



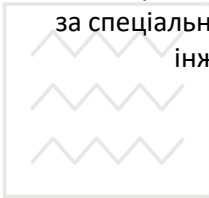
Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра теоретичної механіки, інженерної графіки
та машинознавства

02-05-93

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з навчальної дисципліни «Інженерна графіка»
(Змістовий модуль 2. Проекції з числовими позначками)
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво, водна
інженерія та водні технології» денної
і заочної форм навчання



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рекомендовано
науково-методичною комісією
зі спеціальності
194 «Гідротехнічне будівництво,
водна інженерія та водна
технологія»
Протокол № 3 від 29.01.2019 р.

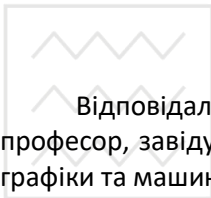
Рівне – 2019



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Інженерна графіка» (Змістовий модуль 2. Проекції з числовими позначками) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» денної і заочної форм навчання / Кривцов В. В. – Рівне : НУВГП, 2018. – 85 с.

Укладач: Кривцов В. В. – канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Відповідальний за випуск – М. М. Козяр, доктор пед. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної механіки, інженерної графіки та машинознавства

© Кривцов В. В., 2019

© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2019



ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Лекція 1. Суть методу проєкцій з числовими позначками.	
Проекціювання точки та прямої лінії.....	5
1.1. Суть методу проєкцій з числовими позначками. Проекціювання точки.	
Масштаб.....	5
1.2. Проекціювання прямої лінії. Закладання, підйом, нахил та інтервал прямої лінії.....	8
1.3. Градуювання прямої лінії.....	14
Лекція 2. Проекціювання площин та поверхонь.....	23
2.1. Проекції площини.....	23
2.2. Градуювання площини.....	28
2.3. Поверхня однакового ухилу.....	34
2.4. Проекції земної (топографічної) поверхні.....	40
Лекція 3. Площина.....	42
3.1. Перетин площин.....	42
3.2. Перетин прямої лінії з площиною.....	48
3.3. Перетин поверхні з прямою лінією.....	52
3.4. Перетин поверхні з площиною.....	55
Лекція 4. Взаємний перетин поверхонь.....	71
4.1. Визначення точок нульових робіт.....	71
4.2. Побудова меж земляних робіт греблі.....	78
4.3. Побудова меж земляних робіт будівельного майданчика.....	82
Список використаної та рекомендованої літератури.....	85



ВСТУП

Проектування земляних споруд промислового та цивільного будівництва (котловани, траншеї), гідротехнічних (греблі, дамби, набережні, ковші портів), меліоративних (водоутримуючі споруди, водопадаючі, розподільчі, обводнювальні, зрошувальні та осушувальні канали, очисні споруди), дорожніх (земляні полотна для залізничних та автомобільних доріг, кювети) та інших ґрунтуються на інформації про земну поверхню. Зображення таких споруд, а також читання та виконання відповідних креслень потребує знань спеціального методу, який отримав назву методу проєкцій з числовими позначками. У геодезії за допомогою цього методу зображають рельєф місцевості, що дозволяє виконувати інженерно-геодезичну розвідку і розбивку споруд, а в гірництві та геології – вирішувати різноманітні метричні задачі.

Основні переваги методу проєкцій з числовими позначками: простота в побудові зображення об'єкта (ортогональне проєкціювання споруд тільки на одну площину проєкцій); зручність у визначенні висотних розмірів споруд, поданих у вигляді числових позначок його характерних точок, і відносна простота розв'язування метричних задач.

Основні положення методу проєкцій з числовими позначками проілюстровані великою кількістю рисунків, розв'язано багато практичних задач з різних тем, що значно полегшує студентам задачу оволодіння цим методом.

Знання, отримані студентами під час вивчення методу проєкцій з числовими позначками, знадобляться їм при виконанні курсових та дипломних проєктів, опануванні спеціальними дисциплінами.



ЛЕКЦІЯ 1. СУТЬ МЕТОДУ ПРОЕКЦІЙ З ЧИСЛОВИМИ ПОЗНАЧКАМИ. ПРОЕКЦІЮВАННЯ ТОЧКИ ТА ПРЯМОЇ ЛІНІЇ

1.1. Суть методу проєкцій з числовими позначками.

Проекціювання точки. Масштаб

1.2. Проекціювання прямої лінії. Закладання, підйом, нахил та інтервал прямої лінії

1.3. Градуювання прямої лінії

1.1. Суть методу проєкцій з числовими позначками.

Проекціювання точки. Масштаб

Сутність методу проєкцій з числовими позначками полягає в тому, що об'єкт, наприклад, ділянка земної поверхні, ортогонально проєкціюється тільки на одну, як правило, горизонтальну площину проєкцій. При цьому оберненість креслення досягається тим, що поряд з проєкціями характерних точок об'єкта проставляють числові позначки, які вказують, на скільки одиниць довжини віддалені ці точки від горизонтальної площини проєкцій.

Розглянемо суть методу проєкцій з числовими позначками на прикладі проєкціювання точки.

Задача. Побудувати прямокутні ізометричні проєкції точок в масштабі 1:100 за їх координатами в метрах: $A(2, 1, 3)$, $C(1, 2, 0)$.

Розв'язування (рис. 1.1):

Прямокутну ізометрію точки за її координатами будемо способом «координатної ламаної».

Для побудови прямокутної ізометрії точки A .

1. Від точки O по осі x відкладаємо відрізок $OA_x = 2$ м.

2. З точки A_x проводимо пряму паралельно осі y і відкладаємо відрізок, що чисельно дорівнює координаті y точки A , тобто 1 м.

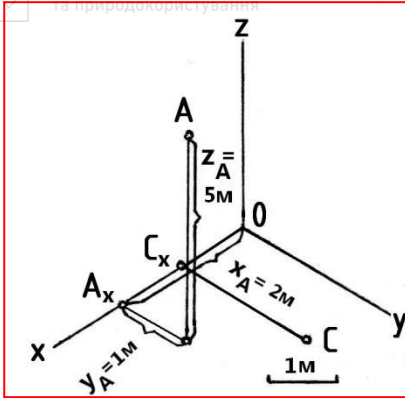


Рис. 2.1. Побудова прямокутних ізометричних проєкцій точок за їх координатами

відрізка координатної ламаної: по осі x – $OC = 1$ м і паралельно осі y – $C_xC = 2$ м. Через осі x і y , які розміщені горизонтально (рис. 1.2), проводимо горизонтальну площину нульового рівня π_0 . Далі фіксуємо на π_0 горизонтальні проєкції A' і C' точок A і C . Оскільки точка C лежить в горизонтальній площині π_0 , то її горизонтальна проєкція збігається із самою точкою ($C \equiv C'$).

В проєкціях з числовими позначками проєкціювання здійснюється на одну горизонтально розміщену площину π_0 , що дозволяє визначити тільки дві координати точок A і C – це координати x і y . Для того, щоб креслення в проєкціях з числовими позначками було оберненим, потрібно мати значення третьої відсутньої координати z . Її відсутність на кресленні (рис. 1.2) компенсується тим, що поруч з горизонтальною проєкцією точок проставляють числа – числові позначки, які вказують на скільки одиниць довжини віддалені точки від горизонтальної площини π_0 (висоти точок відносно π_0), тобто по суті фіксуються у вигляді числових позначок координати z цих точок.

3. Від кінця відрізка проводимо пряму, паралельно осі z , і відкладаємо відрізок, що чисельно дорівнює координаті z точки A , тобто 3 м, і фіксуємо точку A .

Побудову прямокутної ізометрії точки C виконуємо аналогічно. Проте, враховуючи, що координата z цієї точки дорівнює 0 , вертикальну пряму не проводимо, а точку C фіксуємо, провівши тільки два

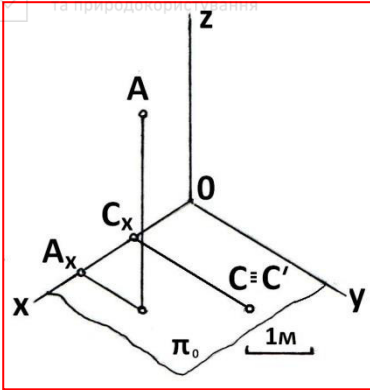


Рис. 1.2. Позначення на площині нульового рівня π_0 горизонтальних проекцій

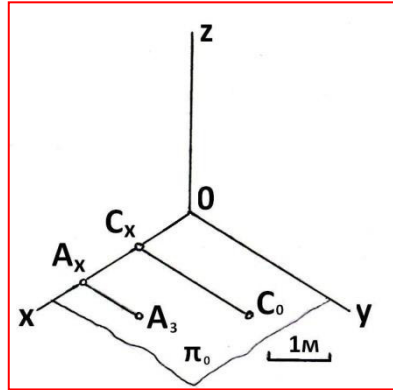


Рис. 1.3. Позначення числових позначок поруч з горизонтальними проекціями

Оскільки всі проекції точок об'єкта на площину π_0 є горизонтальними, то коли позначають горизонтальні проекції точок. «штрих» не ставлять (рис. 1.3).

Площину π_0 разом з розміщеними на ній проекціями точок сумістимо з площиною креслення. Отримане креслення (рис. 1.4) називають планом або кресленням в проекціях з числовими позначками.

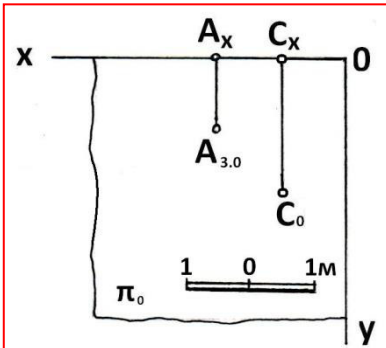


Рис. 1.4. Визначення двох координат точки за її одною проекцією

Особливістю креслень в проекціях з числовими позначками є те, що розміри на них, як правило, не проставляють. Відсутність розмірів замінюють нанесенням масштабу, в якому виконане креслення. Тому неодмінною умовою будь-якого креслення, виконаного в проекціях з числовими позначками, є наявність на ньому масштабу – числового



або лінійного.

Масштабом називається відношення довжини лінії на плані до відповідної довжини проєкції цієї лінії на місцевості, наприклад, на ділянці земної поверхні. Це абстрактне число – правильний дріб.

Для зручності користування і порівняння всі масштаби мають однаковий вигляд: чисельником дробу завжди є одиниця, а знаменник при цьому безпосередньо виражає ступінь зменшення. Такий масштаб називається числовим, наприклад: 1/100 (1:100); 1/200 (1:200) 1/500 (1:500); 1/1000 (1:1000) тощо. Числовий масштаб дає загальну характеристику ступеня зменшення і не завжди зручний для практичних цілей.

Для побудови планів або визначення довжини відрізків, узятих з плану, використовують лінійний масштаб, який наносять на плані у вигляді масштабної шкали (рис. 1.5).

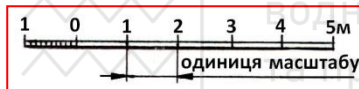


Рис. 1.5. Лінійний масштаб, що відповідає числовому 1:100

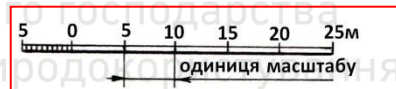


Рис. 1.6. Лінійний масштаб, що відповідає числовому 1:500

Зображений на рис. 1.5 лінійний масштаб відповідає числовому 1:100, а на рис. 1.6 – масштабу 1:500. Основа лінійного масштабу – це відрізок довжиною 10 мм (рис. 1.5, 1.6). Основу масштабу, розміщену ліворуч від нульової точки, як правило, ділять на десять рівних частин, кожна з яких відповідає 0,1 м на місцевості для масштабу 1:100 (рис. 1.13) або 0,5 м для масштабу 1:500 (рис. 1.14). Це дає змогу робити вимірювання на плані з точністю до 0,1 м (масштаб 1:100), або з точністю 0,5 м (масштаб 1:500).

