу і торфу [4].

Потужність водоносного горизонту змінюється від 0,5–3 до 7–10 м [4].

Водоносний горизонт верхньо-середньочетвертинних еолово-делювіальних лесів має значне площинне поширення. Він локалізується у північній (Волинська височина), середній (Пасмове Побужжя) і південній та південно-східній (Подільська височина) частинах області. На вододілах і привододільних схилах Волинської височини і Пасмового Побужжя вони залягають на глибинах 7–15 м або повністю здреновані. На ділянках, де леси залягають на водотривких глинах верхнього баденію (Львівське плато), дзеркало ґрунтових вод розташоване на глибинах 2–5 м. Значні за площею ділянки у таких геологічних умовах належать до категорії природно підтоплених. Подекуди на вододілах над горизонтами викопних ґрунтів (6–8 м) формується тимчасовий водоносний горизонт типу верховодки [4].

Водовмісними є леси, дрібні та пилюваті піски. Потужність водоносного горизонту коливається від 1–3 до 5–10 м. За хімічним складом води гідрокарбонатно-сульфатно-кальцієві, гідрокарбонатно-сульфатно-кальцієво-магнієві, гідрокарбонатно-кальцієві з мінералізацією 0,4–0,9 г/дм³ [4].

Водоносний горизонт нерозчленованих ранньочетвертинних сучасних елювіально-делювіальних відкладів має значне поширення на території області (Розточчя, Опілля, Сянсько-Дністерська моренно-флювіогляціально-алювіальна розчленована рівнина, Мале Полісся) [4].

Вивітрювання строкатого комплексу гірських порід, що перебувають у різних геоструктурних і геоморфологічних умовах, зумовило формування кори вивітрювання різного літологічного складу та фільтраційних властивостей [4].

На Розточчі більш поширені піщано-супіщані лесоподібні відклади з уламковим матеріалом до 10–20 %, на Опіллі, Малому Поліссі та Сянсько-Дністерській рівнині – лесоподібні супіщано-суглинкові відміни порід [4].

Водоносний горизонт цього генетичного типу відкладів розвинений переважно на схилах різної крутості, зрідка – на хвилястих денудаційних поверхнях. Потужність водовмісних порід змінюється від 2–5 до 10 м і більше. Глибина залягання

водоносного горизонту залежить від рельєфу та характеру підстильних порід і коливається від 1 до 8 м. На ділянках інтенсивного розчленування рельєфу (Розточчя та Опілля) водоносний горизонт поширений спорадично. Його живлення відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів [4].

Кора вивітрювання писальної крейди та верхньокрейдових мергелів, складена карбонатними суглинками і глинами “зони замулювання”, поширена на денудаційних поверхнях Малого Полісся, практично безводна [4].

РОЗДІЛ 2

ПРОЄКТУВАННЯ ПЛАНУ, ПОЗДОВЖНЬОГО ТА ПОПЕРЕЧНИХ ПРОФІЛІВ

2.1. Нормативні вимоги до проєктування плану і профілю

Трасу автомобільної дороги потрібно проєктувати у вигляді лінії у просторі з елементами плану, поздовжнім та поперечним профілем між ними, з навколишнім ландшафтом та його впливом на умови руху й те як людина сприйматиме дорогу [1].

Проєктувати план і поздовжній профіль автомобільної дороги потрібно зважаючи на інтенсивність руху, умови забезпечення безпеки та комфортності руху транспортних засобів з урахуванням можливості реконструкції дороги за межею перспективного розрахункового періоду [1].

Для елементів плану та поздовжнього профілю основні параметри необхідно призначати такими:

- поздовжні похили – до 30 ‰;
- відстань видимості за умови зупинки транспортного засобу - не менше ніж 450м;
- радіуси кривих у плані – понад 3000 м;
- радіуси опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 70000 м;
- радіуси увігнутих кривих у поздовжньому профілі – понад 8000 м;
- довжину опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 300 м;
- довжину увігнутих кривих у поздовжньому профілі – понад 100 м [1].

Якщо через рельєф чи інші причини місцевості неможливо дотримуватися вище перелічених вимог або їхнє втілення пов'язане зі значними обсягами виконання робіт чи ціною будівництва, при проєктування доріг дозволяється зменшувати нормативні параметри до гранично-допустимих, прописаних відповідно до проектних та розрахункових швидкостей згідно з таблицею 2.1 [1].

Параметри елементів плану і поздовжнього профілю, що залежать від проектних та розрахункових швидкостей [1]

Найменування елементів	Параметри залежно від розрахункових швидкостей, км/год
Найбільший поздовжній похил, ‰	50
Найменший радіус кривої у плані, м	700
Найменший радіус опуклої кривої у профілі, м	11000
Найменший радіус увігнутої кривої у профілі, м	3200
Найменша відстань видимості для зупинки автомобіля, м	250
Найменша відстань видимості зустрічного автомобіля, м	-

При проектування дороги I категорії на самостійному земляному полотні для різних напрямків руху поздовжні похили на спуск можливо збільшити в порівнянні з похилами для підйому, та не більше ніж на 20 ‰ [1].

Місця прямих та кривих у плані з радіусом кривої 2000 м і менше необхідно з'єднувати перехідними кривими. Мінімальні довжини перехідних кривих при радіусі колової кривої від 600 до 1000 м становить 120 м, а від 1000 до 2000 м – 130 м. За технічної можливості наведені вище довжини перехідних кривих доцільно збільшувати у (1,5-2) рази [1].

Криві у плані і поздовжньому профілі доречно поєднувати. Але криві у плані повинні бути на (100-150) м довші ніж криві на поздовжньому профілі [1].

Необхідно уникати поєднання кінців кривих у плані з початком кривих у поздовжньому профілі. Відстань між ними рекомендується приймати не менше ніж 150 м [1].

Якщо крива у плані перебуває в кінці спуску похилом понад 30 ‰ і довжиною понад 500 м, то її радіус має бути підвищений не менш як у 1,5 рази в порівнянні з цифрами, представленими у таблиці 2.1, а крива у плані має бути поєднана з увігнутою кривою у поздовжньому профілі [1].

Максимальну довжину прямих вставок у поздовжньому профілі потрібно обмежувати залежності від алгебраїчної різниці поздовжніх похилів та радіусів увігнутих кривих, наведених у таблиці 2.2 [1].

Таблиця 2.2

Максимальна довжина прямих вставок у поздовжньому профілі [1]

Радіус увігнутої кривої у поздовжньому профілі, м	Найбільша довжина прямої вставки у поздовжньому профілі (при алгебраїчній різниці поздовжніх похилів, ‰), м
Для доріг I-II категорій	
4000	150
8000	360
12000	680
20000	-
25000	-

Головні параметри поперечного профілю автомобільних доріг залежно від їх категорії потрібно передбачити згідно таблиці 2.3. Дороги з трьома смугами руху проєктуються згідно з вимогами національних стандартів. За відповідного доведення, зокрема через представлення транспортної моделі, параметри автомобільних доріг можна змінювати [1].

Ширина розділювальної смуги повинна бути придатною для організації перехідно-швидкісної смуги для лівого повороту, наземного пішохідного переходу, опори мосту тощо. Якщо відстань між подібними місцями (ділянками) менше ніж 0,5 км, то ширина розділювальної смуги не зменшується до параметрів, визначених у таблиці 2.3. За відповідного пояснення така смуга може бути подовжена [1].

Ширина смуг безпеки на мостах (довжиною до 100 м включно) з боку узбіччя береться такою, що рівна ширині зупиночної смуги (за її наявності), а за відсутності – ширині укріпленої смуги або за відповідним поясненням. Ширина смуг безпеки з боку узбіччя на мостах довжиною понад 100 м приймається 1,0 м або за відповідним аргументуванням [1].

Параметри поперечного профілю автомобільних доріг [1]

Ч.ч.	Показник	Одиниці вимірювання	Категорія доріг
			I-a
1	Кількість смуг руху	шт.	4; 6; 8
2	Ширина смуги руху	м	3,75; 3,5*
3	Ширина узбіччя, у тому числі:	м	3,75
	-ширина зупиночної смуги разом з укріпленою смугою	м	3,00
	-ширина укріпленої смуги	м	0,50
4	Ширина розділювальної смуги	м	6,00
5	Ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі	м	0,75

Виходячи з середньорічної, добової інтенсивності руху до 40000 приведених одиниць за добу та рельєфу місцевості, беремо кількість смуг руху на дорогах I категорії у кількості 4 [1].

Проїзну частину треба проектувати з двосхилим поперечним профілем на прямих ділянках доріг усіх категорій [1].

Якщо проектування автомобільних доріг I-б категорії відбувається стадійно зі зведенням одного проїзду на першій стадії, проїзну частину слід влаштовувати з односхилим поперечний профілем [1].

Для гарантії водовідведення з проїзної частини поперечний похил, окрім ділянок, на яких визначене влаштування віражів, необхідно призначити залежно від матеріалу покриття дорожнього одягу. На дорогах з асфальтобетонним чи цементобетонним покриттям поперечний похил проїзної частини необхідно приймати 25 %, гравійним чи щебневим покриттям – більше 25 % включно до 30 %, із ґрунтів, укріплених в'язучими, а також на бруківці з колотого чи брукового каменю – більше 30 % включно до 40 %. Такими цифрами, має бути обмежений мінімальний фінальний похил проїзної частини на місцях влаштування відгону віражу [1].

Поперечні похили узбіч потрібно визначити більшими поперечних похилів проїзної частини. Залежності від типу укріплення узбіч їх поперечні похили потрібно висунути наступними:

- від 30 ‰ до 40 ‰ – укріплених із застосуванням в'язучих;
- від 40 ‰ до 60 ‰ – укріплених гравієм, щебенем;
- від 50 ‰ до 60 ‰ – укріплених засівом трав або одернуванням [1].

Коли укріплюється узбіччя асфальто- чи цементобетоном поперечний похил узбіччя береться рівним поперечному похилу проїзної частини [1].

Залежно від радіусів кривих та розрахункових швидкостей, на кривих у плані, потрібно окреслити улаштування проїзної частини з односхилим поперечним профілем (віраж) з похилами згідно з номограмою (рисунок 2.1) [1].

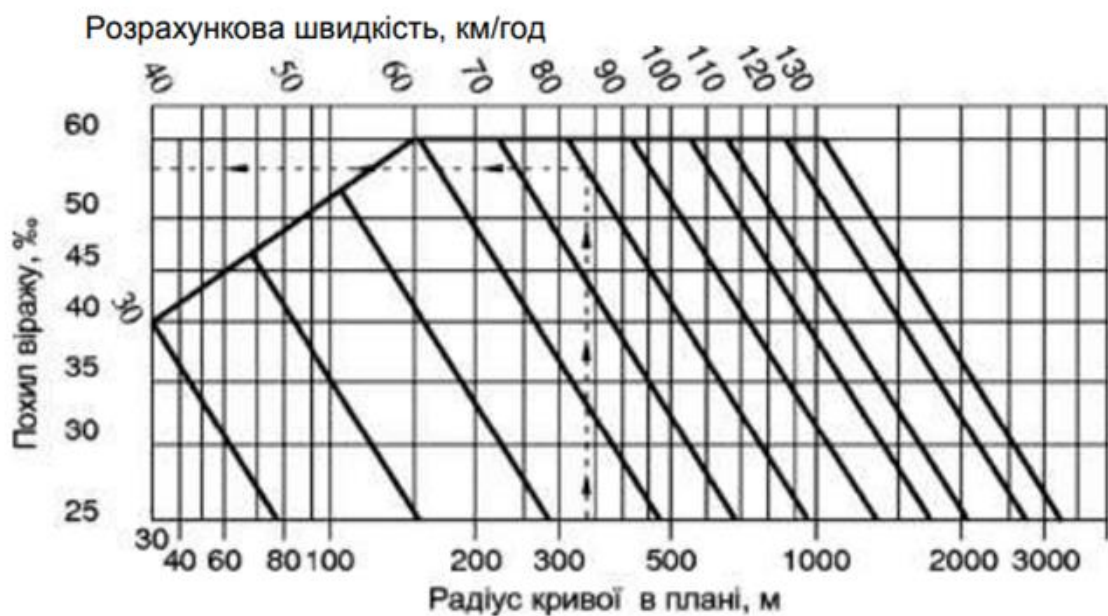


Рисунок 2.1. Номограма для визначення похилу віражу

У випадку, коли дві сусідні криві у плані, на яких треба зробити віражі, повернуті в один бік і прямої вставки між ними немає чи її довжина не більше довжини двох суміжних перехідних кривих, поперечний профіль на цих кривих і на прямій вставці треба проєктувати односхилим [1].

Перехід від двосхилого профілю дороги до односхилого на віражах потрібно здійснювати в межах перехідної кривої, а якщо її немає – на прилеглих ділянках прямої, на довжині, що рівна довжині перехідної кривої [1].

На дорогах I категорії, як правило, віражі треба проєктувати з роздільними поперечними похилами для проїзних частин різних напрямків з передбаченням споруд водовідведення на розділювальній смузі [1].

Перехід від встановленого похилу узбіччя за двосхилого профілю до похилу проїзної частини потрібно виконувати на ділянках завдовжки 10 м до початку відгону віражу [1].

Додатковий поздовжній похил зовнішньої крайки проїзної частини по відношенню до проєктного поздовжнього похилу на ділянці відгону віражу не повинен перевищувати для доріг I-II категорії – 5 ‰ [1].