1.2. Проекціювання прямої лінії. Закладання, підйом, нахил та інтервал прямої лінії



Спроекціюємо дві довільні точки A та B даної прямої n (рис. 1.7) на основну площину π_0 . Причому висоти точок A та B ,

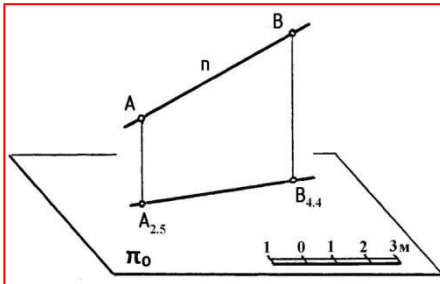


Рис. 1.7. Проекціювання прямої n на площину π_0

відповідно, дорівнюють 2,5 та 5,4 м. Поряд з горизонтальними проєкціями точок A та B проставимо їх числові позначки, що дорівнюють висотам цих

точок. Пряма, проведена через точки $A_{2,5}$ та $B_{5,4}$, буде проєкцією тільки однієї прямої в просторі.

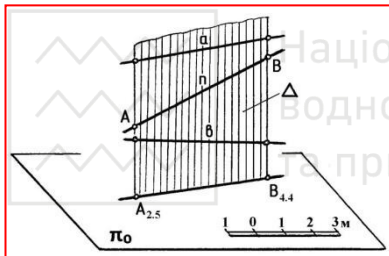


Рис. 1.8. Проекціювання прямих, що лежать в одній вертикальній площині Δ

Дійсно, якщо не вказати числові позначки 2.5 і 4.4 точок A і B прямої n , то її горизонтальна проєкція може бути проєкцією безлічі прямих, наприклад прямих a і b (рис. 1.8), що розміщені в вертикальній площині Δ , яка проходить через пряму n . Для неї горизонтальна проєкція

прямої n є горизонтальним слідом (слідом – проєкцією).

Отже, в проєкціях з числовими позначками пряма загального положення може бути задана проєкціями будь-яких двох її незбіжних (нетотожних) точок з обов'язковим вказуванням їх числових позначок (рис 1.9).

У горизонтальній проєкції

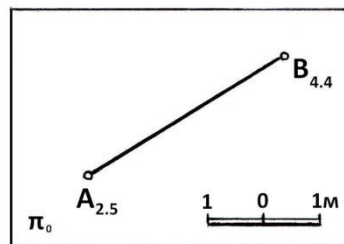


Рис. 1.9. Зображення прямої загального положення

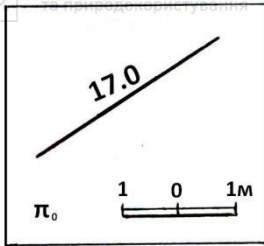


Рис. 1.10. Зображення горизонтальної прямої

числові позначки будь-яких двох її точок однакові, тому таку пряму можна зобразити на плані горизонтальною проекцією із зазначенням числової позначки прямої. На рис 1.10 на плані зображена горизонтальна пряма, що має числову позначку 17.

Прямі на плані можуть бути задані також іншими способами.

При розв'язанні багатьох задач у проекціях з числовими позначками використовують такі поняття та визначення: закладання, підйом, нахил та інтервал прямої. Для їх з'ясування розглянемо рис. 1.11, де показані наочне зображення прямої AB та її проекції на площині нульового рівня π_0 . Пряма в просторі побудована за її проекцією. Точка A прямої AB віддалена від площини π_0 на 2,5 м, а точка B – на 4,4 м.

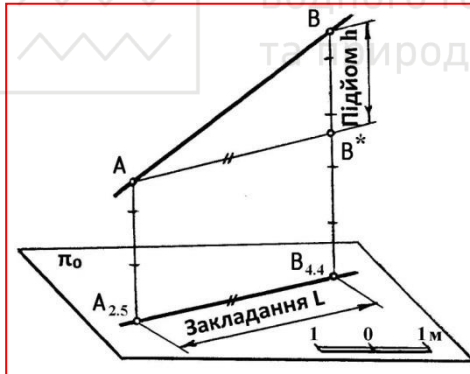


Рис. 1.11. До визначення підйому та закладання відрізка прямої

В проекціях з числовими позначками довжина горизонтальної проекції відрізка прямої на площині нульового рівня називається **закладанням** цього відрізка і позначається буквою L (рис. 1.11).

Різниця числових позначок точок-кінців відрізка прямої

називається **підйомом** або **перевищенням** цього відрізка прямої і позначається буквою h (рис. 2.5). Для відрізка AB прямої $h = 4,4 - 2,5 = 1,9$ м.

Нахилом або **уклоном** прямої i називається відношення підйому будь-якого відрізка прямої до його закладання:



$i = \frac{h}{L}$. Оскільки кут α , утворений прямою і її проекцією на основну площину π_0 , є кутом нахилу прямої до площини π_0 (рис. 2.6,), то нахил прямої дорівнює тангенсу кута α : $i = \operatorname{tg} \alpha = h/L$.

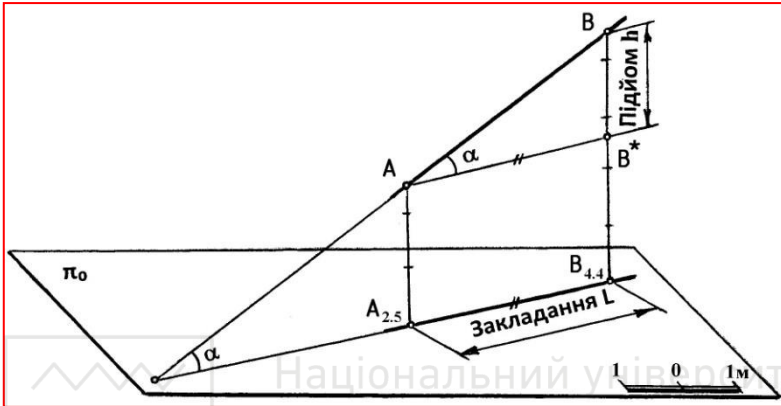


Рис. 1.12. До визначення нахилу прямої з використанням кута нахилу α

Таким чином, щоб знайти нахил прямої, потрібно на цій прямій взяти відрізок, визначити його підйом та закладання, поділити ці величини одна на одну. Отримане відношення дасть нахил прямої.

Нахил прямої задається в десяткових дробах або у вигляді відношення $1: k$, де k – будь-яке додатне число.

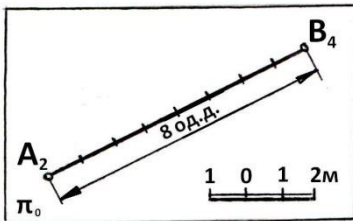


Рис. 1.13. До визначення нахилу прямої

довжини горизонтальної проекції відрізка AB). Тоді нахил



прямої $i = h : L = 2 : 8 = 1:4$. Тобто нахил прямої AB в десяткових дробах дорівнює $i = 0,25$, а у вигляді відношення $1: k - i = 1:4$.

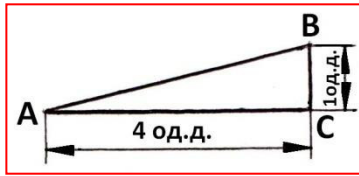


Рис. 1.14. Наочне зображення нахилу (1:4) прямої AB

Щоб краще уявити, що означає нахил прямої 1:4, треба побудувати прямокутний трикутник (рис. 1.14), у якого вертикально розміщений катет дорівнює одиниці довжини, а горизонтально розміщений – 4 одиницям довжини. Тоді гіпотенуза цього трикутника, тобто дана пряма, буде мати нахил до горизонтальної площини проєкції 1:4, (горизонтальний катет AC дорівнює довжині горизонтальної проєкції відрізка прямої AB , а вертикальний катет BC чисельно дорівнює підйому відрізка AB).

Нехай потрібно через точку A_{24} провести горизонтальну проєкцію прямої AB , що має нахил 1:5, в напрямі, заданому стрілкою (рис. 1.15).

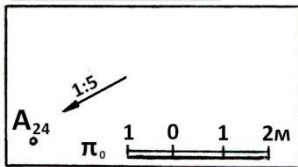


Рис. 1.15. До побудови через точку A_{24} прямої з нахилом 1:5

Розв'язок цієї задачі наведено на рис. 1.16. Стрілка завжди спрямована в бік точок прямої з меншою числовою позначкою і паралельна до горизонтальної проєкції прямої. Тому з точки A_{24} відкладаємо відрізок довжиною 5 одиниць довжини, паралельно напрямку, зазначеному стрілкою. В кінці відрізка фіксуємо точку B_{25} . Таким чином, відрізок $A_{24}B_{25}$ задає пряму AB , що має нахил 1:5.

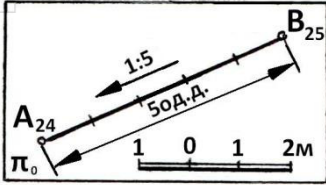


Рис. 1.16. Розв'язок задачі з початковою умовою, наведеною на рис. 1.15

Наприклад: $1\text{‰} = 0,1\% = 1 : 1000 = 0.001$; $10\text{‰} = 1\% = 1 : 100 = 0.01$; $50\text{‰} = 5\% = 1 : 20 = 0.05$.

Щоб перейти від задання нахилу прямої у вигляді відношення $1:k$ до задання нахилу в процентах, потрібно відношення $\frac{1}{k}$ помножити на 100% . Наприклад, нахилу $1:5$

відповідає 20% ($\frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$). Навпаки, для переходу від задання нахилу в процентах до задання нахилу прямої у вигляді відношення $1:n$ потрібно задану величину в процентах поділити на 100% . Наприклад, нахилу в 25% відповідає нахил $1:4$ ($\frac{25\%}{100\%} = 25\% : 25\% / 100\% : 25\% = \frac{1}{4} = 1:4$).

Розглянемо рис. 1.17, який є видозміненим рис. 1.11. На проекціюючій вертикальній прямій $B-B_{4.4}$ зазначимо точки, які віддалені від площини π_0 на 3 і 4 м. Через точку 3 проведемо пряму, паралельну до $A_{2.5}B_{4.4}$. Ця пряма перетне пряму AB в точці C , яка віддалена від площини π_0 на 3 м. Спроеціювавши точку C на площину π_0 , отримаємо на горизонтальній проекції прямої AB точку $C_{3.0}$. Таким саме чином через точку 4 проведемо пряму, паралельну до $A_{2.5}B_{4.4}$. Отриману точку D спроеціюємо на площину π_0 і зазначимо на $A_{2.5}B_{4.4}$ точку $D_{4.0}$.

Відрізок CD має підйом, що дорівнює 1 м ($H_D - H_C = 4 - 3 = 1$ м).

Довжина горизонтальної проекції відрізка прямої, підйом якого дорівнює одиниці довжини, називається **інтервалом прямої** і позначається буквою l (рис. 1.17). Інтервал прямої дорівнює відношенню довжини закладання відрізка прямої до

Нахил вказують також в процентах (позначається «%») або в проміле (позначається «‰»). Проміле – одна тисячна будь-якого числа, а процент – сота частина

будь-якого числа, тобто проміле – це десята частина процента.

Наприклад: $1\text{‰} = 0,1\% = 1 : 1000 = 0.001$; $10\text{‰} = 1\% = 1 : 100 = 0.01$; $50\text{‰} = 5\% = 1 : 20 = 0.05$.