Якщо радіус кривих 750 м і менше, то потрібно призначити розширення проїзної частини траси за рахунок узбіччя чи збільшення ширини земляного полотна, при цьому ширина узбіччя має бути для I-б та II – не менше 1,5 м. За радіусу кривої від 551 до 750 м величина розширення приймається 0,2 м.

У випадку, коли дорога має більше двох смуг руху в одному напрямку, розширення організовується лише на двох зовнішніх смугах. На перехідно-швидкісних смугах розширення не влаштовується [1].

Якщо ширини узбіччя для розміщення проїзної частини зі збільшеною шириною недостатньо, то треба передбачити відповідне збільшення ширини земляного полотна [1].

Збільшення ширини проїзної частини потрібно виконати на початку перехідної кривої пропорційно по довжині так, щоб повне розширення досягалося до початку колової кривої [1].

Конструкція дорожнього одягу на зупиночних та укріплених смугах береться рівною по міцності конструкції основного проїзду. Дорожній одяг на укріплених смугах з боку розділювальної смуги на дорогах I-б категорії при меншій міцності, може бути капітального типу [1].

На укріплених (зупиночних) смугах покриття може відрізнитися кольором від покриття проїзної частини. Укріплені (зупиночні) смуги, згідно з вимогами національних стандартів, відділяються від проїзної частини суцільною лінією [1].

Ширина земляного полотна автомобільної дороги повинна біти більшою ніж відстань між перилами на 0,5 м у кожний бік, на довжині не менше ніж 10 м від початку і кінця мостів. Перехід від розширеного земляного полотна до нормативного треба виконати для доріг I - II категорій на довжині 50 м, для інших - 25 м [1].

У випадку коли поздовжній похил більше 30 % або в результаті техніко-економічного обґрунтування, то на ділянках довжиною 0,5 км і більше треба передбачити додаткову смугу на підйом на дорогах І-а та І-б з двома смугами руху [1].

Вище перелічені вимоги враховано при проєктуванні об'їзної траси міста Львів.

2.2. Проєктування плану автомобільної дороги

Дорогу в плані проєктують на топографічній карті. Вихід із початкового пункту і вхід до кінцевого пункту мають бути прямими продовженнями вулиць. Кути повороту слід влаштовувати так, щоб криволінійні ділянки починалися за межами населених пунктів [5].

У місцях повороту траси визначають кути повороту та румби прямих ділянок траси. У кути повороту траси вписують криві (див. рис. 2.2), радіус яких по можливості має перевищувати 2000 м. Якщо вписати криву вказаного радіуса неможливо, його можна призначити й меншим, але не меншим за мінімальне значення для даної категорії дороги [5].

Трасу розбивають на пікети і кілометри, визначають елементи кривих (тангенс, довжину кривої, бісектрису, домір). Початок і кінець кривих прив'язують до пікетів. Одночасно складають відомість кутів повороту, прямих і кривих (див. табл. 2.4). При нанесенні траси в плані між заданими пунктами слід дотримуватись існуючих норм на проектування автомобільних доріг [5].

Трасування доріг між заданими пунктами виконують по найкоротшій відстані з урахуванням геофізичних умов, контурних (болота, цінні угіддя тощо) і висотних (круті спуски, підйоми) перешкод. Для доріг високих категорій (I-III) трасу доцільно прокладати по прямій [5].

Пересічення траси з існуючими автомобільними дорогами та залізницями мають задовольняти вимоги безпеки та зручності руху автомобілів. Пересічення з дорогами по можливості влаштовують на прямолінійних ділянках, але в окремих випадках можна також влаштовувати їх на криволінійних ділянках. При пересіченні в одному рівні гострий кут між дорогами не повинен бути менше 45° , між автомобільною дорогою і залізницею – менше 60° . При пересіченні доріг у різних рівнях кут між дорогами також не повинен бути дуже гострим [5].

При трасуванні доріг на карті середні та великі водотоки бажано перетинати під прямим кутом, а малі водотоки і суходоли - під будь-яким [5].

Трасувати дорогу слід в обхід населених пунктів, за винятком доріг IV і V категорій [5].

Трасу розбивають на пікети та кілометри. Початковим (нульовим) пікетом приймають точку на окраїні населеного пункту. Через кожні десять пікетів наносять кілометровий знак і його номер. Пікети та кілометрові знаки на прямолінійних та криволінійних ділянках наносять перпендикулярно до осі дороги вниз або вліво відповідно при горизонтальному або вертикальному розташуванні траси [5].

Початок та кінець траси позначають лінією, перпендикулярною до осі, над якою вказують: "Початок траси ПК 0+00" і "Кінець траси ПК ..". Два варіанти наводять різними кольорами: кращий - червоним, гірший-чорним [5].

У найпростіших випадках під час проектування план траси складається з прямих ділянок, що поєднані між собою коловими кривими (рис. 2.2), які забезпечують плавний перехід автомобілів з однієї прямої на іншу.

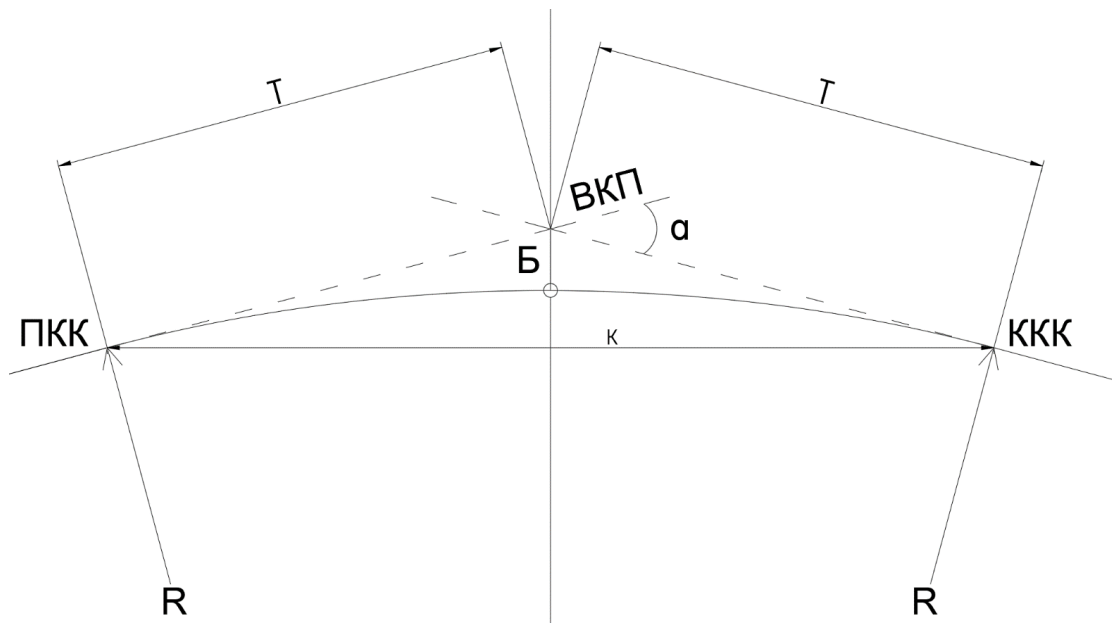


Рисунок 2.2. Основні елементи колової кривої

К – довжина кривої; Т – тангенс-відстань від вершини кута до початку або кінця кривої; Б – бісектриса; ВКП – вершина кута повороту; ПКК – початок колової кривої; СКК – середина колової кривої; ККК – кінець колової кривої; α – кут повороту; R – радіус повороту.

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180}, (\text{м}) \quad (2.1) [9]$$

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, (\text{м}) \quad (2.2) [9]$$

$$Б = R \cdot \left(\operatorname{sec} \left(\frac{\alpha}{2} \right) - 1 \right), (\text{м}) \quad (2.3) [9]$$

$$Д = 2 \cdot T - K, (\text{м}) \quad (2.4) [9]$$

Пікетажне положення початку (ПКК) та кінця колової кривої (ККК) знаходять, знаючи пікетажне положення вершини кута повороту (ВКП), з виразів:

$$\text{ПКК} = \text{ВКП} - T \quad (2.5)$$

$$\text{ККК} = \text{ВКП} + T \quad (2.6)$$

Розбивання траси на пікети безпосередньо по кривій здійснюють за допомогою хорд. Контроль за правильністю розбивання здійснюють за пікетажним положенням кінця кривої, яке визначається розрахунком:

$$\text{ККК} = \text{ВКП} + T + Д \quad (2.7)$$

Представлено фрагмент кривої у плані рис. 2.3.

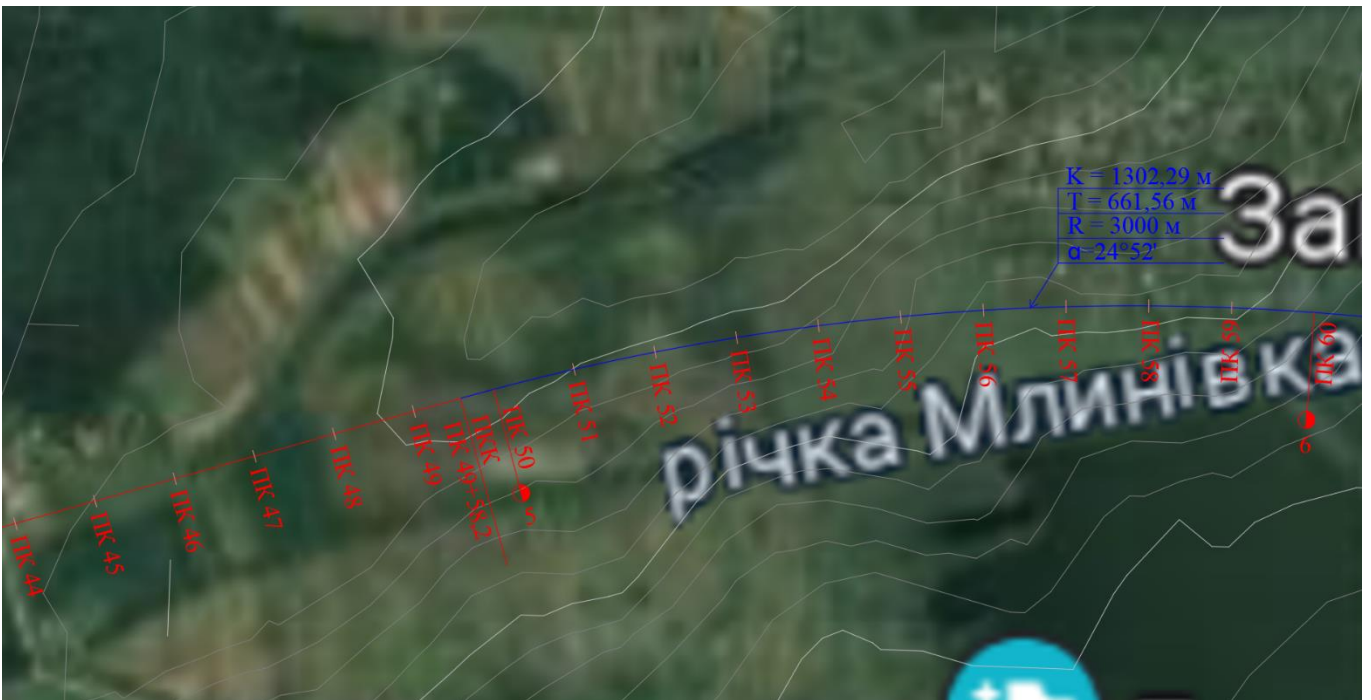


Рисунок 2.3. Крива у плані

Таблиця 2.4

Відомість плану лінії

№ елемента	Кут повороту, град		Радіус кривої R, м	Тангенс T, м	Колова крива K, м	Бісектриса Б, м	Перехідна крива l, м	Довжина прямої, м	Домір, м
	право	ліво							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	-	-	-	-	-	-	-	297,77	-

2	-	25,141	3000	668,95	1316,38	73,68	-	-	17,52
3	-	-	-	-	-	-	-	902,97	-
4	44,8621	-	2000	825,6	1565,98	163,7	-	-	84,21
5	-	-	-	-	-	-	-	875,09	-
6	-	24,8719	3000	661,56	1302,29	72,08	-	-	20,83
7	-	-	-	-	-	-	-	3929,57	-

2.3. Проектування поздовжнього профілю

Горизонтальний масштаб поздовжнього профілю приймають 1:5000, вертикальний – 1:500, для ґрунтів – 1:50 [5].

Проектну лінію, робочі відмітки, запроектовані штучні споруди, розгорнутий план траси, тип прийнятих поперечних профілів земляного полотна, лінії та дані, а також пікети, криві та кілометри наносять червоним кольором, усе інше – чорним [5].

Потім викреслюють чорний профіль поверхні землі, віднесений до осі дороги. Для цього із карти виписують відмітки на пікетах і плюсових точках, тобто тих, які розташовані на водозбірних і водороздільних лініях, на дні ярів, біля урізу річок і струмків, на брівці земляного полотна існуючих доріг, головках рейок залізниць тощо [5].

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 [5].

Криві при повороті траси ліворуч показують угнутістю вниз, праворуч – угору. Початок та кінець горизонтальної кривої прив'язують до пікетів, тобто записують відстань до попереднього і наступного пікетів. У межах кривої записують кут повороту, радіус закруглення, довжину перехідної кривої та кругових кривих [5].

Згідно з даними щодо ґрунтів, типу місцевості за зволоженням і залежно від дорожньо-кліматичної зони встановлюють перевищення бровки земляного полотна над поверхнею землі, високим горизонтом ґрунтових вод або розрахунковим горизонтом поверхневих вод [5].

На підходах до малих мостів і дорожніх труб висота брівки земляного полотна має перевищувати розрахунковий (прийнятий) горизонт води з урахуванням підпору не менше 0,5 м при безнапірному режимі роботи споруди та не менше 1,0 м – при напірному чи напівнапірному режимі. 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 [5].

Після цього помічають положення проектної лінії, користуючись шаблонами. При прокладанні проектної лінії слід намагатися компенсувати об'єми суміжних насипів та виїмок[5].

Проекту лінію наносять вище поверхні землі на величину керівної робочої відмітки по можливості паралельно до неї. Такий метод нанесення проектної лінії називають проектуванням за обвідною [5].

На крутих спусках (підйомах) похили поверхні землі іноді перевищують максимально допустимі похили дороги. У цьому разі проекту лінію наносять за січною [5].

Проектування горизонтальних ділянок а також використання угнутих вертикальних кривих у виїмках не допускається [5].

Необхідно, щоб проектна лінія автомобільної дороги, яка перетинає в одному рівні залізницю, була горизонтальною на рівні головок рейок. 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 похилом щонайбільше 30%. 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, м; при напрузі до 1 кВ - 6,0; до 110 кВ - 7,0; до 500 кВ - 9; до 750кВ-16 [5].

Проекту лінію поздовжнього профілю можна проектувати відомим графоаналітичним методом. Цей метод не потребує використання жодних додаткових засобів (таблиць, шаблонів). Проектування виконують у два етапи: перший – побудова

ламаної обвідної лінії з урахуванням усіх контрольних точок; другий – вписування вертикальних кривих. На першому етапі, знаючи керівну відсотку і відмітки всіх керівних точок, будують ламану проектну лінію [5].

Вершини ламаної і вписаної в неї кругової кривої в загальному випадку не збігаються. На другому етапі проектування визначають параметр вписаних вертикальних кривих [5].

На дорогах I категорії влаштовують вертикальні криві, якщо у місцях зламу проектної лінії на поздовжньому профілі алгебраїчна сума похилів 5 % і більше.

Коли відомі висотні відмітки точки перелому ВЛ (вершини ламаної), величину тангенсу кривої, а також їхнє пікетажне положення, можна визначити пікетажне положення вертикальної кривої (початок ПВК та кінець – КВК) (див. рис. 2.4):

$$\text{ПВК} = \text{ВЛ} - T \quad (2.8)$$

$$\text{КВК} = \text{ВЛ} + T \quad (2.9)$$

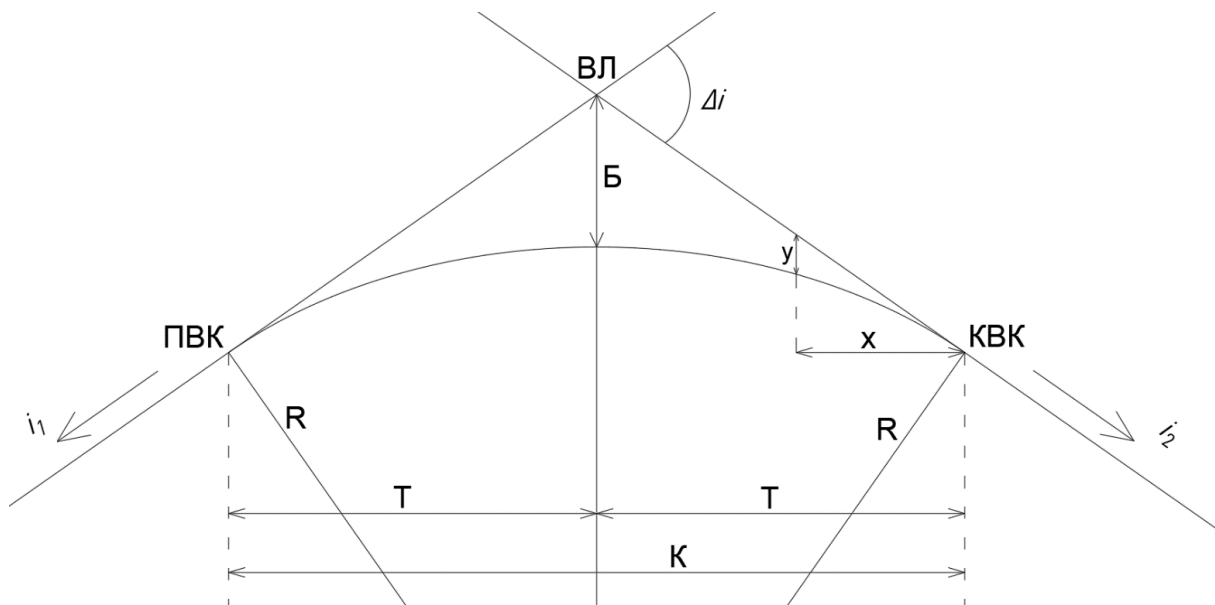


Рисунок 2.4 Елементи вертикальної кривої

T – тангенс, K – довжина кривої, Б – бісектриса, y – ордината кривої, i_1 та i_2 – суміжні похили поздовжнього профілю.

В подальшому визначають параметри вертикальних кривих. Довжина вертикальної кривої визначається для двох характерних випадків.

1. Вершина вертикальної кривої знаходиться в зоні вертикальної кривої, тобто коли одна ділянка ламаної є висхідною, а інша – низхідною, у цьому випадку довжина вертикальної кривої становить:

$$K = R \cdot (|i_1| + |i_2|), (\text{м}) \quad (2.10) [10]$$

2. Вершина вертикальної кривої розташовується за межами кривої, тобто коли обидві гілки ламаної є висхідними або низхідними, або навпаки:

$$K = R \cdot (|i_1 + i_2|), (\text{м}) \quad (2.11) [10]$$

Величина тангенсу дорівнює:

$$T = \frac{K}{2}, (\text{м}) \quad (2.12) [10]$$

При проектуванні вертикальних кривих застосовують відрізки параболічних кривих, які описуються рівнянням:

$$y = \frac{x^2}{2R}, (\text{м}) \quad (2.13) [10]$$

де x – координата будь-якої точки в межах тангенса, відрахованої від ПКВ або КВК.

Таким чином, прокладання проектної лінії відбувається у два етапи: перший – побудова ламаної лінії з урахуванням усіх контрольних точок; другий – вписування в переломи ламаної лінії вертикальних кривих.

Складемо відомість поздовжнього профілю (таблиця 2.5), до неї увійдуть поздовжні похили кожного елементу профілю, його довжина і відсоткова частка від загальної довжини траси.

Представимо фрагмент поздовжнього профілю рис 2.5.



с. Завадів

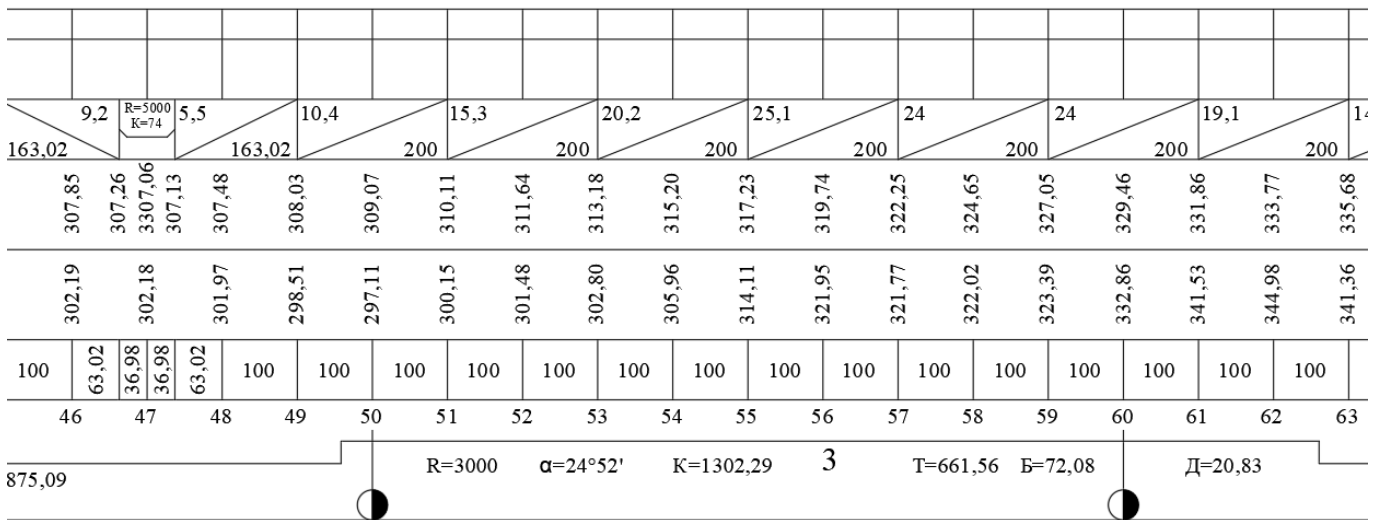


Рисунок 2.5. Фрагмент поздовжнього профілю

Таблиця 2.5

Відомість поздовжнього профілю

№ елемента	Поздовжній похил, ‰	Довжина елемента, м	Протяжність, %
1	2	3	4
1	6,5	300	2,941

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
2	7,3	200	1,961
3	8,9	200	1,961
4	12,6	200	1,961
5	-2,6	200	1,961
6	-7,5	200	1,961
7	-12,4	200	1,961
8	-17,3	200	1,961

9	-22,2	200	1,961
10	-27,1	200	1,961
11	-27,2	200	1,961
12	-32,1	200	1,961
13	-37	200	1,961
14	-32,1	200	1,961
15	-27,2	200	1,961
16	-24,5	200	1,961
17	-26	200	1,961
18	-5,3	200	1,961
19	-4,5	200	1,961
20	-7,4	200	1,961
21	-10,9	200	1,961
22	-11,8	200	1,961
23	-9,2	200	1,961
24	5,5	200	1,961
25	10,4	200	1,961
26	15,3	200	1,961
27	20,2	200	1,961
28	25,1	200	1,961
29	24	200	1,961
30	24	200	1,961
31	19,1	200	1,961
32	14,2	200	1,961
33	12,6	200	1,961
34	17	200	1,961
35	14,8	200	1,961
36	12,9	200	1,961

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
37	14	200	1,961
38	11	200	1,961
39	-7,7	400	3,922
40	-9,3	800	7,843
41	-7,7	600	5,882
42	-7,6	700	6,863

Паралельно складемо відомість поздовжнього профілю для вертикальних кривих (табл. 2.6):

Таблиця 2.6

Відомість вертикальних кривих поздовжнього профілю

№ елементу	Радіус кривої, м	Довжина кривої, м	Пікетажне положення перелому траси
1	20000	304	ПК 0+900
2	5000	103,5	ПК 3+500
3	5000	74	ПК 4+700
4	20000	374	ПК 7+700

2.4. Проектування поперечного профілю

Поперечним профілем траси називають переріз дороги на вертикальній площині, перпендикулярний до осі дороги. Його треба проектувати на всю ширину автомобільної дороги, із нанесенням земляного полотна і дорожнього покриття, бічних канав, декоративних і снігозахисних насаджень [5].

На поперечному профілі земляне полотно зображують у вигляді насипу, виїмки, напівнасипу-напіввиїмки [5].

Відношенням висоти укосу до його горизонтальної проекції називають коефіцієнт закладання, який характеризує стрімкість укосів земляного полотна. В залежності від складу ґрунту земляного полотна, потрібно приймати різну стрімкість укосів як для насипів (див. табл. 2.7) [1], так і для виїмок (див. табл. 2.8) [1] [5]:

Для з'їзду автомобілів з дороги в аварійних випадках укосам низьких насипів доцільно задавати закладання від 1:3 до 1:6 [5].

Для доріг I-II категорій, при висоті насипу до 2 м, найбільшу стрімкість укосів насипу, яку відсипають з місцевих ґрунтів (при перевезенні на відстань до 0,5), беруть 1:4 [5].

Якщо виїмка глибиною до 1 м, то її розроблюють або розкривають під насип; якщо глибиною 1-5 м – то проектують із пологими укосами (від 1:4 до 1:6) [5].

Для запобіганням сніговим заносам, при виїмках глибиною до 1 м, потрібно проектувати розкритими зі стрімкістю укосів від 1:5 до 1:10 або розробленими під

Таблиця 2.7

Стрімкість укосів високих насипів

Ґрунт насипу	Висота укосу, м		
	Понад 2 до 6	Понад 6 до 12	
		Нижня частина	Верхня частина висотою 6
Піщаний мілкий та пілуватий, глинистий та лесовий	$\frac{1:1,5}{1:1,75}$	$\frac{1:1,75}{1:2,0}$	$\frac{1:1,5}{1:1,75}$
Примітка: 1. Під рискою подані значення для пілуватих різновидів ґрунтів у дорожньо-кліматичних зонах I – III і для однорозмірних пісків. 2. Висота укосу визначається як різниця між відміткою брівки насипу і відміткою підосви насипу. За наявності крутосхилості висота низового укосу визначається як найбільша різниця між відміткою брівки і відміткою підосви насипу (низової відмітки укосу).			

Таблиця 2.8

Стрімкість укосів глибоких виїмок

№	Різнovid ґрунтів	Висота укосу, м	Найбільша крутизна укосу
1	Піски (крупні та середньої крупності)	до 12	1:1,5
Примітка: 1. Висота укосу виїмки визначається як різниця між відміткою брівки укосу і відміткою підосви укосу.			