Щоб перейти від задання нахилу прямої у вигляді відношення $1:k$ до задання нахилу в процентах, потрібно відношення $\frac{1}{k}$ помножити на 100% . Наприклад, нахилу $1:5$

відповідає 20% ($\frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$). Навпаки, для переходу від задання нахилу в процентах до задання нахилу прямої у вигляді відношення $1:n$ потрібно задану величину в процентах поділити на 100% . Наприклад, нахилу в 25% відповідає нахил $1:4$ ($\frac{25\%}{100\%} = 25\% : 25\% / 100\% : 25\% = \frac{1}{4} = 1:4$).

Розглянемо рис. 1.17, який є видозміненим рис. 1.11. На проекціюючій вертикальній прямій $B-B_{4.4}$ зазначимо точки, які віддалені від площини π_0 на 3 і 4 м. Через точку 3 проведемо пряму, паралельну до $A_{2.5}B_{4.4}$. Ця пряма перетне пряму AB в точці C , яка віддалена від площини π_0 на 3 м. Спроеціювавши точку C на площину π_0 , отримаємо на горизонтальній проекції прямої AB точку $C_{3.0}$. Таким саме чином через точку 4 проведемо пряму, паралельну до $A_{2.5}B_{4.4}$. Отриману точку D спроеціюємо на площину π_0 і зазначимо на $A_{2.5}B_{4.4}$ точку $D_{4.0}$.

Відрізок CD має підйом, що дорівнює 1 м ($H_D - H_C = 4 - 3 = 1$ м).

Довжина горизонтальної проекції відрізка прямої, підйом якого дорівнює одиниці довжини, називається **інтервалом прямої** і позначається буквою l (рис. 1.17). Інтервал прямої дорівнює відношенню довжини закладання відрізка прямої до

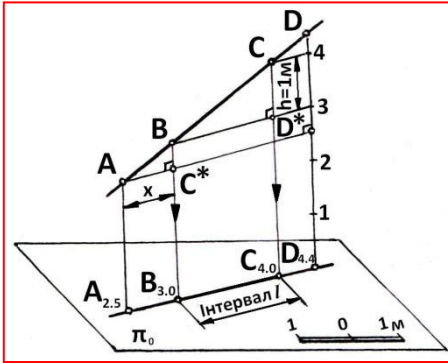


Рис. 1.17. До визначення інтервалу прямої та формули для аналітичного способу її градуювання

Оскільки $i = h/L$, а $l = k \cdot L/h$, то $i = 1 : l/k$, тобто нахил та інтервал прямої – взаємно обернені величини.

Якщо $l = 2$ м, то $i = 1 : l/k = 1 : \frac{2\text{м}}{1\text{м}} = 1 : 2$. Якщо $i = 1 : 2$,

то $l = 2\text{м} \left(\frac{l}{k} = 2 \right)$, то $l = 2 \cdot 1\text{м} = 2\text{м}$.

його підйому: $l = k \cdot L/h$,

де L – закладання відрізка, м; h – підйом відрізка, м; k – розмірний коефіцієнт ($k = 1$ м).

При $h = 1$ м інтервал прямої чисельно дорівнює закладанню: $l = L$. Тому інше означення інтервалу

прямої: довжина закладання відрізка прямої, підйом якого дорівнює одиниці довжини.

1.3. Градування прямої лінії

Гradування прямої – це визначення на прямій лінії положення точок, що мають цілі числові позначки. Оскільки на планах зображують горизонтальні проєкції об'єктів, то градування прямої на плані зводиться до визначення на горизонтальній проєкції прямої положення проєкцій її точок, що мають цілі числові позначки.



1.3.1. Аналітичний спосіб градуювання прямої лінії

Виведемо формулу, за допомогою якої можна визначити положення точки з шуканою числовою позначкою. Для цього скористаємося рис. 1.17, де точка C з числовою позначкою 3 (шукана точка) віддалена від точки A з відомою числовою позначкою 2.5 на відстань x . На рис. 1.17 прямокутні трикутники ACC^* і CDD^* є подібними, оскільки відповідні катети трикутників паралельні між собою, а гіпотенузи лежать на одній спільній прямій. У подібних прямокутних трикутниках однакове за величиною відношення катетів, тобто $AC^*/CC^* = CD^*/DD^*$.

Підставляємо в зазначену пропорцію величини, взяті з рис. 1.17: $x/h_{AC} = l/1$, де h_{AC} – підйом відрізка AC , l –

інтервал прямої. Звідси положення шуканої точки C відносно точки A з відомою числовою позначкою визначається за формулою $x = h_{AC} \cdot l$.

Таким чином, відстань x від точки з шуканою числовою позначкою до точки прямої з відомою числовою позначкою визначається за формулою:

$$x = h \cdot \frac{l}{k}, \quad (1.1)$$

де h – підйом відрізка прямої між точками з шуканою і відомою числовими позначками; l – інтервал прямої; $k = 1\text{ м}$.

Задача. Проградуювати аналітичним способом пряму AB (рис. 1.18).

Розв'язок (рис. 1.19):

1. Відстань x від точки C з числовою позначкою 3.0 до точки A з числовою позначкою 2.5 визначаємо за формулою $x = h_{AC} \cdot \frac{l}{k}$, де h_{AC} – різниця числових позначок між точками C і A ($h_{C,A} = 3,0 - 2,5 = 0,5 \text{ м}$), l – інтервал прямої, $k = 1\text{ м}$.

2. Визначаємо інтервал даної прямої за формулою $l = k \cdot \frac{L_{B,A}}{h_{B,A}}$, де $k = 1\text{ м}$; $L_{B,A}$ – закладання відрізка AB ; $h_{B,A}$ –

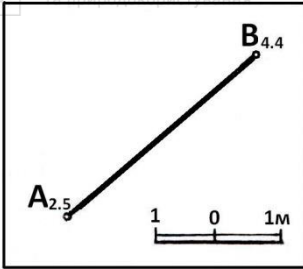


Рис. 1.18. До задачі
градуювання прямої $A_{2.5}B_{4.4}$
аналітичним способом

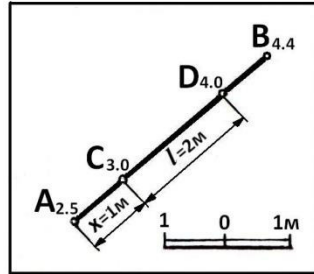


Рис. 1.19. Розв'язок задачі з
початковою умовою,
наведеною на рис. 1.18

підйом відрізка AB . Для нашого випадку, з урахуванням масштабу, маємо: $L_{B,A} = 3.8$ м (вимірюємо лінійкою довжину відрізка AB); $h_{B,A} = 4,4 - 2,5 = 1,9$ м, тобто інтервал l прямої AB дорівнює: $l = 1м \cdot \frac{3.8м}{1.9м} = 2м$.

3. Підставляємо величину l в формулу п. 1, маємо:
 $x = 0,5\epsilon \cdot \frac{2\epsilon}{1\epsilon} = 1\epsilon$.

4. Точка D з числовою позначкою 4.0 розміщена від точки C з числовою позначкою 3.0 на відстані інтервалу l , тобто 2 м.

Задача. Проградуювати пряму (рис. 1.20).

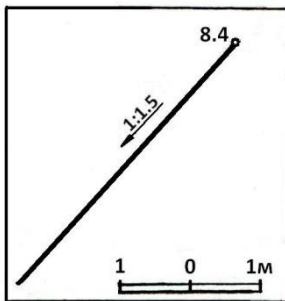


Рис. 1.20. До задачі
градуювання прямої
аналітичним
способом

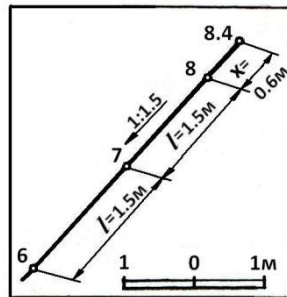


Рис. 1.21. Розв'язок
задачі з початковою
умовою, наведеною на
рис. 1.20



Розв'язок (рис. 1.21):

1. Точка з числовою позначкою 8 розміщена від точки з числовою позначкою 8.4 на відстані x , що визначається за формулою $x = h_{8,4,8} \cdot \frac{l}{k}$, де $h_{8,4,8} = 8,4 - 8 = 0,4$ м; l – інтервал прямої ($l = 1,5$ м), $k = 1$ м, тобто $x = 0,4 \text{ ґ} \cdot \frac{1,5 \text{ ґ}}{1 \text{ ґ}} = 0,6 \text{ ґ}$.

2. Точки з числовими позначками 7 і 6 розміщені від точки 8 і між собою на відстані інтервалу прямої l , тобто 1,5 м.

Задача. Проградуювати пряму (рис. 1.22).

Розв'язок (рис. 1.23): 1. Оскільки стрілка направлена в бік точок з меншими числовими позначками, то найближчою від точки 8.4 буде точка з цілою числовою позначкою 9, яка розміщена від точки 8.4 на відстані x , що визначається за формулою $x = |8,4 - 9| \text{ ґ} \cdot \frac{1,5 \text{ ґ}}{1 \text{ ґ}} = 0,9 \text{ ґ}$.

2. Точки з числовими позначками 10 і 11 розміщені від точки 9 і між собою на відстані інтервалу прямої l , тобто на 1,5 м.

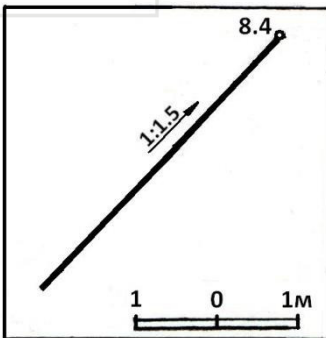


Рис. 1.22. До задачі градуювання прямої аналітичним способом

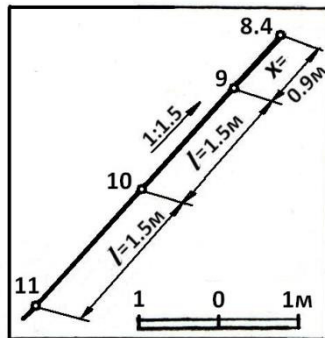


Рис. 1.23. Розв'язок задачі з початковою умовою, наведеною на рис. 1.22



1.3.2. Градування прямої способом профілю

За цим способом будують профіль прямої. В проекціях з числовими позначками під профілем розуміють ортогональну проекцію об'єкта на вертикальну площину. На рис. 1.24 пряму AB проєкціюємо на вертикальну площину π . Ортогональна проєкція \overline{AB} прямої AB і буде профілем прямої AB на вертикальній площині π .

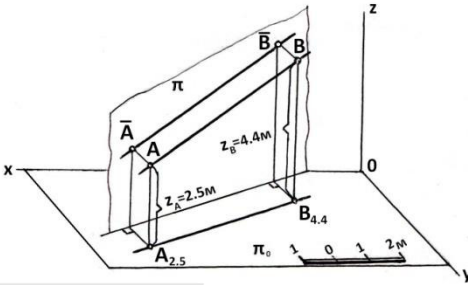


Рис. 1.24. До визначення профілю прямої

профіль будують суміщений з площиною нульового рівня або з іншою горизонтальною площиною профіль прямої (рис. 1.25), причому висоти точок (координати z) відкладають або, як правило, в масштабі плану, або з метою більш точного градування прямої в більшому масштабі. Потім в площині π проводять низку паралельних прямих, розміщених

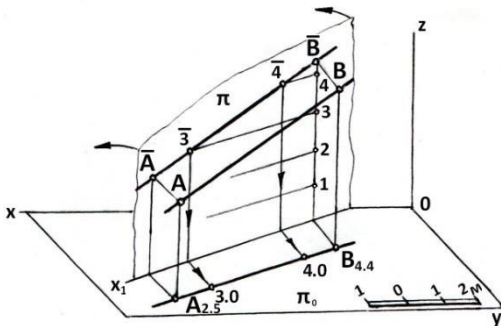


Рис. 1.25. До градування прямої способом профілю

одна від одної на відстані, що дорівнює одиниці масштабу, який використовують для побудови профілю. Ці прямі приймають за лінії рівня з цілочисловими

відмітками. Фіксують точки перетину ліній рівня площини π з профілем відрізка прямої. Спроекціювавши зазначені точки



профілю прямої на проекцію прямої в площині π_0 або в іншій горизонтальній площині, отримуємо на плані проекцію прямої з точками, що мають цілі числові позначки, тобто виконаємо таким чином операцію градуювання прямої в межах даного відрізка.

На рис. 1.25 лінії рівня з числовими позначками 3 і 4, що проведені в площині π , перетинають профіль \overline{AB} в точках $\overline{3}$ і $\overline{4}$. Проекціюючи ці точки на $A_{2.5}B_{4.4}$, отримуємо на горизонтальній проекції прямої AB положення точок, що мають значення цілих числових позначок 3 і 4.

На рис. 1.26 показано розв'язок задачі на градуювання відрізка AB прямої способом профілю.

1. Будуємо суміщений з площиною нульового рівня π_0 профіль \overline{AB} відрізка прямої AB , відкладаючи від осі x_1 висоти (координати z) точок A і B в масштабі плану (в даній задачі x_1 – лінію перетину вертикальної площини π з площиною π_0 – проведено паралельно до $A_{2.5}B_{4.4}$).

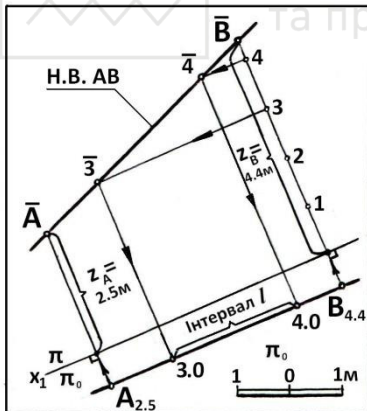


Рис. 1.26. Градування прямої $A_{2.5}B_{4.4}$ способом профілю

2. На прямій $B_{4.4}\overline{B}$ позначаємо точки, що віддалені від осі x_1 на відстані 1, 2, 3, 4 м.

3. Через точки 3 і 4 проводимо паралельно до осі x_1 лінії рівня з числовими позначками 3 і 4.

4. Фіксуємо на \overline{AB} точки $\overline{3}$ і $\overline{4}$ – точки перетину ліній рівня 3 і 4 з профілем \overline{AB} ;

5. Точки $\overline{3}$ і $\overline{4}$ проєціюємо на горизонтальну проєкцію $A_{2.5}B_{4.4}$, і отримуємо проєкції точок прямої з числовими позначками 3.0 і 4.0. Оскільки вісь x_1 паралельна



горизонтальній проекції прямої ($x_1 // A_{2,5}B_{4,4}$), то вертикальна площина π розміщена паралельно прямій AB . В цьому випадку відрізок AB прямої проєкціюється на площину π в натуральну величину.

З рис. 1.26 легко графічно (тобто без обчислень) визначити інтервал l прямої AB . Він дорівнює довжині відрізка на горизонтальній проекції прямої між точками 3.0 і 4.0, оскільки підйом цього відрізка дорівнює 1 м.

На рис. 1.27 проградуйований відрізок $A_{22,4}B_{26,4}$ прямої AB . Відмінність побудов в даній задачі від побудов в попередній полягає в тому, що від осі x_1 відкладають не абсолютні значення висот точок, тобто координат z , а їх відносні значення. Оскільки вісь x_1 – лінія перетину площини π не з площиною π_0 , а з горизонтальною площиною π_{22} , яка має числову позначку 22.0, то при побудові точки \bar{B} від осі x_1 відкладається відрізок, рівний різниці числових позначок точки B і горизонтальної площини π_{22} , тобто $26,4 - 22,0 = 4,4$ м. При побудові \bar{A} від x_1 відкладається відрізок, що дорівнює $22,4 - 22,0 = 0,4$ м.

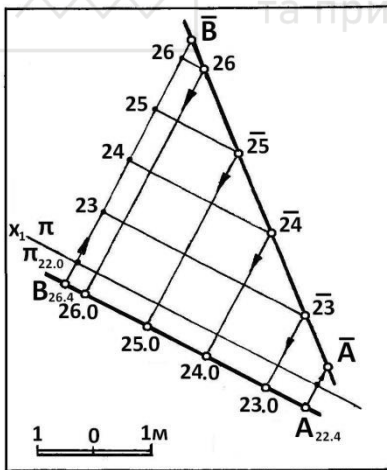


Рис. 1.27. Градування прямої способом профілю з відкладанням від осі x_1 відносних висот (числових позначок) точок

Введення замість площини π_0 площини π_{22} дозволяє розмістити \bar{AB} в межах креслення (плану).

З формули $i = h/L$ для визначення нахилу прямої випливає, що при $L = 1$ м нахил прямої чисельно дорівнює підйому, тобто $i = h/L$, де $k = 1$ м. Отже, можна дати ще i таке



означення нахилу: нахилом прямої називається величина підйому відрізка прямої, закладання якого дорівнює одиниці.

Таким чином, якщо на проекції прямої взяти відрізок, чисельно рівний одиниці масштабу, то підйом цього відрізка чисельно дорівнюватиме нахилу прямої. На цьому ґрунтується графічне знаходження нахилу прямої.

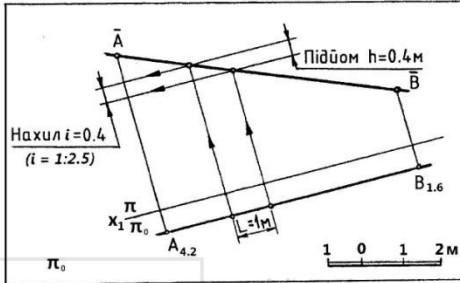


Рис. 1.27. Визначення нахилу прямої графічним способом

на вертикальну площину π у масштабі плану. Потім на горизонтальній проекції $A_{4.2} B_{1.6}$ відкладаємо відрізок, закладання якого $L = 1\text{ м}$, і знаходимо підйом h цього відрізка, який чисельно буде дорівнювати нахилу i прямої AB : $i = h = 0,4$ або $i = 1 : 2,5$.

Наприклад, потрібно графічно визначити нахил прямої AB , яка зображена на плані своєю проекцією $A_{4.2}B_{1.6}$ (рис. 1.28). Для цього будемо профіль AB відрізка прямої AB

на вертикальну площину π у масштабі плану.

Потім на горизонтальній проекції $A_{4.2} B_{1.6}$ відкладаємо відрізок, закладання якого $L = 1\text{ м}$, і знаходимо підйом h цього відрізка, який чисельно буде дорівнювати нахилу i прямої AB : $i = h = 0,4$ або $i = 1 : 2,5$.

1.3.3. Градування прямої способом пропорційного ділення

Суть цього способу розглянемо на прикладі градування прямої AB , проекція якої зображена на рис. 1.29.

З одного кінця відрізка прямої (точки $A_{1.4}$) проведемо допоміжну пряму в довільному напрямі, на якій відкладемо в масштабі плану або в більшому відрізок AC , рівний підйому відрізка AB : $h = H_B - H_A = (4.8 - 1.4)l_1 = 3,4l_1$, де l_1 – одиниця масштабу, в якому вимірюється підйом відрізка AB .

На прямій AC від точки $A_{1.4}$ відкладемо відрізок, рівний $(2 - 1.4)l_1 = 0,6l_1$, і позначимо точку 2^* , якій на прямій $A_{1.4}B_{4.8}$



ЛЕКЦІЯ 2. ПРОЕКЦІЮВАННЯ ПЛОЩИН ТА ПОВЕРХОНЬ

2.1. Проекції площини

2.2. Градування площини

2.3. Поверхня однакового ухилу

2.4. Проекції земної (топографічної) поверхні

2.1. Проекції площини

Площину на плані можна задавати такими ж геометричними фігурами, як і в ортогональних проекціях: проекціями трьох точок, які не лежать на одній прямій (рис. 2.1); проекціями прямої та точки, яка не лежить на цій прямій (рис. 2.2); проекціями двох прямих, що перетинаються (рис. 2.3); проекціями двох паралельних прямих загального положення (рис. 2.4) або горизонтальними (рис. 2.5); проекціями відріку плоскої фігури, наприклад трикутника (рис. 2.6).

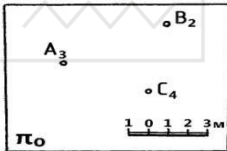


Рис. 2.1. Задання площини на плані трьома точками

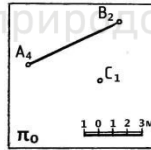


Рис. 2.2. Задання площини на плані прямою та точкою

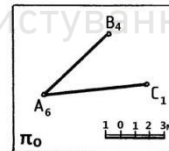


Рис. 2.3. Задання площини на плані двома прямими, що перетинаються

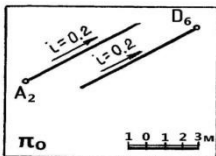


Рис. 2.4. Задання площини на плані двома паралельними прямими загального положення

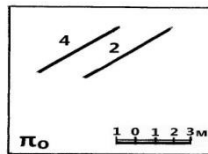


Рис. 2.5. Задання площини на плані двома паралельними горизонтальними

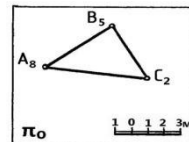


Рис. 2.6. Задання площини на плані трикутником



В проекціях з числовими позначками досить поширеним є задання площини прямою лінією та величиною ухилу (нахилу) площини. На рис. 2.7 площину задано горизонтальною прямою величиною ухилу площини, а на рис. 2.8 – прямою загального положення і величиною ухилу площини.

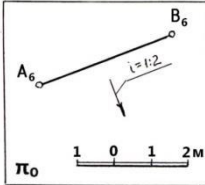


Рис. 2.7. Задання площини горизонтальною прямою і величиною ухилу

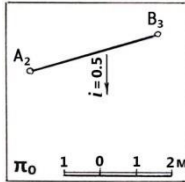


Рис. 2.8. Задання площини прямою загального положення і величиною

Особливий випадок задання площини простору на плані – це задання її масштабом ухилу площини. Такий спосіб більш наочний і зручний при розв'язуванні більшості інженерних задач.

Масштабом ухилу площини називається проградуйована проекція лінії найбільшого ухилу (ЛНУ) площини. Відомо, що

лінією найбільшого ухилу площини називають пряму, перпендикулярну до горизонталей площини.

На рис. 2.9 наведено просторове зображення площини γ , яка перетинає основну площину π_0 по лінії $h_{0\gamma}$. У площині γ проведено лінію найбільшого ухилу MN ($MN \perp h_{0\gamma}$) і побудовано її проекцію M_0N_4 на площині π_0 . Лінія найбільшого ухилу площини називається також лінією падіння. Вона визначає **кут ухилу або кут падіння площини** - кут ν - кут між лінією найбільшого ухилу MN і її проекцією M_0N_4 на основну площину π_0 . Площину γ перетнемо горизонтальними площинами $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$, віддаленими одна від одної на 1 м (площина ω_0 збігається з площиною π_0). Лінії перетину цих площин з площиною γ - це горизонталі площини $h_{1\gamma}, h_{2\gamma}, h_{3\gamma}, h_{4\gamma}$ і, отже, паралельні сліду $h_{0\gamma}$ і перпендикулярні до лінії найбільшого ухилу MN . Проекції цих горизонталей 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 також паралельні сліду $h_{0\gamma}$ і перпендикулярні до проекції M_0N_4 лінії найбільшого ухилу площини γ .