насип; якщо глибина виїмки 1-5 м – проектувати на снігозаносних ділянках зі стрімкими укосами (1:1,5 -1:2) і додатковими полицями або узбіччям з шириною щонайменше 4 м [5].

Кювети треба влаштовувати на ділянках низьких насипів, у виїмках і на нульових відмітках.

В залежності від виду ґрунту, конструкції дорожнього одягу та поздовжнього ухилу, визначається необхідна глибина кювету (відстань від брівки земляного полотна до дна кювета). Глибина кювету, за наявності в дорожньому одязі дренажного шару,

має бути такою, щоб дно дренажного шару дорожнього одягу було вище дна кювету на 0,1...0,2 м. Якщо дренажний шар відсутній, то глибина кювету має бути не менше 0,3 м в не пілуватих пісках, 0,6 м – в не пілуватих супісках, 0,8 м – в суглинках і глинах, 0,9 м – в пілуватих ґрунтах. Мінімальний ухил дна кювета 5‰, допустимий – 3‰. Проектування кюветів складає: проектування поздовжнього профілю дна кювету, призначення укріплення кюветів. При проектуванні поздовжнього профілю дна кювету можливі 2 випадки:

1) Кювет проектується паралельно проектній лінії дороги, якщо ухил проектної лінії на ділянці дороги, де потрібен кювет не менше 5‰.

2) Кювет проектується непаралельно відміткам дороги, якщо ухил проектної лінії на ділянці дороги, де потрібен кювет менше 5‰. Тоді на середині виїмки знаходять точку вододілу, коли ухил більше 0, але більше 5 ‰ так, щоб за рахунок збільшення глибини кювету, забезпечити мінімальне збільшення об'єму виїмки; обчислюють відмітки низу кювету з ухилом 5 ‰ (приймається 3 ‰ на рівній місцевості) у бік від вододільної точки до виходу на поверхню землі, а також пікетажне положення початку і кінця кювету.

Масштаб для поперечних профілів треба приймати 1:100. Проектування починають з викреслювання поперечного розрізу поверхні землі на даному пікеті (плюсова точка) за даними карти з горизонталями. На поперечному профілі обов'язково вказують (див. рис. 2.4) [6]: вісь земляного полотна, розміри земляного полотна, проїзної частини, узбіч; проектну відмітку бровки земляного полотна (червоним кольором); стрімкість укосів, бічні канави, резерви; банкет, кавальєри, нагірні канави; поперечний похил проїзної частини і узбіч [5]:

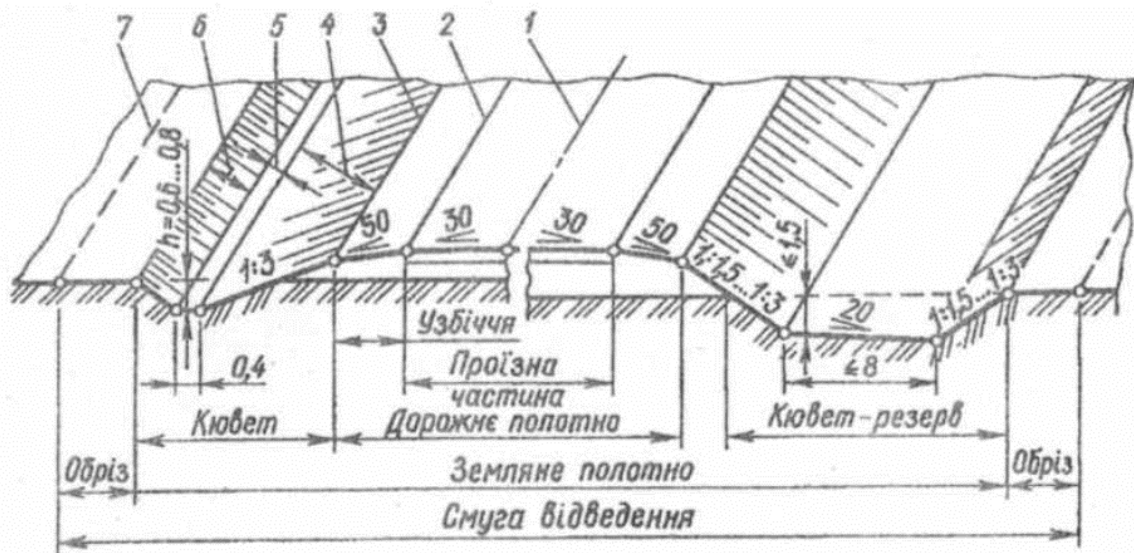


Рисунок 2.4. Основні елементи поперечного профілю автомобільної дороги
 1 – вісь дороги; 2 – кромка проїзної частини; 3 – брівка земляного полотна; 4 – внутрішній укіс кювету; 5 – дно кювету; 6 – зовнішній укіс кювету; 7 – межа відведення [6].

- проїзна частина – головний конструктивний елемент, який забезпечує рух транспорту відповідної вантажопідйомності, габаритних розмірів і з певною швидкістю; проїзна частина покрита дорожнім одягом, який має бути міцним, а поверхня її рівною, шорсткою і без пилу [6];
- узбіччя – бокові смуги, що примикають до проїзної частини; вони є упором для дорожнього одягу, дають змогу підвищувати безпеку руху, а також придатні для короткочасної вимушеної зупинки автомобіля та тимчасового розміщення будівельних матеріалів під час ремонту дороги [6];
- водовідвідні споруди – поздовжні рови (кювети, кювети-резерви і резерви), призначені для відведення від земляного полотна поверхневої води [6];

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ ШТУЧНИХ СПОРУД

3.1. Проектування водопропускних споруд

3.1.1 Нормативні вимоги

Аби земляне полотно не отримувало зайву вологу з поверхневих вод, та для забезпечення виконання робіт під час спорудження земляного полотна потрібно завбачити систему поверхневого водовідведення (влаштування водовідвідних і нагірних каналів, лотків перепадів, поглинальних колодязів, випарних басейнів, швидкотоків, планування територій тощо) [1].

Треба знижувати рівень ґрунтових та поверхневих вод, які впливають на міцність і стійкість земляного полотна чи на умови виконання будівельних робіт, а воду відводити за земляне полотно [1].

В залежності від типу укріплення укосів, виду ґрунту і дна каналу з урахуванням допустимої швидкості води, призначають потрібний поздовжній похил водовідвідних споруд. Потрібно передбачити швидкотоки, водобійні колодязі і перепади, якщо неможна забезпечити допустимі похили [1].

Дно каналу має мати поздовжній похил понад 5 ‰, а у окремих випадках – не менше ніж 3 ‰ [1].

На підходах до труб, брівку земляного полотна, треба підвищувати над розрахунковим горизонтом води з урахуванням до розрахунків підпору не менше ніж на 0,5 м за безнапірного режиму роботи споруди і не менше ніж на 1 м за напірного та напівнапірного режиму [1].

При зустрічних похилах потрібно влаштовувати водовідвідні споруди для збирання та відведення поверхневих вод за межі земляного полотна, на ділянках дороги з поздовжнім похилом більше 30 ‰, за насипів висотою більше 2 м, у місцях віражів та увігнутих вертикальних кривих на поздовжньому профілі, для запобігання розмиву узбіч та укосів земляного полотна [1].

Від площі водозбору і поздовжнього похилу дороги залежить відстань між водовідвідними спорудами, що обґрунтовуються в проєкті [1].

У місцях де присутні віражі та увігнуті вертикальні криві у поздовжньому профілі, на розділювальній смузі потрібно влаштовувати водовідвідні споруди [1]:

- за ширини розділювальної смуги 10,5 м і довжини ділянки водозбору більше 100 м;
- за ширини розділювальної смуги до 6,0 м включно і довжини ділянки водозбор більше 500 м за умови, що поздовжній похил перевищує поперечний;
- для проміжних значень ширини розділювальної смуги довжина ділянки водозбору, для якої необхідно влаштовувати водовідвідні споруди, визначається інтерполяцією [1].

Основа водовідвідної споруди повинна виходити за зовнішню крайку цієї споруди на 0,3 м, якщо водовідведення працює за рахунок водовідвідних споруд, на які можливі наїзди транспортних засобів (наприклад прикрайкові лотки) [1].

Допускається влаштування односхилого поперечного профілю із укріпленою від розмивів розділювальною смугою на дорогах із розділювальною смугою, на кривих у плані для забезпечення водовідведення із проїзної частини. В межах розділювальної смуги допускається проектування дорожнього одягу удосконаленого полегшеного типу, у межах увігнутих кривих [1].

3.1.2 Загальні правила і принципи

Мости і труби – основні види водопропускних споруд на автомобільних дорогах. До малих водопропускних споруд відносяться труби і мости, отвір яких менше 30 м [7].

Великі мостові переходи влаштовують при перетині дорогою великих водотоків. До середніх відносяться мости з отвором від 30 до 100 м, а з отвором понад 100 м, ще й з прольотом понад 30 м – до великих мостів [7].

Встановлення місця і розмірів водопропускних споруд, потрібних для надійного і безпечного пропуску води по водотоку і руху по дорозі за мінімальної вартості будівництва самої водопропускної споруди і підходів до неї – є завданням проектування водопропускних споруд [7].

Загальні правила та принципи проектування водопропускних споруд такі [7]:

- при проходженні розрахункових паводків, має бути забезпечений безперебійний пропуск транспортних потоків по дорозі;
- проектування виконується з використанням типових проектів з уніфікованих збірних елементів;
- за допомогою гідравлічного розрахунку визначаються розміри споруд;
- при розробленні проектів мостових переходів через великі водотоки, розрахункові витрати, визначаються за матеріалами безпосередніх спостережень за режимами рік;
- можуть використовуватися емпіричні формули, за обрахунку розрахункових витрат малих рік періодичних водотоків;
- за наявності льодоходу та корчеходу, в місцях утворення намерзлого льоду, проектування труб не допускається на постійно діючих водотоках;
- витрати на будівництво та утримання споруд мають бути мінімальними [7].

На автомобільних дорогах, більшу частину малих водопропускних споруд (майже 90%), складають труби [7].

Під час проектування перевагу в більшості випадків віддають трубам. Водопропускні дорожні труби виробляють із збірних залізобетонних елементів з стандартними отворами: круглі – з внутрішнім діаметром 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50 і 2,0 м; прямокутні 1,5x2,0; 2,0x2,0; 2,0x3,0; 3,0x2,0; 3,0x3,0; 4,0x3,0; 5,0x3,0; 6,0x3,0 м [7].

Щоб збільшити пропускну спроможність не підвищуючи висоту насипу влаштовують багатоочкові труби, витрати води між якими розподіляються рівномірно. Малі мости проєктують у випадках, коли потрібна кількість труб перевищують чотири, такі труби неекономічні [7].

При перетині постійно діючих чи періодично діючих водотоків з великими витратами води, рекомендовано споруджувати малі мости; якщо траса потребує особливих умов прокладання (болота, канали тощо) [7].

Вихідні дані для проектування водопропускних споруд:

- топографічна карта (або цифрова модель місцевості);
- план траси;

- категорія дороги;
- район проходження дороги [7].

За топографічною картою чи по цифровій моделі місцевості, визначають положення штучної споруди, аналізуючи профіль землі для запроєктованих варіантів траси [7].

3.1.3 Розрахунок водопропускних споруд

Для початку на поздовжньому профілі намічаємо місця, які повинні мати водопропускні споруди – це всі місця лінії землі, що мають опуклу форму (перехід від спуску до підйому). Також це місце повинно бути найнижчим в межах його водозбірного басейну на поздовжньому профілі. Необхідно також позначити межі цих басейнів.

Коли визначено розташування водопропускних споруд та водозбірних басейнів, вони наносяться на топографічну карту місцевості траси. Після чого необхідно визначити межі водозбірних басейнів на плані. Визначення меж басейнів слід починати з нанесення на карті в горизонталях лінії поздовжнього вододілу, який у більшості випадків проходить уздовж траси дороги по найвищих відмітках землі (рис 3.1):

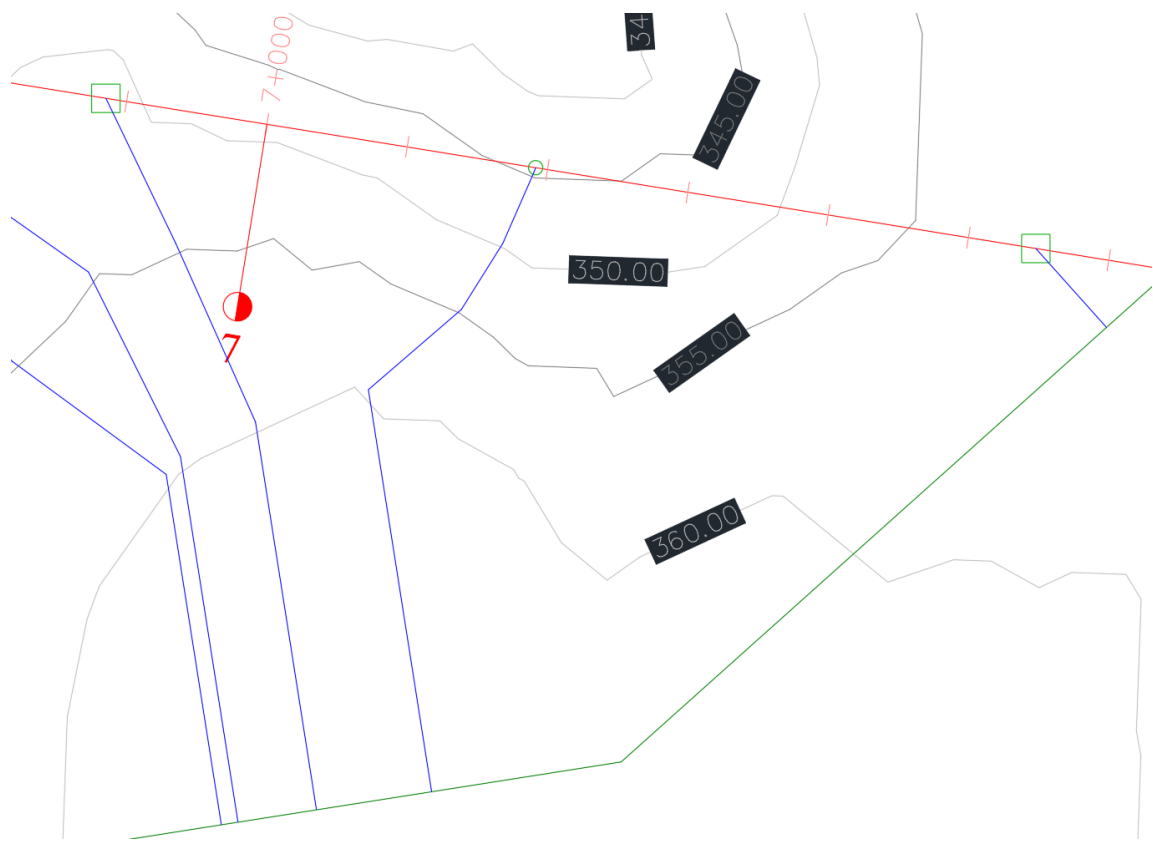


Рисунок 3.1. Межі басейну на топографічній карті

червона лінія – траса; зелена – поздовжній вододіл; квадрат – позначення кордону водозбірного басейну на трасі; коло – місце розташування водопропускної споруди; сині лінія – поперечний вододіл.

Після нанесення на карту поздовжнього вододілу визначають положення так званих поперечних вододілів, які розділяють басейни кожної водопропускної споруди (стосується тільки вододілів, що йдуть від меж басейнів). Лінії поперечних вододілів слід проводити від траси по нормалях до горизонталей до перетину з поздовжнім вододілом.

Іноді поперечні вододіли басейнів можуть перетинатися між собою, не досягаючи поздовжнього. Тоді межі басейнів будуть тільки у вигляді поперечних вододілів.

Складемо таблицю, до якої будуть занесені основні параметри кожної водопропускної споруди (табл. 3.1):

де Q_{300} – це можливі розрахункові витрати зливого стоку з врахуванням поправочного коефіцієнта для пісків та супісків.

З топографічної карти, фрагмент якої вище представлено (див. рис. 3.1), визначаємо: площу басейну, довжину балки, різницю відміток землі по кінцях балки та ухил балки. Значення витрат визначаємо з номограми залежності витрати зливого стоку методичних рекомендацій [8].

Далі обираємо тип водопропускних споруд, для цього складемо відомість водопропускних споруд (табл.3.2):

де допустима глибина підпору – яка визначається з умов: незатоплюваності земляного полотна й неможливість переливу води через межу вододілу у сусідній басейн. Її визначають за формулою:

$$h_{\text{підп}} = H_{\text{мін}} - H_3 - 0,5(0,25), \text{ м} \quad (3.1)$$

Таблиця 3.1

Відомість витрати води

№ з/п	Положення водопропускної споруди на поздовжньому профілі ПК...+...,м	Характеристики басейну				Можливі витрати, м ³ /с	
		Площа басейну F, км ²	Довжина балки, км	Різниця відміток землі по кінцях балки, м	Ухил балки I _б , ‰	Q _{гр} при k=1,00	Q ₃₀₀ при k=1,39
1	2+83,76	0,82	0,68	22	32,57	10	13,9
2	5+51,08	0,06	0,22	11,5	53,38	4	5,56
3	9+58,46	0,17	0,36	10	28,17	4	5,56
4	16+08,32	0,44	0,4	12	30,21	5	6,95
5	18+16,97	0,26	0,46	8	17,53	4	5,56
6	26+54,1	2,87	2,23	53	23,82	22,5	31,28
7	35+69,59	2,27	1,24	45,5	36,6	19,5	27,11
8	39+84,74	0,26	0,19	8	41,59	4	5,56
9	46+2,26	1,52	1,98	63	31,76	12,5	17,38
10	49+81,35	2,08	1,08	33,5	31,05	18	25,02
11	57+70,64	0,32	0,88	44	49,91	4	5,56
12	65+78,96	0,42	0,62	26	41,79	6	8,34
13	71+91,51	0,2	0,48	18,5	38,22	4	5,56
14	80+1,05	0,07	0,3	13	43,82	4	5,56
15	82+94,12	0,16	0,63	15,5	24,8	4	5,56
16	89+67,97	0,8	1,23	27,5	22,28	10	13,9
17	94+58,05	0,65	1,41	35,5	25,17	8,5	11,82
18	98+12,99	0,09	1,5	29	19,36	4	5,56

Відомість водопропускних споруд

№ з/п	Положення водопропускної споруди на поздовжньому профілі ПК...+...	Можливі витрати Q_{300} , м ³ /с	Допустима глибина підпору $h_{підп}$, м	Дані по спорудам		Висота насипу, м	
				Тип	Кількість труб	Проектна	Гранична
1	2	3	4	5	6	1	2
1	2+83,76	13,9	4,43	труба*	2x2,0	7,87	19
2	5+51,08	5,56	2,07	труба*	1x2,0	7,54	19
3	9+58,46	5,56	3,23	труба*	2x2,0	8,96	19
4	16+08,32	6,95	1,08	труба*	1x2,0	7,21	19
5	18+16,97	5,56	1,36	труба*	1x1,5	3,29	19
6	26+54,1	31,28	2,99	труба*	3x2,0	13,57	19
7	35+69,59	27,11	2,76	труба*	3x2,0	4,39	19
8	39+84,74	5,56	0,61	труба*	1x1,5	3,58	19
9	46+2,26	17,38	0,34	труба*	2x2,0	5,64	19
10	49+81,35	25,02	5,77	труба*	3x2,0	12,12	19
11	57+70,64	5,56	1,49	труба*	1x1,5	2,53	19
12	65+78,96	8,34	6,5	труба*	2x2,0	9,31	19
13	71+91,51	5,56	7,00	труба*	2x2,0	3,97	19
14	80+1,05	5,56	0,81	труба*	1x1,5	5,61	19
15	82+94,12	5,56	2,06	труба*	1x1,5	5,82	19
16	89+67,97	13,9	3,78	труба*	2x2,0	8,168	19
17	94+58,05	11,82	3,98	труба*	2x2,0	6,61	19
18	98+12,99	5,56	0,19	труба*	1x1,5	2,28	19

Примітка: * кругла труба розтрубна з конічним вихідним кільцем.

0,5 м – використовується, якщо при піднятті рівня води, вона спочатку дійде до траси, а не переллється у сусідній басейн. 0,25 м – використовується навпаки, якщо при піднятті рівня води, вона першою переллється до сусіднього басейну. H_z – відмітка землі по осі споруди на поздовжньому профілі.

Після заповнення табл. 3.2, звертаємося до каталогу водопропускних споруд [7], і підбираємо потрібний тип та кількість водопропускних споруд (також заносимо до табл. 3.2).

В результаті обрахунків було підібрано 18 водопропускних споруд, які представляють собою круглі труби діаметром 1,5 та 2 м з кількістю труб до 3 штук.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПОДІЛЕННЯ ЗЕМЛЯНИХ МАС

4.1. Обчислення й побудова кривої розподілення земляних мас

Для того, щоб найбільш ефективно використати ґрунт вздовж ділянки траси під час будівництва, необхідно знати об'єми потрібного і зайвого ґрунту. Більш доцільним буде використати ґрунт з виїмки для насипу, аніж везти його з кар'єру для насипу, але ґрунту для насипу з виїмки може бути недостатньо. І тоді потрібно встановити точну межу таких робіт, мається на увазі перевезення ґрунту з виїмки до насипу. Саме для отримання цих даних і потрібна крива розподілення земляних мас.

Коли будують криву розподілення земляних мас, то об'єми землі по пікетах представляють у вигляді прямокутників. Об'єм виїмки – додатній і йде ввєрх, а насипу - від'ємний і відповідно вниз. Об'єми прямокутників записуються поряд, а об'єми по окремому насипу чи виїмці у коловій рамці. Крива розподілення будується там же, де і графік об'ємів за пікетами.

Аби побудувати криву розподілення, необхідно вертикально, по кожному пікету, відкласти вертикальну лінію в масштабі, її довжина рівна алгебраїчній сумі об'ємів виїмок та насипів з початку ділянки. Щоб визначити дальність транспортування в межах насипу-виїмки чи навпаки – помічаються точки екстремуму на опуклій чи увігнутій частині насипу чи виїмки (тут слова насип та виїмка використані в плані пагорба та ями). Далі від цієї точки йде в обидва боки горизонтальна пряма, що перетинає висхідну і низхідну гілку кривої, відсікаючи рівні між собою об'єми насипу та виїмки. Відстань між центрами ваги насипу та виїмки рівних об'ємів у межах вище вказаного перетину і є середньою дальністю транспортування ґрунту.

Щоб виконувати такі масиви робіт необхідна будівельна техніка. Машини обираються виходячи з показників складу ґрунтів, об'єму земляних робіт, терміну їхнього виконання, робочих відміток виїмок та насипів та дальності транспортування.

Універсальною машиною в таких роботах є екскаватор, вони вдало застосовуються при розробці всіх видів ґрунтів та виконують більшість всіх робіт.

Наступною машиною для робіт по земляному полотну є скрепер. Якщо екскаватори використовуються для будь-яких виїмок та насипів, то скрепери мають обмеження від 4 до 5 метрів робочої відмітки. Також при шляхах транспортування в розміри декількох сотень метрів – використовуються причіпні скрепери, а коли рахунок йде вже на тисячі – використовують самохідні скрепери.

Найменшу кількість робіт виконує бульдозер. З технічних міркувань, бульдозери працюють з робочими відмітками, що не перевищують 1 метра, а обмеження по довжині транспортування складає 100 метрів.

Для того, щоб обрахувати кількість та дальність перевезення ґрунту, необхідно побудувати криву розподілення земляних мас. А для цього необхідні дані про об'єми ґрунту на кожній ділянці.

Будемо обробувати об'єми через кожен пікет, цей об'єм, у випадку насипу, мати вигляд призми (рис. 4.1):

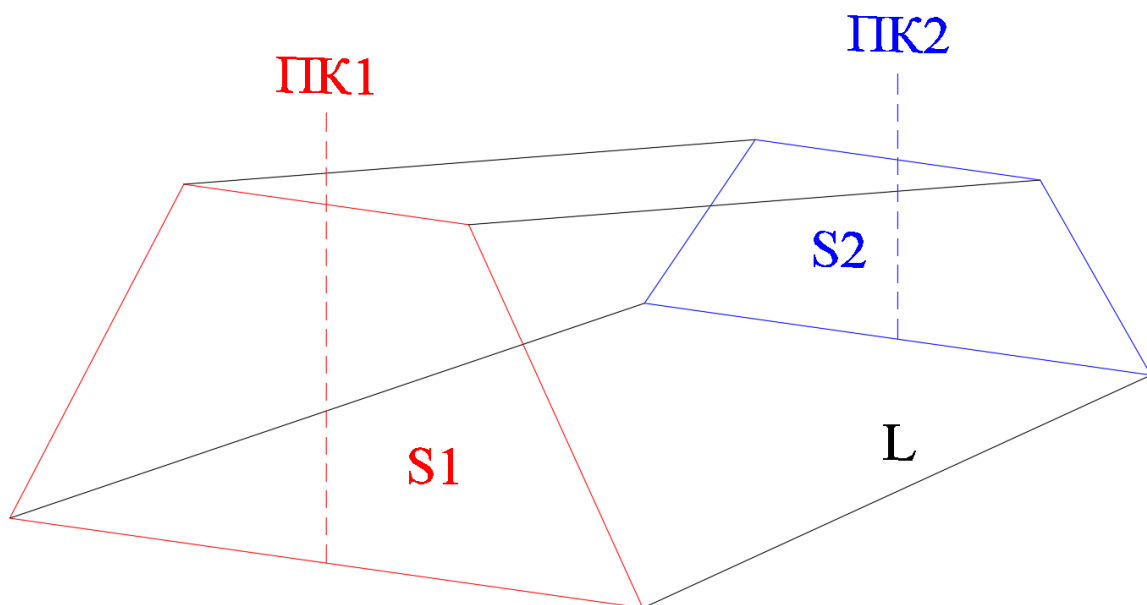


Рисунок 4.1. Об'єм насипу ґрунту

де $S1$ та $S2$ – це поперечні площі земляного полотна, а L – відстань між ними.

Площі S_1 відповідає пікет ПК1 і S_2 відповідно ПК2, тоді щоб знайти об'єм ґрунту між ПК1 та ПК2 потрібно:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot L \quad (4.1)$$

Для прикладу розглянемо ділянку на трасі з ПК48 по ПК49.