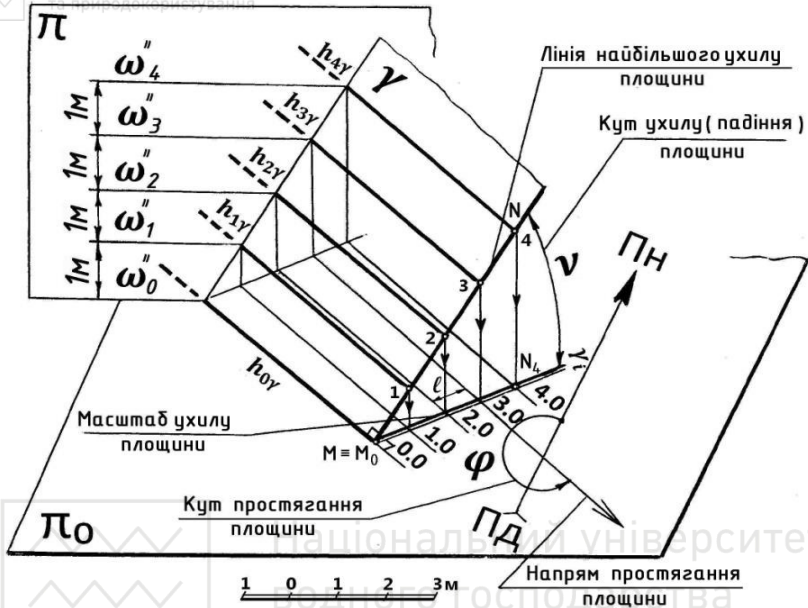


Рис. 2.9. Наочне зображення площини

Оскільки горизонталі площини у розміщені по висоті через 1 м (їх підйом дорівнює 1 м), то відстані між суміжними проекціями горизонталей з цілочисловими позначками є інтервалами ЛНУ даної площини. Проекції горизонталей площини, що паралельні сліду площини, називаються просто горизонталями площини, при цьому слово "проекція" не вживається.

Проекція M_0N_4 лінії найбільшого ухилу MN із зазначеними на ній інтервалами називається масштабом ухилу площини γ . Таким чином, масштабом ухилу площини називається проградуйована проекція ЛНС площини.

Масштаб ухилу площини зображують у вигляді двох паралельних ліній (подвійною лінією), причому одна лінія товща за іншу і проводиться із нанесенням проекцій точок, які мають послідовні цілочислові позначки, та позначається буквою з індексом "i", наприклад γ_i (рис. 2.9 і 2.10).

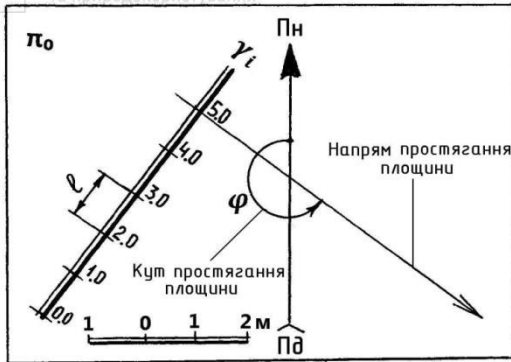


Рис. 2.10. Задання площини на плані масштабом ухилу площини γ_i з указанням напрямку та кута простягання площини

Положення площини в просторі також визначають її кутами ухилу (падіння) v і простягання φ (рис. 2.9 і рис. 2.10). **Кутом простягання площини** називають кут в горизонтальній площині між напрямом на північ і напрямом простягання.

Напрямок

простягання площини вважають правий напрямок її горизонталей, якщо дивитися на площину в бік збільшення позначок.

Інтервал та ухил площини дорівнюють відповідно інтервалу та ухилу (нахилу) ЛНУ даної площини. Для того щоб визначити ухил площини, в ній потрібно провести і проградуювати ЛНУ та визначити інтервал. Величина, обернена до інтервалу ЛНС, визначає ухил самої площини.

Масштаб ухилу площини цілком визначає її положення в просторі. При будь-якому заданні площини (рис. 2.1 – рис. 2.6) завжди можна побудувати її масштаб ухилу і провести в ній горизонталі. Нехай площина β на плані (рис. 2.11) задана прямою лінією BC і точкою A поза прямою: $\beta (BC, A)$. Виконаємо перехід від задання площини β геометричними елементами до задання площини β її масштабом ухилу. Для цього:

- проградуюємо пряму BC і визначимо на ній точку, яка має числову позначку, що дорівнює позначці точки A , тобто 3 ;
- через точку A і точку прямої BC з позначкою 3 проведемо горизонталь n ;

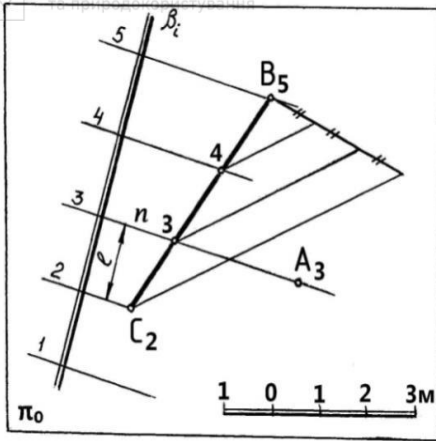


Рис. 2.11. Побудова масштабу ухилу β_i площини β , що задана прямою та точкою

Інші цілочислові позначки на β_i відмічаємо через інтервали, що дорівнюють l , тобто виконуємо операцію градування проєкції ЛНУ площини β , а отже, β_i буде масштабом ухилу площини.

- перпендикулярно до n на плані проведемо проєкцію β_i лінії найбільшого ухилу. На перетині n з прямою β_i маємо точку з позначкою 3. Точки на прямій β_i , які мають позначки 2 та 3, визначаємо за допомогою горизонталей площини β , що проходять через точки C та B паралельно до n .

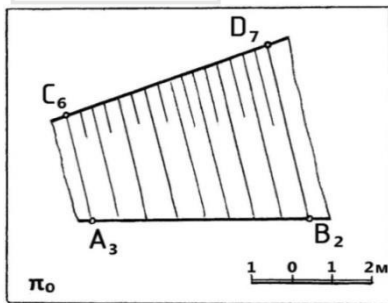


Рис. 2.12. Задання площини земляного укосу двома лініями – бровкою та підшовою

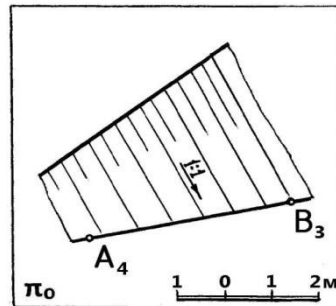


Рис. 2.13. Задання площини земляного укосу однією лінією – підшовою і величиною ухилу



Площини земляних укосів на плані можуть бути задані проєкціями (нагадуємо, що слово “проєкція” при цьому не вживається) двох ліній – бровкою та підшовою укосу (рис. 2.12), однією лінією – бровкою або підшовою із зазначенням величини ухилу укосу (рис. 2.13, A_4B_3 – проєкція підшови укосу каналу).

2.2. Градування площини

Градування площини – це проведення горизонталей площини, числові позначки яких цілі послідовні числа.

Розглянемо найбільш поширені випадки градування площин.

I. Якщо площину задано масштабом ухилу, її горизонталі проводять перпендикулярно до нього через відстані, що дорівнюють інтервалу площини.

II. Якщо площину задано геометричними елементами, то необхідно знайти точки, що мають однакові цілочислові позначки, через які можуть бути проведені горизонталі.

Наприклад, проградуємо площину ω , задану на плані двома проєкціями $A_{2,2} B_{6,4}$ та $B_{6,4} C_{4,5}$ прямих, що перетинаються (рис. 2.14). Для цього:

- градуємо прямі способом пропорційного ділення;
- сполучаємо прямими лініями точки, що мають однакові цілочислові позначки (ці прямі є горизонталіми площини);

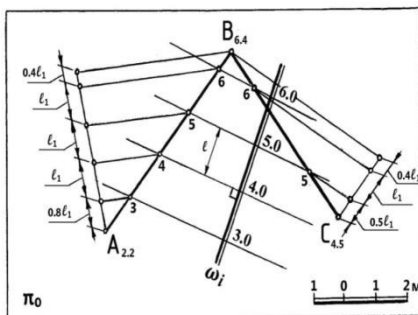


Рис. 2.14. Градування площини ω , заданої проєкціями $A_{2,2}B_{6,4}$ і $B_{6,4}C_{4,5}$ прямих, що перетинаються

- проводимо пряму, перпендикулярну до горизонталей площини (ця градувана пряма є масштабом ухилу ω_i площини ω).

III. Якщо площину земляного укосу задано прямолінійною горизонтальною бровкою



або підшовою і ухилом площини, то необхідно провести проекцію лінії найбільшого ухилу площини перпендикулярно до бровки або підшови укосу, а потім проградуювати її, враховуючи, що інтервал $l = 1/i \cdot k$ (i – величина ухилу площини). Горизонталі площини з цілочисловими позначками проводимо перпендикулярно до масштабу ухилу площини через інтервальні ділення, причому горизонталі площини укосів будуть паралельні прямолінійній горизонтальній бровці або підшві укосу.

Розглянемо такі приклади. Нехай площину земляного укосу ω на плані (рис. 2.15) задано бровкою, що є горизонталлю 7.0 і величиною ухилу площини укосу $i = 1:2$. Щоб проградуювати площину укосу, проводимо перпендикулярно до бровки укосу проекцію ω_i лінії найбільшого ухилу і градуюємо ω_i . Точки, що мають цілочислові позначки, знаходяться на ній на відстані, яка дорівнює інтервалу площини $l = 1/i \cdot k = 2$ м. Через ці точки проводимо горизонталі площини перпендикулярно до ω_i , які будуть паралельні бровці 7.0 укосу. Зазначимо, що проградуйована лінія ω_i є масштабом ухилу площини ω .

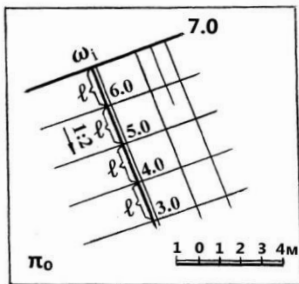


Рис. 2.15. Градування площини земляного укосу, яку задано горизонтальною бровкою з позначкою 1.0 і величиною ухилу 1:2

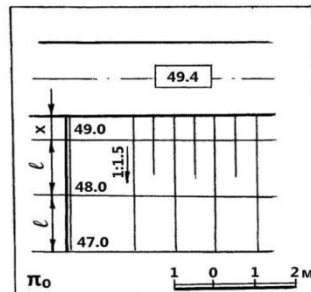


Рис. 2.16. Градування площини укосу насипу, що задана горизонтальною бровкою з позначкою 49.4 і величиною ухилу 1:1.5



Нехай площину укосу насипу, що примикає до гребня греблі, задано прямолінійною горизонтальною бровкою, яка має дробову числову позначку 49.4, і ухилом площини укосу $i = 1:1,5$ (рис. 2.16). Щоб проградуювати площину укосу, проводимо проекцію лінії найбільшого ухилу перпендикулярно до бровки. Знаходимо на ній точку з числовою позначкою 49.0. Проекція цієї точки віддалена від бровки укосу на відстань x , яка визначається за формулою (1.1): $x = h \cdot \frac{l}{k} = (49.4 - 49.0) \cdot 1.5/1.0 = 0,6$ м.