Вихідні дані:

- дорожнє полотно $A = 25$ м;
- висота насипу ПК48, $h_1 = 5,51$ м;
- висота насипу ПК49, $h_2 = 9,52$ м;
- коефіцієнт закладання насипу:
 - до 6 м включно = 1:1,5;
 - більше 6 до 12 м = 1:1,75;
- відстань між пікетами $L = 100$ м.

Визначимо площу перерізу для ПК48:

Поперечний переріз включно до 6 м має такий вигляд (рис. 4.2):

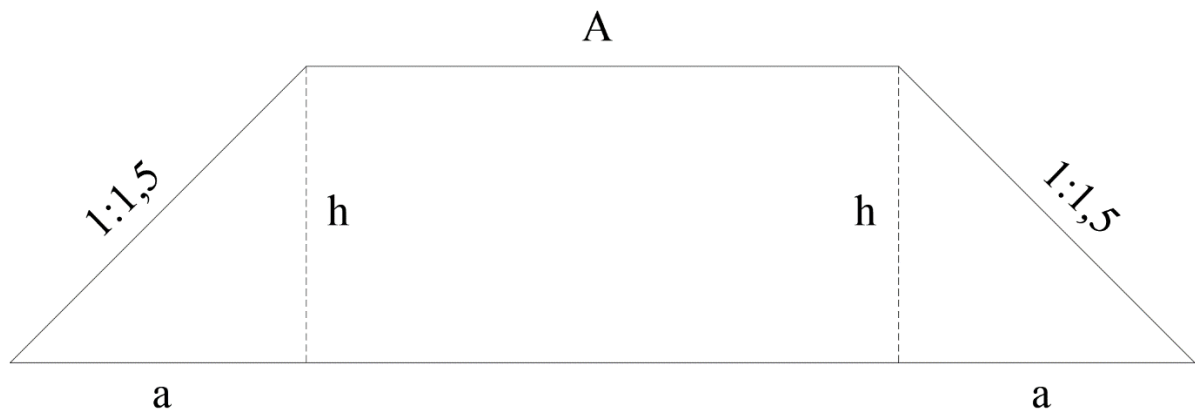


Рисунок 4.2. Поперечний переріз насипу до 6 м включно

Обрахуємо його площу як суму площ двох трикутників і прямокутника.

Для початку обрахуємо проекцію ухилу:

$$1) a = h \cdot 1,5 = 5,51 \cdot 1,5 = 8,265 \text{ м};$$

Далі знайдемо площу перерізу як суму площ:

$$2) S_{48} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot a \cdot h + h \cdot A = 8,265 \cdot 5,51 + 5,51 \cdot 25 = 183,29 \text{ м}^2 ;$$

Визначимо площу перерізу для ПК49:

Поперечний переріз включно до 12 м має такий вигляд (рис. 4.3):

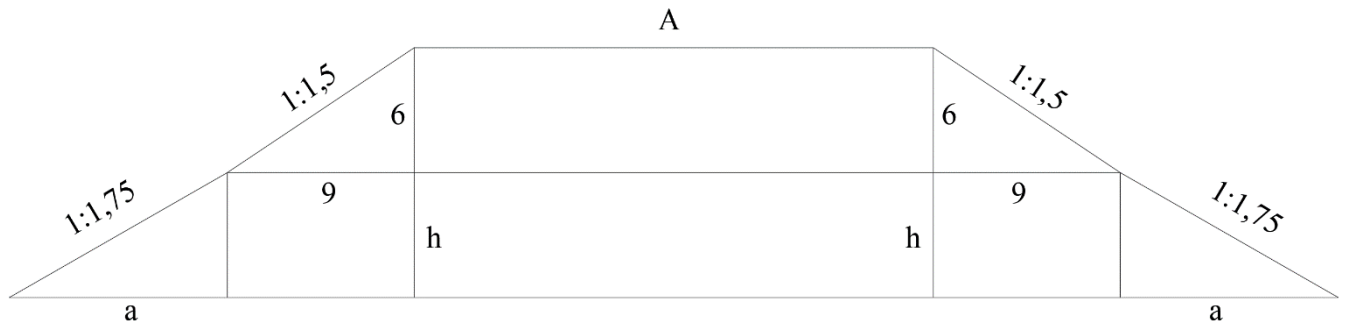


Рисунок 4.3. Поперечний переріз насипу до 12 м включно

Оскільки згідно з нормами коефіцієнт закладання до 6 м має бути рівним 1:1,5, то для всіх випадків, висота насипу більше 6 м, числа 6 і 9 будуть стали. А отже площу верхньої рівнобічної трапеції можна вирахувати один раз для всіх випадків:

$$3) S_{\text{верх}} = 6 \cdot 9 + A \cdot 6 = 54 + 25 \cdot 6 = 204 \text{ м}^2.$$

Далі знаходимо площу нижньої трапеції, як суму площ фігур:

$$4) h = 9,52 - 6 = 3,52 \text{ м.}$$

$$5) a = 3,52 \cdot 1,75 = 6,16 \text{ м.}$$

$$6) S_{49} = S_{\text{верх}} + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot a \cdot h + h \cdot (A + 9 \cdot 2) = 204 + 6,16 \cdot 3,52 + 3,52 \cdot (25 + 18) = 377,04 \text{ м}^2.$$

Визначимо об'єм між ПК48 і ПК49:

$$7) \frac{S_{48} + S_{49}}{2} \cdot L = \frac{183,29 + 377,04}{2} \cdot 100 = 28016,5 \text{ м}^3.$$

Обрахуємо також випадок для виїмки, для прикладу візьмемо пікет ПК23.

Вихідні дані:

- дорожнє полотно $A = 25 \text{ м}$;
- глибина виїмки $h = 8,9 \text{ м}$;
- коефіцієнт закладання виїмки та кювету $= 1:1,5$;

- ширина дна кювету = 0,4 м;
- глибина кювету = 0,6 м.

Виїмка матиме такий вигляд (рис. 4.4):

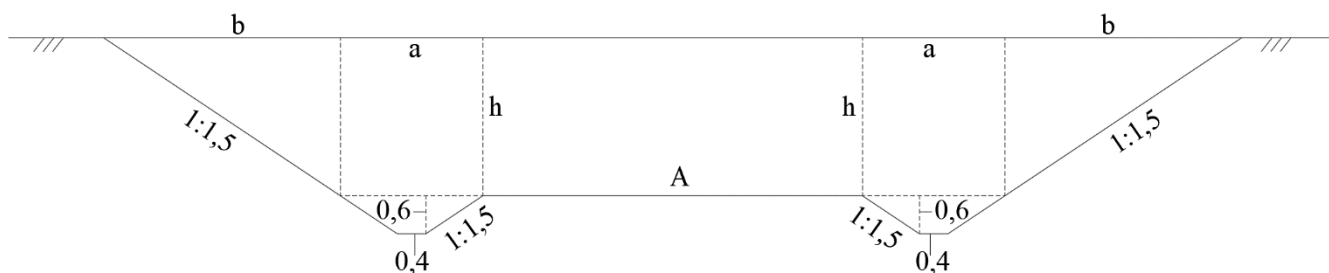


Рисунок 4.4. Поперечний переріз виїмки

Приклад розрахунку площі виїмки, як суму фігур:

$$8) a = 0,4 + 0,6 \cdot 1,5 \cdot 2 = 2,2 \text{ м.}$$

$$9) b = h \cdot 1,5 = 8,9 \cdot 1,5 = 13,35 \text{ м.}$$

$$10) S_{23} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot h \cdot b + h \cdot (A + 2 \cdot a) + 2 \cdot \frac{a + 0,4}{2} \cdot 0,6$$

$$= 8,9 \cdot 13,35 + 8,9 \cdot (25 + 2 \cdot 2,2) + (2,2 + 0,4) \cdot 0,6 = 382,035 \text{ м}^2.$$

Для решти пікетів обрахунки аналогічні вищевказаним.

Зведемо результати розрахунків до таблиці 4.1 (Додаток А), в ній зазначено об'єми земляних мас кожних суміжних пікетів.

Згідно з методикою, будуємо прямокутники об'ємів по кожному пікету й наносимо криву розподілення земляних мас (рис 4.5).

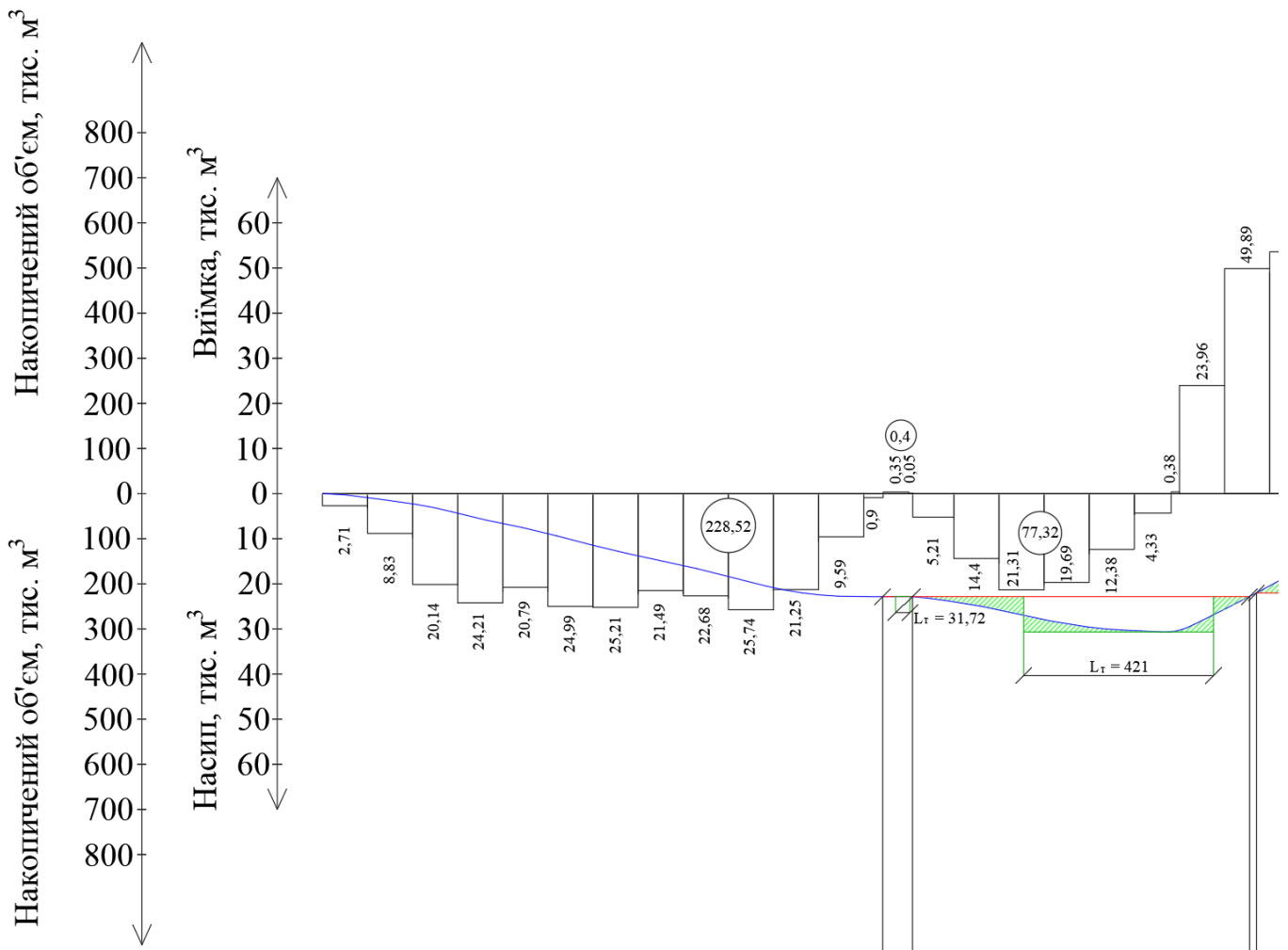


Рисунок 4.5. Крива розподілення земляних мас

де синім позначено – криве розподілення, червоним – межі насипу-виїмки, зеленим – площі центрів ваги насипу та виїмки.

Як видно відстань між центрами ваги для другої насипу-виїмки складає 421 м. Підберемо для неї будівельну техніку, для цього визначимо з графіка межі пікетів. Початок буде у ПК 15+54,53, а кінець на ПК 19+75,53. Переходимо до поздовжнього профілю і визначаємо робочі відмітки на цій ділянці. Найбільші відмітки перевищують 5 метрів, отже в якості машин обираємо гусеничний екскаватор HYUNDAI R480LC-9S [12] і самоскид 20 м³ на базі шасі шасі MAN TGS 41.440 8X4 [13].

Щоб підрахувати про кількість машин, визначається їхня продуктивність на необхідній ділянці траси.

Експлуатаційна продуктивність екскаватора визначається за формулою:

$$P_e = \frac{3600 \cdot q_\epsilon \cdot k_\epsilon \cdot k_q}{a + b \cdot q_\epsilon}, \text{ м}^3 \quad (4.2) [11]$$

де 3600 – перехід від секунд до годин; q_ϵ – ємність ковша екскаватора, м^3 ; k_q – коефіцієнт використання екскаватора за часом; $a + b \cdot q_\epsilon$ – тривалість циклу екскавації, сек; k_ϵ – коефіцієнт використання ємності ковша [11].

Необхідна кількість самоскидів самоскида визначається за формулою:

$$N = \frac{\frac{2 \cdot l_{\text{сер}}}{V_{\text{сер}}} + t_n + t_{\text{рм}} + t_m}{t_n} + 1, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.3) [11]$$

де $l_{\text{сер}}$ - середня дальність возки ґрунту, яка визначається кривою об'ємів, м; $V_{\text{сер}}$ - середня швидкість руху автосамоскиду, м/хв; $t_{\text{рм}}$ - тривалість розвантаження з маневрами, хв; t_m - тривалість маневрів при навантаженні, хв; t_n - тривалість навантаження автосамоскиду, хв [11].

Ділянка, яка була обрана для прикладу, має дальність перевезення 421 м. Використовуючи технічну документація на машини [12][13] та підбираючи значення коефіцієнтів для формул 4.2 та 4.3 з літератури [11], визначається, що продуктивність екскаватора HYUNDAI R480LC-9S рівна 95,07 м^3 за годину. Робочий об'єм ґрунту націй ділянці складає 78,28 тис. м^3 . Отже, якщо взяти 3 екскаватори, що працюватимуть у дві зміни по 8,2 години з 4 самоскидами, то роботи будуть виконані менш ніж за 6 днів.

Для решти ділянок техніка підбирається аналогічно: визначається продуктивність і вже з неї підбирається кількість техніки.

Також можуть використовуватися бульдозери CAT D6 GC [14] та скрепери CAT 631G [15].

Експлуатаційна продуктивність бульдозера визначається за формулою:

$$P_e = \frac{3600 \cdot q \cdot k_n \cdot k_a \cdot k_b}{T_{\text{ц}}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4) [11]$$

де q – кількості ґрунту перед відвалом, м^3 ; k_n – коефіцієнт, що враховує втрати ґрунту від дальності транспортування; k_a – коефіцієнт, що враховує зміни

продуктивності залежно від кута нахилу місцевості до горизонту; k_B - коефіцієнт використання машини за часом; $T_{\text{ц}}$ час циклу, сек. [11].

Експлуатаційна продуктивність скрепера визначається за формулою:

$$P_e = \frac{3600 \cdot V \cdot k_H \cdot k_B}{T_{\text{ц}} \cdot k_p}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.5) [11]$$

де V – місткість ковша скрепера, м^3 ; k_H – коефіцієнт наповнення ковша ґрунтом; k_B - коефіцієнт використання машини у часі; $T_{\text{ц}}$ – тривалість циклу, сек.; k_p - коефіцієнт розпушення ґрунту в ковші скрепера [11].

Також представлено характер робіт вище перелічених машин.

Для скрепера найбільш доцільним буде гребінчастий спосіб різання ґрунту (рис 4.6) [18]. Цей спосіб найбільш ефективний при розробці глинистих і супіщаних ґрунтів. Коли починається набір ґрунту, ніж скрепера заглиблюється на максимальну глибину, на яку здатна потужність. Зі збільшенням навантаження на двигун, ніж зменшує заглиблення. Операція повторюється декілька разів. Це зменшує шлях набору і час циклу, забезпечує максимальне використання тяги на усьому шляху різання [18].



Рисунок 4.6 Гребінчастий спосіб різання

Також призначаються оптимальні схеми руху для скрепера:

еліптична схема при робочій відмітці до 2 м (рис 4.7) [18];

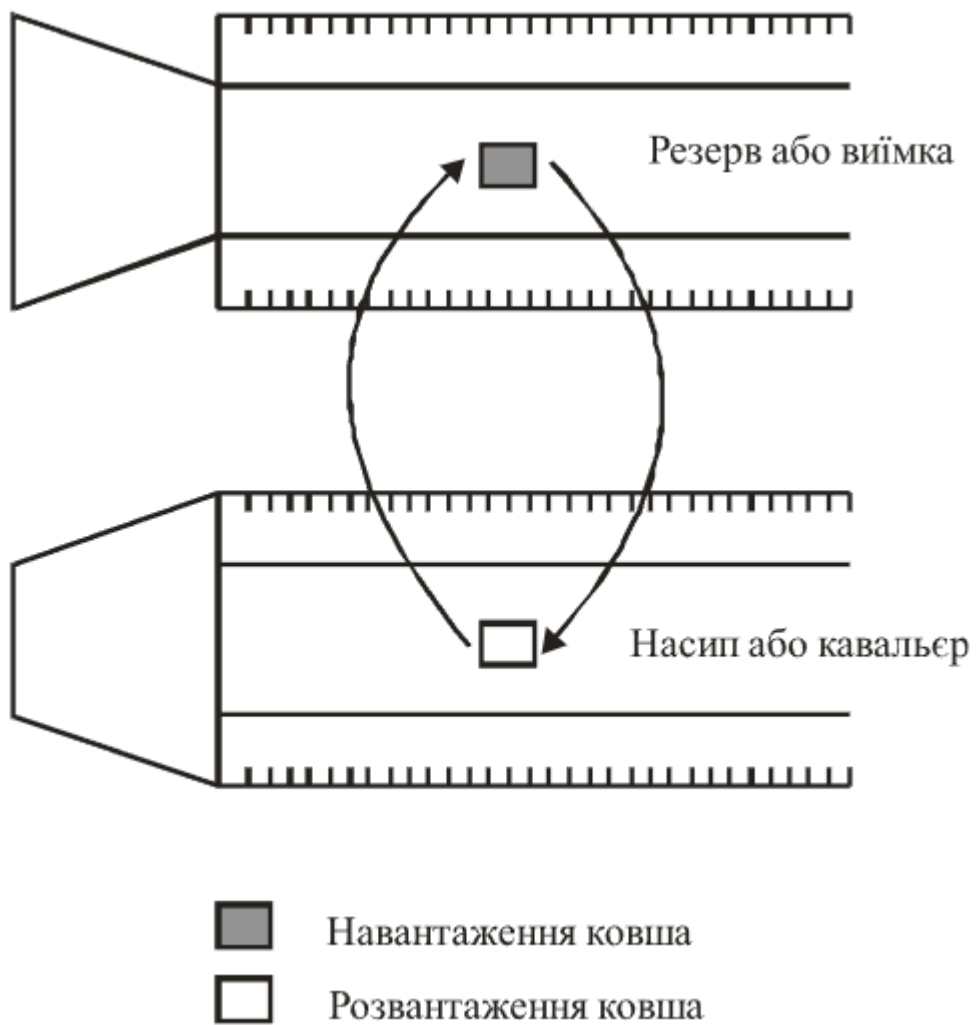


Рисунок 4.7 Еліптична схема руху

Схема руру вісімка при робочій відмітці більше 2 м (рис 4.8) [18].

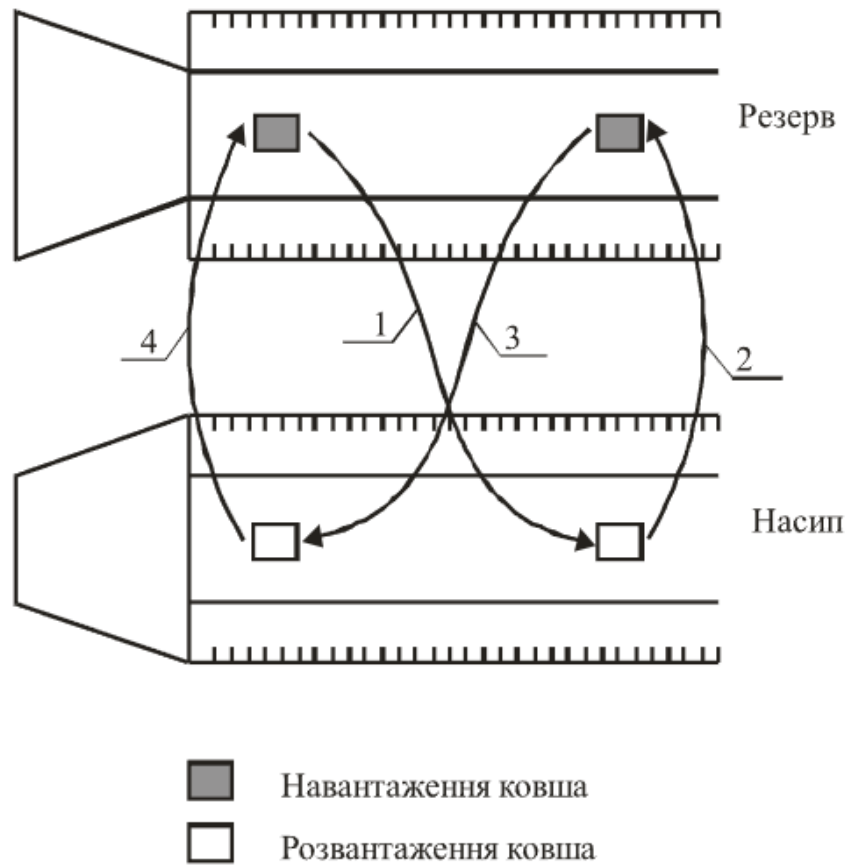


Рисунок 4.8. Схема руху «вісімка»

Для бульдозера також буде доцільний гребінчастий спосіб різання (див. рис. 4.6), а також якщо бульдозеру треба зрізати ґрунт на відстанях до 100 м, він може розбивати їх на менші ділянки по 20...25 м і влаштовувати на них проміжні вали, з поверненням у вихідне положення заднім ходом [11].

Для роботи екскаватора підходить боковий спосіб (рис. 4.9) [19]. За бокового способу екскаватор розробляє ґрунт попереду та з одного боку. А з іншого боку стоїть автосамоскид, він може бути на одному рівні з екскаватором або на різному рівні. Такий спосіб застосовують в глибоких виїмках та кар'єрах. Недолік цього способу – важкі умови маневрування для самоскида. Проте збільшується продуктивність.

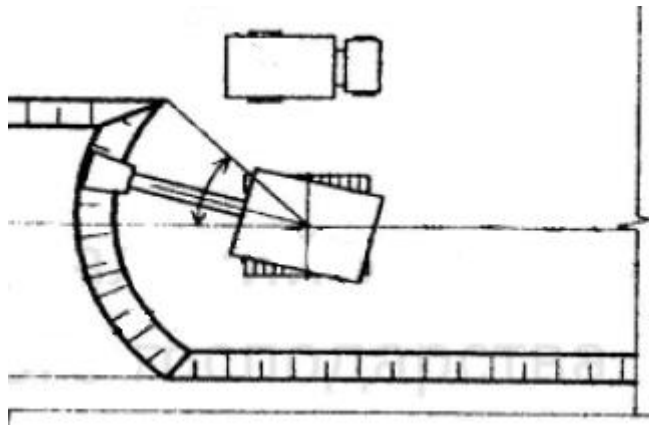


Рисунок 4.9. Боковий спосіб розробки

Складемо таблицю, до якої буде занесено кількість машин для кожної ділянки (табл. 4.1):

Таблиця 4.1

Відомість земляних робіт

№ ділянки	Спосіб розподілення	Дальність транспортування, м	Об'єм робіт, тис. м ³	Вид транспорту	Кількість, шт.
1	2	3	4	5	6
1	З кар'єру до насипу	2000	228,4	екскаватор	4
				самоскид	8
2	З виїмки до насипу	31,72	0,45	бульдозер	1
3	З виїмки до насипу	421	78,27	екскаватор	3
				самоскид	4
4	З виїмки до відвалу	2000	8,29	екскаватор	3
				самоскид	8
5	З виїмки до насипу	418,23	124,02	екскаватор	3
				самоскид	4
6	З виїмки до насипу	373,66	34,61	екскаватор	3
				самоскид	4
7	З кар'єру до насипу	2000	352,41	самохідний скрепер	2
				екскаватор	4
				самоскид	8
8	З виїмки до насипу	143,25	6,28	самохідний скрепер	2
9	З виїмки до насипу	156,37	11,49	самохідний скрепер	2
10	З виїмки до відвалу	2000	67,6	екскаватор	3
				самоскид	8
11	З виїмки до насипу	300,42	46,86	екскаватор	3
				самоскид	4
12	З виїмки до відвалу	2000	41,36	екскаватор	3
				самоскид	8

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
13	3 виїмки до насипу	273,86	23,05	самохідний скрепер	2
14	3 виїмки до насипу	404,82	34,16	самохідний скрепер	2
15	3 кар'єру до насипу	2000	263,13	самохідний скрепер	2
				екскаватор	4
				самоскид	8

Також в результаті складання кривої розподілу земляних мас, виявляється сумарний об'єм виїмок, що рівний 476,44 тис. м³ та об'єм насипів – 1203,13 тис. м³.

Наведено узагальнені дані по роботі у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Загальні характеристики ділянки дороги

№з/п	Параметр	Одиниці виміру	Величина
1	Загальна довжина запроектованої ділянки	км	10,19
2	Категорія дороги	-	I
3	Коефіцієнт розвитку лінії	-	1,12
4	Кількість поворотів траси	шт	3
5	Загальна протяжність кривих в плані	%	41,06
6	Мінімальний радіус кривих в плані	м	2000
7	Середній радіус кривих в плані	м	2666,67
8	Сума подоланих висот	м	54,1358
9	Найбільша проєктна відмітка	м	375,55
10	Найменша проєктна відмітка	м	307,06
11	Найбільша величина проєктного ухилу	‰	37
12	Мінімальна довжина елементу	м	13,36
13	Максимальна висота насипу	м	13,57
14	Максимальна глибина виїмки	м	11,9
15	Кількість штучних споруд мостів/труб	шт	18
16	Об'єм по насипу	тис. м ³	1203,13
17	Об'єм по виїмці	тис. м ³	476,44

ВИСНОВОК

В кваліфікаційній роботі запроєктовано ділянку траси для об'їзної автомобільної дороги I категорії на 4 смуги руху в місті Львів. Нова об'їзна дорога є необхідною для міста, адже розвантажить прогнозоване збільшення інтенсивності руху транспорту, як довкола міста, так і через нього.