Точки, що мають послідовні цілочислові позначки 48.0, 41.0 та інші, знаходяться одна від одної на відстані, яка дорівнює інтервалу площини $l = 1/i \cdot k = 1.5$ м. Через одержані точки проводимо горизонталі укосу насипу паралельно бровці укосу.

IV. Якщо площину земляного укосу задано прямолінійною бровкою або підшовою і величиною ухилу площини, то така площина є дотичною до поверхонь прямих конусів обертання, твірні яких мають ухил, що дорівнює ухилу площини, а вершини знаходяться на бровці або підшві укосу. Лінія, по якій ця площина дотикається до поверхонь конусів, є лінією найбільшого ухилу даної площини. Горизонталі площини укосу, що мають послідовні цілочислові позначки, – це прямі площини, дотичні до кіл прямих колових конусів, які мають однакові числові позначки.

Проградуюємо площину земляного укосу γ , бровка якого є прямолінійною нахиленою прямою AB , а ухил площини укосу $i = 1:2$ (рис. 2.17, 2.18).

Виконаємо спочатку побудови на наочному зображенні (рис. 2.17). Нехай точки A та B прямолінійної нахиленої бровки мають цілочислові позначки 1 та 2. В точках A і B прямої AB знаходяться вершини прямих колових конусів S^1 і S^2 , висоти яких дорівнюють відповідно 1 м і 2 м, твірні яких мають ухил 1:2. Точка A_1 – центр основи конуса з вершиною в точці A . Всі точки основи цього конуса мають числову позначку 0.0, оскільки знаходяться в площині π_0 . Так як висота конуса $AA_1 = 1$ м, то

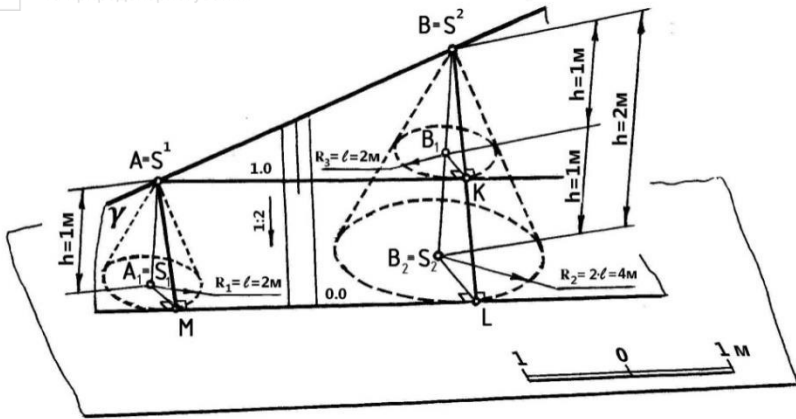


Рис. 2.17. Градування на наочному зображенні площини земляного укосу γ з ухилом 1:2, що прилягає до прямолінійно нахиленої бровки (пряма АВ)

твірні будуть мати ухил 1:2 тільки при радіусі основи конуса $R_1 = 2$ м. Точка B_2 – центр основи конуса з вершиною в точці B . Всі точки основи цього конуса також мають числові позначки 0.0, оскільки знаходяться в площині π_0 . Так як висота конуса $BB_2 = 2$ м, то твірні цього конуса будуть мати ухил 1:2 при радіусі основи конуса $R_2 = 4$ м (рис. 2.17).

Горизонталь площини укосу з числовою позначкою 0.0 є дотичною до кіл основ прямих колових конусів, всі точки яких мають числові позначки 0.0. Горизонталь площини з числовою позначкою 1.0 проходить через точку A , що віддалена від площини π_0 на 1 м і є дотичною до кола конуса з центром в точці B_1 , яке також віддалене від площини π_0 на 1 м. Всі точки цього кола з центром B_1 будуть мати числові позначки 1 м, а площина кола є паралельною до площини кола з центром B_2 . Радіус даного кола $R_3 = 1$ м (рис. 2.17).

Таким чином, на наочному зображенні (рис. 2.17) показано градування площини земляного укосу, яку задано нахиленою прямою АВ та величиною ухилу площини укосу $i = 1:2$.



Лінії дотику AM , BL площини γ із конусами з вершинами S^1 та S^2 є лініями найбільшого ухилу площини, перпендикулярними до горизонталей площини укосу.

Щоб обчислити радіуси горизонталей конусів, розглянемо два подібних трикутника (рис. 2.17): ΔBB_2L та ΔBB_1K . На основі подібності трикутників запишемо $BB_2/B_2L = BB_1/B_1K$. Позначимо відрізки BB_2 , B_2L , BB_1 , B_1K відповідно через h , R , l , l . Підставляючи нові позначення величин в останнє співвідношення, маємо $h/R = l/l$, звідки радіуси R горизонталей конуса із заданими числовими позначками визначаємо за формулою:

$$R = h \cdot l, \quad (2.1)$$

де h – різниця числових позначок між відомою числовою позначкою точки площини, в якій знаходиться вершина конуса, і числовою позначкою горизонталі, яку потрібно провести; l – інтервал площини, який дорівнює інтервалу лінії найбільшого ухилу площини.

На рис. 2.18 наведено розв'язування цієї задачі на плані:

1. Проводимо горизонталь площини з числовою позначкою, що дорівнює 0.0. Для цього проводимо горизонталі конусів, які мають нульову числову позначку (вершини конусів знаходяться в точках A і B):

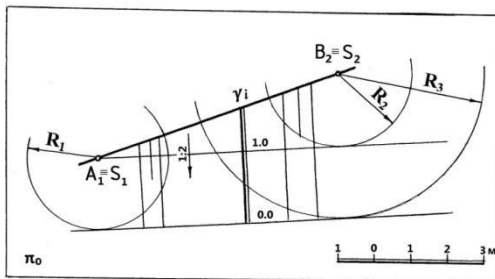


Рис. 2.18. Градування площини земляного укосу γ з ухилом 1:2, що прилягає до прямолінійно нахиленої бровки (пряма AB). План

$$R_1 = h \cdot l = (1 - 0) \cdot 1 = 1 \text{ м};$$

$$R_2 = h \cdot l = (2 - 0) \cdot 1 = 2 \text{ м}.$$

2. На плані з точок A_1 і B_2 проводимо горизонталі

конусів радіусами в ідповідно R_1 і R_2 . Ці горизонталі конусів мають числову позначку 0.0.



3. Проводимо дотичну до горизонталей конусів з нульовою числовою позначкою. Дотична буде горизонталлю площини з числовою позначкою 0.0.

4. Для того, щоб провести на плані горизонталь площини з числовою позначкою 1.0, спочатку з точки B_2 проводимо горизонталь конуса з числовою позначкою 1.0, яка має радіус $R_3 = h \cdot l = (2 - 1) \cdot 1 = 1 м.$ На наочному зображенні (рис. 2.17) це є горизонталь конуса з центром в точці B_1 .

5. З точки A_1 (на наочному зображенні це точка A), що має числову позначку 1.0, проводимо дотичну до горизонталі конуса радіуса R_3 . Ця дотична і буде горизонталлю площини з числовою позначкою 1.0.

Слід зазначити, що при градуюванні площини не обов'язково будувати горизонталі конусів для проведення чергової горизонталі площини. Достатньо, наприклад, провести горизонталь площини з числовою позначкою 0.0, потім перпендикулярно до цієї горизонталі провести ЛНУ площини, визначити на ній точку з числовою позначкою 1.0 і через цю точку провести горизонталь площини з числовою позначкою 1.0. Можна спочатку накреслити горизонталь площини з числовою позначкою 1.0, потім перпендикулярно до цієї горизонталі провести ЛНУ площини, визначити на ній точку з числовою позначкою 0.0 і через цю точку провести горизонталь площини з числовою позначкою 0.0. Головне при градуюванні площини загального положення побудувати в цій площині хоча б одну горизонталь, що дозволить провести ЛНУ площини. Проградуювавши ЛНУ площини, можна провести потрібну кількість відповідних горизонталей площини, тобто виконати операцію її градуювання.

На рис. 2.7, 2.8, 2.15 – 2.18 стрілка, біля якої вказують величину ухилу площини, направлена у бік горизонталей площини з меншою числовою позначкою, перпендикулярно до них або паралельно до ЛНУ площини.



2.3. Поверхня однакового ухилу

При закругленні доріг з одночасним підйомом в укосах насипу або виїмки утворюється поверхня, яка по всій довжині має однаковий ухил i і є поверхнею однакового ухилу. Тобто поверхня однакового ухилу – це лінійчата поверхня, всі прямолінійні твірні якої складають з горизонтальною площиною однаковий кут. Вона утворюється (рис. 2.19) переміщенням вершини S прямого колового конуса по деякій кривій лінії – напрямній, наприклад, бровці n укосу (S^1, S^2, S^3 – послідовні положення вершини). Поверхня, що огинає сімейство прямих колових конусів у всіх їх положеннях, і є поверхнею однакового ухилу. На рис. 2.19 поверхнею однакового ухилу є поверхня

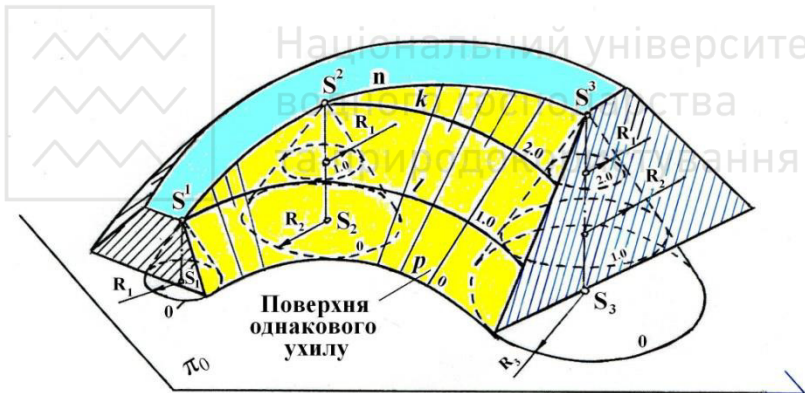


Рис. 2.19. Наочне зображення поверхні однакового ухилу та побудова в ній горизонталей укосу насипу з криволінійною бровкою n .

На рис. 2.19 показано побудову горизонталей поверхні земляного укосу, заданого ухилу i . Вершини S^1, S^2, S^3 прямих колових конусів, інцидентних бровці n , мають числові позначки 1, 2 та 3. Для того, щоб побудувати горизонталі поверхні укосу з позначками 0, 1, 2, проведемо в прямих колових конусах з вершинами S^1, S^2, S^3 горизонталі конусів з числовими

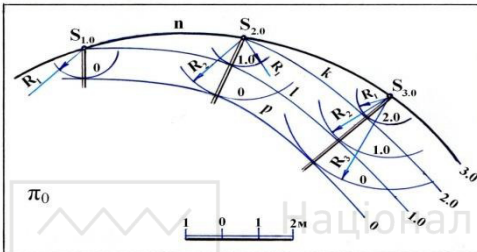


позначками, що дорівнюють відповідно 1, 2, 3. Радіуси цих горизонталей конусів згідно з (2.1) відповідно дорівнюють:

$$R_1 = l, R_2 = 2l, R_3 = 3l, \text{ де } l = \frac{1}{i}.$$

Потім проведемо плавні криві лінії p, l, k , що дотичні до дуг кіл горизонталей конусів з числовими позначками 0, 1, 2. Вони (лінії) є горизонталями p, l, k поверхні укосу з числовими позначками відповідно 0, 1, 2.

Ці ж побудови виконано на плані (рис. 2.20), де укіс має ухил 1:2. Точки S^1, S^2, S^3 криволінійної брівки n укосу прийняті за



вершини прямих колових конусів, для кожного з яких при ухилі 1:2 твірних побудовані згідно з (2.1) у заданому масштабі горизонталі конусів

Рис. 2.20. Побудова на плані горизонталей в укосі, що заданий криволінійною бровкою та величиною ухилу 1:2

$$R_1 = l = 2\text{ м},$$

$$R_2 = 2l = 4\text{ м},$$

$$R_3 = 3l = 6\text{ м}.$$

Плавні

криві лінії дотичні до горизонталей конусів, що мають однакові числові позначки, є горизонталями k, l, p поверхні однакового ухилу (поверхні земляного укосу з криволінійною бровкою). Таким чином, було виконано градуювання поверхні земляного укосу.

Наведемо приклади градуювання земляних укосів з криволінійною бровкою, які широко застосовується на практиці.

На рис. 2.21 криволінійні бровки укосів є дугами концентричних кіл радіусів R_1 та R_2 і мають сталі числові позначки, що дорівнюють 40.0 м, а ухили укосів насипу $i_n = 1:1.5$. Горизонталі укосів проводимо через точки масштабів ухилів укосів, які мають цілочисельні позначки і знаходяться одна від одної на відстані, що дорівнює інтервалу l_n укосу насипу: $l_n = 1/i_n = 1.5$ м. Масштаби ухилів укосів є спільною нормаллю до бровок. Укоси

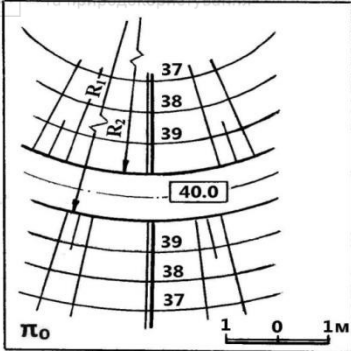


Рис. 2.21. Градування земляних укосів, бровки яких є дугами горизонтальних концентричних кіл

насипу є конічними поверхнями, горизонталі яких – дуги концентричних бровок кіл. Відстань між двома проекціями суміжних горизонталей у напрямі спільної нормалі (масштабу ухилу) однакова. Тому кола є еквідістантними.

На рис. 2.22 показано побудову горизонталей поверхонь земляних укосів, бровою яких є дуги k та n концентричних кіл радіусів R_1 та R_2 , а укоси мають ухил $i_H = 1:1.5$.

Побудову горизонталей укосів почнемо з проведення горизонталей полотна дороги насипу. Нехай відомі точки A_{48} та C_{50} на бровці n укосу, які мають числові позначки 48.0 та 50.0 м. Оскільки різниця числових позначок точок A_{48} та C_{50} дорівнює 2, то, поділивши дугу $A_{48}C_{50}$

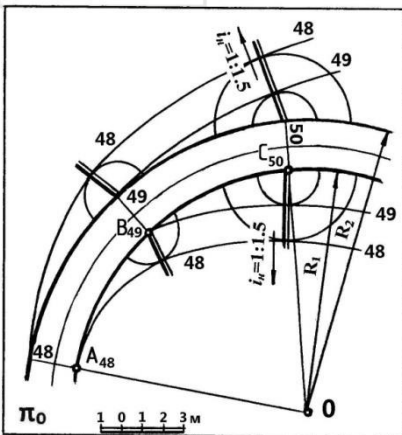


Рис. 2.22. Градування земляних укосів, бровки яких є концентричними дугами з різними числовими позначками

на дві рівні частини, одержимо точку B_{49} бровки, яка має числову позначку 49. Відрізки прямих, що розміщені між бровками і сполучають точки A_{48} , B_{49} та C_{50} з центром O , і є горизонталями полотна дороги з числовими позначками відповідно 48, 49, 50 (рис. 2.22).

Укоси градуємо аналогічно до прикладу, наведеному на рис. 2.20, за винятком того, що



горизонталі укосів проводимо не прямими лініями, а кривими, як і у випадку подібної задачі, показаної на рис. 2.21. У точках бровок з числовими позначками 50 (можна і в будь-якій іншій точці бровки з цілочисловими позначками) розміщуємо вершину прямого колового конуса і проводимо кола радіусами, що дорівнюють інтервалам укосів насипу: $R = l_n = 1 / i_n = 1.5$ м. Числові позначки цих горизонталей конусів будуть на одиницю менші від числових позначок вершин, тобто 49 м. Із точок бровок з числовими позначками 50 проводимо як із центрів кола радіусами, що дорівнюють величині подвійного інтервалу укосів насипу: $2l_n = 3,0$ м. Одержимо горизонталі допоміжних конусів, числові позначки яких на дві одиниці менші числових позначок вершин, тобто 48 м. Потім аналогічним чином проводимо горизонталі конусів з числовими позначками 48, розміщуючи вершини допоміжних конусів у точках бровок з числовими позначками 49.

Побудувавши горизонталі допоміжних конусів з числовими позначками 48, 49, проведемо горизонталі укосів, які мають такі ж числові позначки. Спочатку проведемо горизонталі укосів з числовими позначками 48. Для цього з точок бровок з числовими позначками 48 проводимо плавну криву, дотичну до одержаних горизонталей конусів з числовими позначками 48. Ці криві будуть горизонталями з числовими позначками 48 поверхонь однакового ухилу (поверхонь укосів насипу). Аналогічно проводимо горизонталі укосів з числовими позначками 49. Масштаби ухилів укосів насипу проходять через точки дотику горизонталей з горизонталями допоміжних конусів.

Якщо напрямна поверхні однакового ухилу, наприклад лінія n на рис. 2.19, є прямою лінією, поверхня є площиною. На рис. 2.23 зображена площина δ дотична до сімейства конусів, вершини яких збігаються з точками перетину горизонталей дороги з бровкою. Конуси мають однаковий ухил твірних до горизонтальної площини і розміщені вершинами вгору (нижня пола конусів). Площина δ є укосом насипу, що прилягає до

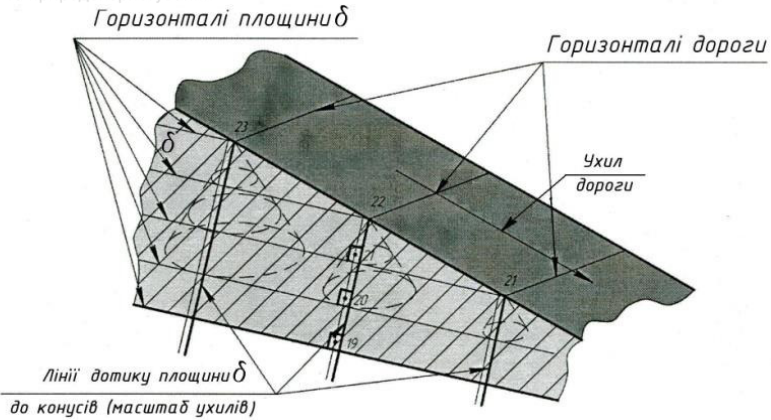


Рис. 2.23. Побудова на наочному зображенні горизонталей в площині укосу насипу дороги з прямолінійно нахиленою бровкою.

На рис. 2.24 показано побудову на плані горизонталей в укосі насипу, наочне зображення якого наведено на рис. 2.23.

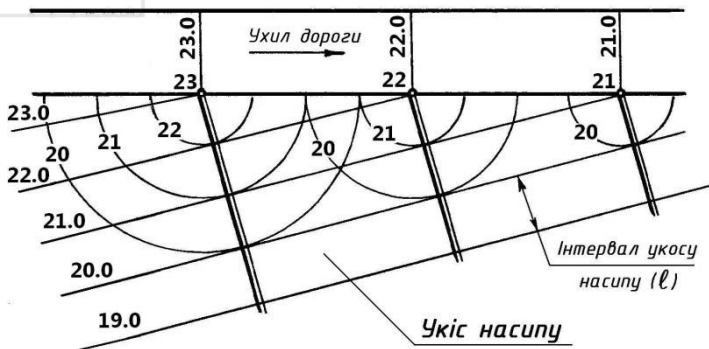


Рис. 2.24. Побудова на плані горизонталей в площині укосу насипу

Для спрощення побудов достатньо побудувати:

- одну горизонталь в укосі насипу;
- масштаб ухилу, що перпендикулярний до неї, з нанесеними на ньому інтервалами площини укосу;



- решту горизонталей площини укосу, які проводимо через інтервали і паралельно до першої побудованої горизонталі.

На рис. 2.25 зображена площина δ дотична до сімейства конусів, вершини яких збігаються з точками перетину горизонталей дороги з брівкою. Конуси мають однаковий ухил твірних до горизонтальної площини і розміщені вершиною вниз (верхня пола конусів). Площина δ є укосом виїмки, що прилягає до дороги з прямолінійно нахиленою брівкою.

На рис. 2.26 показано побудову горизонталей укосу

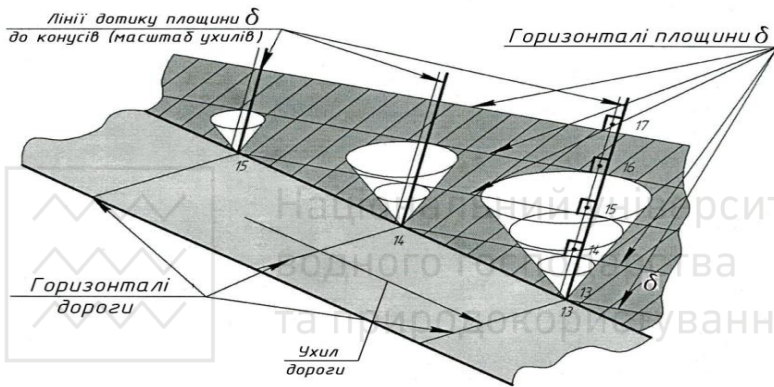


Рис. 2.25. Побудова на наочному зображенні горизонталей в площині укосу виїмки

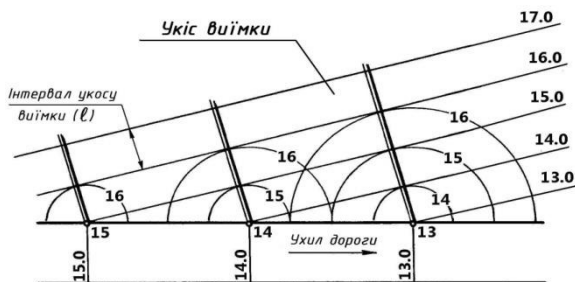


Рис. 2.26. Побудова на плані горизонталей в площині укосу виїмки



віїмки, наочне зображення якого наведено на рис. 2.25.

2.4. Проекції топографічної (земної) поверхні

Поверхні, утворення яких не підлягає геометричній закономірності можна представляти дискретним каркасом точок чи ліній. Так земну поверхню в проєкціях з числовими позначками зображують за допомогою її горизонталей, отриманих шляхом перетину земної поверхні горизонтальними площинами, розміщеними одна від одної на

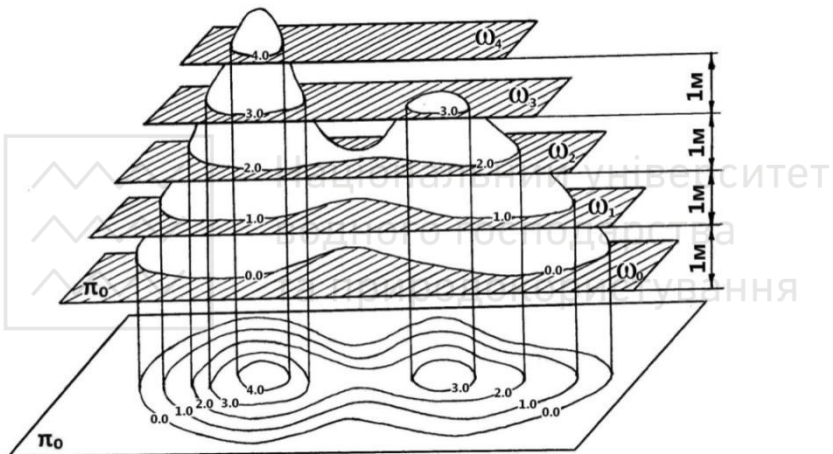


Рис. 2.27. Утворення наочному зображенні в площині нульового рівня π_0 горизонталей

відстані, як правило, 1 м (рис. 2.27, 2.28).