Під час проектування плану, поздовжнього та поперечного профілю були дотримані вимоги з ДБН. Запроєктована ділянка має довжину 10,19 км, 3 колові криві (довжина яких 41,06 % від наявної траси), з мінімальним радіусом 2000 м, максимальний ухил поздовжнього профілю складає 37 ‰.

Також запроєктовано 18 штучних споруд у вигляді круглих розтрубних труб з конічним вихідним кільцем діаметрами 1,5 та 2 м, присутні одно- та багатоочкові.

Проведено роботу для побудови кривої розподілу земляних мас. В результаті, на основі об'ємів земляних мас, що необхідні для будівництва, їхня кількість та дальність транспортування, була підібрана будівельна техніка у вигляді: гусеничного екскаватора HYUNDAI R300NLC-9, самохідного скрепера CAT 631G, гусеничного бульдозера CAT D6 GC та самоскида 20 м² на базі шасі MAN TGS 41.440 8X4. Кількість машин визначалася, з величини їхньої продуктивності.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Державні будівельні норми України Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво : затв. Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, наказом від 21.09.2015 р. (№ 234). С. 112.
- 2) О. Філоненко «Північна об'їзна Львова: все, що варто знати про нову дорогу», Новини Львівщини. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://lviv.media/lvivshchyna/9082-pivnichna-ob-izna-lvova-korystuvachiv-prylehlykh-dilianok-prosiat-zibraty-vrozhai/>
- 3) Північну об'їзну дорогу Львова будуватимуть не менш, ніж чотири роки, Щоденний Львів. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://dailylviv.com/news/ekonomika/pivnichnu-obyiznu-dorohu-lvova-buduvatymut-nemenshe-nizh-chotyry-roky-95897>
- 4) Ґрунти Львівської області : колективна монографія / за ред. С. П. Позняка. – Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 424 с. ; 10 ілюстр. стор.
- 5) Основи проектування автомобільних доріг: Методичні рекомендації до виконання курсового проекту / А.О. Белятинський., Н.П. Шаравара, І.С. Клименко. – К.: НАУ, 2006 – 49 с.
- 6) Принципи нанесення проектної лінії на поздовжній профіль. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://studfile.net/preview/5303685/page:8/>
- 7) Проектування автомобільних доріг: навч. посібник / Б. І. Піндус, В. В. Гончаренко. – Горлівка: АДІ ДВНЗ ДонНТУ, 2013. – 244 с.
- 8) Проектування автомобільних доріг: методичні рекомендації до виконання курсового проекту / уклад. : О. С. Чернишова, О. В. Степанчук, О.М. Дубик.- НАУ. 2023. – 40 с.
- 9) Методичні вказівки до виконання курсового проекту, практичних занять та самостійної роботи на тему «Проектування плану міської вулиці», з дисципліни «Міські вулиці та дороги» для студентів напряму 6.060101 «Будівництво» денної та заочної форм навчання за професійним спрямуванням «Міське будівництво і господарство» / І. І. Гонгало, Рівне: НУВГП, 2010. – 31 с.

- 10) Вертикальні криві. Забезпечення видимості на вертикальних кривих. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://studfile.net/preview/5380092/page:3/>
- 11) Синтез землерийної і дорожньої техніки: підручник / Сукач М.К., Горбатюк, Є.В., Марченко О.А. // К: Ліра-К, 2017. – 376 с.
- 12) АЛЬФАТЕХ. Головна. Каталог. Екскаватор. Гусеничні екскаватори. Hyundai R480LC-9S. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://alfatech.com.ua/product/r480lc-9s-58>
- 13) КИЇВСПЕЦТЕХ. Головна. Каталог. Самоскиди. MAN. Самоскид 20 м³ на базі шасі MAN TGS 41.440 8X4 [Електронний ресурс]. Доступно: <https://kievspecteh.com/man/man-tgs-41-440-8x4>
- 14) ZEPPELIN. Головна. Каталог техніки. Бульдозери. Гусеничні бульдозери. Середні бульдозери. CAT D6 GS [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zeppelin.ua/products/seredni-gusenichni-buldozeri/d6-gc/>
- 15) ZEPPELIN. Головна. Каталог техніки. Скрепери. CAT 631 G. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zeppelin.ua/products/wheel-tractor-scrapers/631g/>
- 16) Зміна № 1 до ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво : затв. Мінрегіоном України, наказом від 26.03.2019 р. (№ 84). С. 30.
- 17) Зміна № 2 до ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво : затв. Міністерством розвитку громад та територій України, наказ від 22.10.2021. (№258). С. 30.
- 18) Погребняк А.В., Євтушенко А.В. Спорудження земельного полотна з використанням скреперних комплектів: Конспект лекцій з дисципліни «Комплексна механізація і автоматизація будівельних і колійних робіт». - Харків: УкрДАЗТ, 2008. - 29 с.
- 19) Методичні вказівки до виконання практичної роботи з дисципліни «Комплексна механізація в будівництві» для студентів за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форми навчання /Макарчук О.В., Маркова О.В. - Рівне: НУВГП, 2017. – 22

Розрахунок об'ємів земляного полотна

Тип	ПК	Робоч а відміт ка	Поперечна площа, м ²			Об'єм			
			Насип		Виймка	Пікет		Відстань, м	Значення Тис. м ³
			До 6 м	До 12 м		Від	До		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Н	0	0	-	-	-	0	1	100	2,71
Н	1	1,94	54,15	-	-	1	2	100	8,83
Н	2	3,96	122,5	-	-	2	3	100	20,14
Н	3	7,66	-	280,2	-	3	4	100	24,21
Н	4	6	204	-	-	4	5	100	20,79
Н	5	6,18	-	211,8	-	5	6	100	24,99
Н	6	7,82	-	288,06	-	6	7	100	25,21
Н	7	6,28	-	216,18	-	7	8	100	21,49
Н	8	6,22	-	213,54	-	8	9	100	22,68
Н	9	6,81	-	239,98	-	9	10	100	25,74
Н	10	7,55	-	274,85	-	10	11	100	21,25
Н	11	4,69	150,24	-	-	11	12	100	9,59
Н	12	1,52	41,47	-	-	12	12+43,35	43,35	0,9
Н-В	12+43,35	0	-	-	-	12+43,35	13	56,65	0,35
В	13	0,36	-	-	12,34	13	13+8,69	8,69	0,05
В-Н	13+8,69	0	-	-	-	13+8,69	14	91,31	5,21
Н	14	3,73	114,12	-	-	14	15	100	14,4
Н	15	5,28	173,82	-	-	15	16	100	21,35
Н	16	7,08		252,48	-	16	17	100	19,69
Н	17	4,46	141,34	-	-	17	18	100	12,38
Н	18	3,51	106,23	-	-	18	18+81,55	81,55	4,33
Н-В	18+81,55	0	-	-	-	18+81,55	19	18,45	0,38
В	19	1,27	-	-	41,32	19	20	100	23,96
В	20	9,87	-	-	437,86	20	21	100	49,89
В	21	11,84	-	-	559,93	21	22	100	53,6
В	22	11,09	-	-	512,09	22	23	100	44,71
В	23	8,9	-	-	382,04	23	24	100	28,66
В	24	5,7	191,24	-	-	24	24+75,6	75,6	7,23
В-Н	24+75,6	0	-	-	-	24+75,6	25	24,4	0,78
Н	25	2,26	64,16	-	-	25	26	100	23,38
Н	26	9,99	-	403,43	-	26	27	100	43,22
Н	27	10,97	-	460,94	-	27	28	100	35,95
Н	28	7,2	-	258,12	-	28	29	100	16,18
Н	29	2,3	65,44	-	-	29	30	100	3,27
Н-0	30	0	-	-	-	30	31	100	0
0-В	31	0	-	-	-	31	32	100	6,71
В	32	3,78	-	-	134,13	32	33	100	17,07
В	33	5,47	-	-	207,26	33	33+96,73	96,73	10,02
В-Н	33+96,73	0	-	-	-	33+96,73	34	3,27	0,01

Продовження Додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Н	34	0,17	4,29	-	-	34	35	100	4,86
Н	35	3,13	92,95	-	-	35	36	100	10,94
Н	36	4,05	125,85	-	-	36	37	100	8
Н	37	1,27	34,17	-	-	37	38	100	3,99
Н	38	1,66	45,63	-	-	38	39	100	6,77
Н	39	3,04	89,86	-	-	39	40	100	9,63
Н	40	3,41	102,69	-	-	40	41	100	8,07
Н	41	2,09	58,8	-	-	41	42	100	4,94
Н	42	1,47	39,99	-	-	42	43	100	2,34
Н	43	0,27	6,86	-	-	43	44	100	2,43
Н	44	1,53	41,76	-	-	44	45	100	8,25
Н	45	3,98	123,26	-	-	45	46	100	15,64
Н	46	5,66	189,55	-	-	46	47	100	17,36
Н	47	4,88	157,72	-	-	47	48	100	17,05
Н	48	5,51	183,29	-	-	48	49	100	28,02
Н	49	9,52	-	377,043	-	49	50	100	44,97
Н	50	11,96	-	522,44	-	50	51	100	46,21
Н	51	9,96	-	401,72	-	51	52	100	40,74
Н	52	10,16	-	413,16	-	52	53	100	41,95
Н	53	10,38	-	425,91	-	53	54	100	39,38
Н	54	9,24	-	361,69	-	54	55	100	22,71
Н	55	3,12	92,6	-	-	55	55+41,04	41,04	1,9
Н-В	55+41,04	0	-	-	-	55+41,04	56	58,96	2,18
В	56	2,21	-	-	73,86	56	56+92,41	92,41	3,41
В-Н	56+92,41	0	-	-	-	56+92,41	57	7,59	0,05
Н	57	0,48	12,36	-	-	57	58	100	4,42
Н	58	2,63	76,13	-	-	58	59	100	9,4
Н	59	3,67	111,95	-	-	59	59+59,41	59,41	3,33
Н-В	59+59,41	0	-	-	-	59+59,41	60	40,59	2,41
В	60	3,4	-	-	118,86	60	61	100	27,25
В	61	9,67	-	-	426,12	61	62	100	47,29
В	62	11,21	-	-	519,63	62	63	100	36,81
В	63	5,67	-	-	216,48	63	64	100	11,41
В	64	0,34	-	-	11,73	64	64+8,13	8,13	0,05
В-Н	64+8,13	0	-	-	-	64+8,13	65	91,87	5,75
Н	65	4,03	125,11	-	-	65	66	100	23,32
Н	66	8,86	-	341,29	-	66	67	100	17,06
Н-В	67	0	-	-	-	67	68	100	13,54
В	68	6,8	-	-	270,84	68	69	100	26,39
В	69	6,52	-	-	257,01	69	70	100	18,21
В	70	3,1	-	-	107,12	70	71	100	5,63
В	71	0,13	-	-	5,41	71	71+2,48	2,48	0,01
В-Н	71+2,48	0	-	-	-	71+2,48	72	97,52	6,03
Н	72	3,99	123,63	-	-	72	73	100	11,65
Н	73	3,6	109,44	-	-	73	73+77,48	77,48	4,24
Н-В	73+77,48	0	-	-	-	73+77,48	74	22,52	0,3

Продовження Додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
в	74	0,81	-	-	26,36	74	75	100	9,38
в	75	4,43	-	-	161,24	75	76	100	12,51
в	76	2,62	-	-	88,88	76	77	100	8,21
в	77	2,25	-	-	75,3	77	77+82,36	82,36	3,1
в-н	77+82,36	0	-	-	-	77+82,36	78	17,64	0,21
н	78	0,91	23,99	-	-	78	79	100	6,11
н	79	3,28	98,14	-	-	79	80	100	14,26
н	80	5,6	187,04	-	-	80	81	100	15,44
н	81	3,94	121,79	-	-	81	82	100	13,64
н	82	4,71	151,03	-	-	82	83	100	17,11
н	83	5,7	191,24	-	-	83	84	100	16,34
н	84	4,31	135,61	-	-	84	85	100	9,18
н	85	1,74	48,04	-	-	85	86	100	4,34
н	86	1,43	38,82	-	-	86	87	100	5,36
н	87	2,39	68,32	-	-	87	88	100	9,19
н	88	3,77	115,57	-	-	88	89	100	16,52
н	89	6,25	-	214,86	-	89	90	100	21,99
н	90	6,48	-	225,04	-	90	91	100	16,26
н	91	3,34	100,23	-	-	91	92	100	9,95
н	92	3,3	98,84	-	-	92	93	100	12,61
н	93	4,77	153,38	-	-	93	94	100	21,53
н	94	7,6	-	277,28	-	94	95	100	28,12
н	95	7,76	-	285,1	-	95	96	100	22,95
н	96	5,28	173,82	-	-	96	97	100	12,42
н	97	2,58	74,48	-	-	97	98	100	7,01
н	98	2,31	65,75	-	-	98	99	100	5,24
н	99	1,44	39,11	-	-	99	100	100	3,77
н	100	1,34	36,19	-	-	100	101	100	7,57
н	101	3,76	115,21	-	-	-	-	-	-

Примітка: в – виїмка; н – насип; в-н – перехід від виїмки до насипу; н-в – перехід від насипу до виїмки.