Нехай на наочному зображенні (рис. 2.27) або на вертикальній площині π (рис. 2.28) зображено частину земної поверхні з двома підвищеннями. Розсічемо її уявно горизонтальними площинами $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$, що мають числові позначки відповідно 1, 2, 3, 4 м і віддалені одна від одної на відстань 1 м. Площина ω_0 збігається з площиною нульового рівня π_0 . Лінії перетину цих площин із земною поверхнею є, в загальному випадку, плоскими замкненими

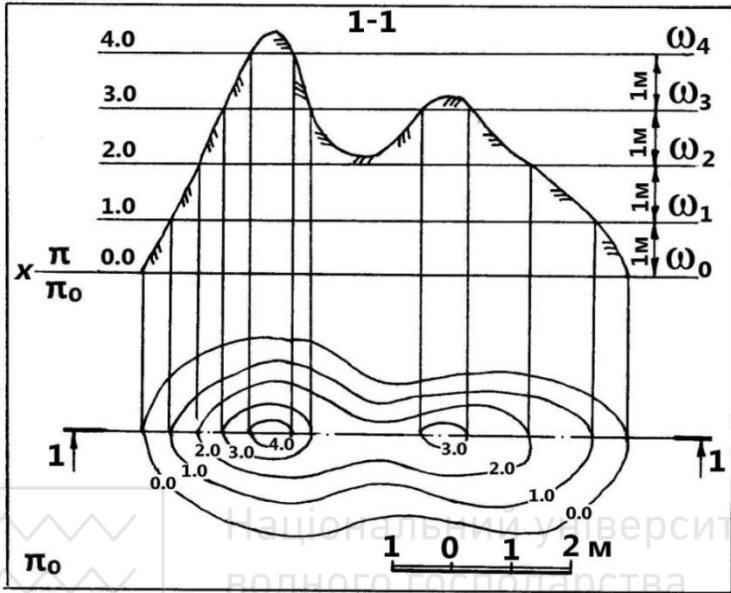


Рис. 2.28. Зображення земної поверхні на плані

кривими лініями довільного вигляду, всі точки яких мають однакові числові позначки. Ці лінії називають горизонталями земної поверхні. Вони проєкціюються на площину π_0 в натуральну величину. Горизонталі земної поверхні на плані являють собою замкнені неперервні плоскі криві лінії, які не можуть перетинатися або розгалужуватися. За їх взаємним положенням і числовими позначками можна судити про рельєф місцевості. Всі точки одної горизонталі мають однакову висоту (однакову числову позначку).

На плани наносять умовні позначення, які допомагають зробити креслення більш наочним та зручним. Нумери горизонталей відповідають їх числовим позначкам. Кожну п'яту або десятю горизонталь наносять потовщеною лінією, причому горизонталі можуть проводити через 0,5 ... 10 м залежно від масштабу плану та рельєфу місцевості.



ЛЕКЦІЯ 3. Перетин площин, прямої лінії з площиною, поверхні з площиною та прямою лінією

3.1. Перетин площин

3.2. Перетин прямої лінії з площиною

3.3. Перетин поверхні з прямою лінією

3.4. Перетин поверхні з площиною

3.1. Перетин площин

Знаходження лінії перетину двох площин має велике значення при проектуванні земляних споруд.

Побудова лінії перетину двох площин у проекціях з числовими позначками ґрунтується, як і при побудові ортогональних проекцій, на способі допоміжних січних площин. Зручно застосовувати горизонтальні допоміжні січні площини, оскільки вони перетинають задані площини по горизонталях. Тому задача на побудову лінії перетину двох площин зводиться до знаходження точок перетину горизонталей з однаковими числовими позначками обох площин.

Послідовність побудови лінії перетину двох площин така:

1. Проводимо горизонталі з однаковими числовими позначками у кожній з площин і визначаємо точку їх взаємного перетину.

2. Другу точку, що належить лінії перетину, знаходимо, виконуючи такі ж побудови, але з іншою парою горизонталей з однаковими числовими позначками.

3. Через одержані точки проводимо пряму лінію, яка є шуканою лінією перетину заданих двох площин.

Наприклад, визначимо лінію перетину KL площин двох земляних укосів α та β , заданих своїми масштабами спаду α_i та β_i (рис. 3.1).

Для цього:

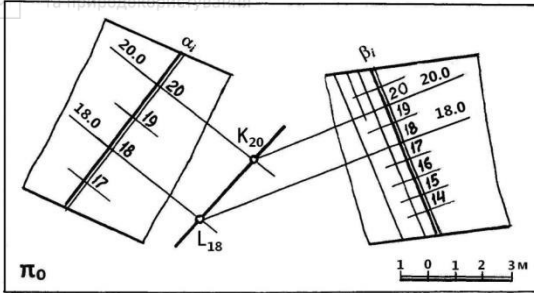


Рис. 3.1. Визначення лінії перетину KL двох площин земляних укосів α та β

- через числові позначки 20 на масштабах ухилу площин перпендикулярно до α і β проводимо горизонталі 20 і відмічаємо

точку K_{20} їх взаємного перетину;

- будуємо аналогічно проєкцію L_{18} точки L , що належить лінії перетину;

- проводимо через точки K_{20} і L_{18} пряму лінію, яка є шуканою лінією перетину площин α та β .

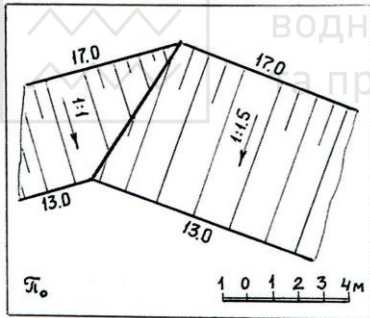


Рис. 3.2. Побудова лінії перетину земляних укосів з ухілами 1:1 і 1:1.5

Площини, що перетинаються, можуть мати як різні, так і однакові величини ухилу. При різних ухілах площин земляних укосів (рис. 3.2) лінію їх перетину знаходимо за допомогою двох пар горизонталей, що належать обом площинам укосів і мають

однакові числові позначки. Двома парами горизонталей з однаковими числовими позначками для даного

прикладу є бровки та підшви земляних укосів, числові позначки яких відповідно 17.0 та 13.0 (рис. 3.2).

Лінія перетину площин земляних укосів однакового ухилу можна знайти за допомогою лише однієї пари горизонталей, що мають однакові числові позначки (горизонталі одного рівня),



оскільки для площин, що мають однаковий ухил, лінія перетину є бісектрисою кута між цими горизонталями.

На рис 3.2 напрям горизонталей в укосах, що перетинаються, відомий, і це полегшує розв'язання задачі на визначення точок, які належать лінії перетину.

Розглянемо тепер задачу на побудову лінії перетину укосів, в якій напрям горизонталей в одному з укосів невідомий (укіс каналу з нахиленою брівкою).

На плані (рис. 3.3) один укіс задано проекцією

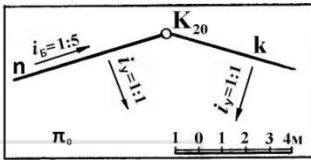


Рис. 3.3. До побудови лінії перетину двох земляних укосів

прямолінійної нахиленої брівки n , що має нахил $i_B = 1:5$, і ухилом площини укосу $i_Y = 1:1$; другий укіс – проекцією прямолінійної горизонтальної брівки k з числовою позначкою 20 м і ухилом площини укосу $i_Y = 1:1$. Відомо також проекцію K_{20} точки K перетину бровок укосів і числову позначку підшов укосів –16 м.

Потрібно побудувати лінію KL перетину укосів.

Розв'язок задачі показано на рис. 3.4. Однією точкою, що належить лінії перетину, буде точка K , а другою, наприклад, точка перетину горизонталей з числовими позначками 16 м, які

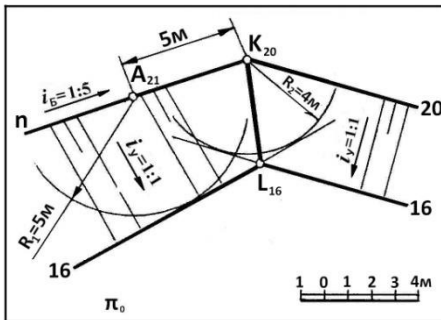


Рис. 3.4. Розв'язування задачі з початковою умовою на рис. 3.3

є підшвами укосів, що перетинаються. Побудуємо горизонталь з відміткою 16 м спочатку в укосі з нахиленою брівкою n . Для цього:

1. На бровці n відмічаємо точку A_{21} , розміщену від точки K_{20} на відстані 5 м, оскільки інтервал прямолінійної брівки дорівнює 5 м;



2. З точок A_{21} та K_{20} , як із центрів, проводимо горизонталі прямих колових конусів з вершинами A_{21} та K_{20} радіусами згідно з (2.1) відповідно $R_1 = (21-16)l_y = 5l_y = 5m$ і $R_2 = (20-16)l_y = 4l_y = 4m$, де $l_0 = \frac{1}{t_0} \bullet 1\check{e} = 1\check{e}$. Ці горизонталі конусів мають числові позначки 16 м;

3. Проводимо дотичну до побудованих горизонталей конусів, яка буде горизонталлю 16 укосу з нахилоною бровкою.

Для проведення горизонталі з числовою позначкою 16 у другому укосі застосовувати дві горизонталі конусів немає потреби. Оскільки напрями горизонталей укосу відомі (задано k), горизонталь 16 укосу проводимо як дотичну до горизонталі конуса радіуса R_2 і паралельно k . Точка L_{16} перетину горизонталей 16 обох укосів буде проекцією другої точки L , що належить лінії перетину укосів. Сполучивши точки K_{20} та L_{16} прямою лінією, одержимо проекцію лінії перетину двох укосів на плані (рис. 3.4).

На рис. 3.5 наведено графічну умову задачі на побудову ліній перетину чотирьох укосів котлована.

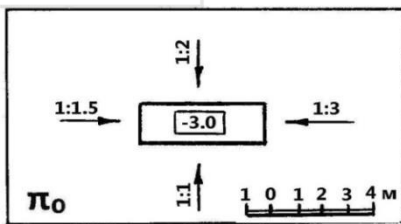


Рис. 3.5. Початкова умова задачі на побудову ліній перетину котлована

горизонтальне і має числову позначку – 3.0 м, ухили укосів котлована 1:1; 1:1.5; 1:2 та 1:3. Числова позначка поверхні землі дорівнює нулю і є площиною, що

збігається з основною площиною.

На рис. 3.6 показано розв'язок цієї задачі.

Вершини прямокутного дна котлована (рис. 3.6) позначимо $A_{-3.0}$, $B_{-3.0}$, $C_{-3.0}$, $D_{-3.0}$. Вони належать лініям перетину суміжних укосів котлована. Оскільки поверхня землі є горизонтальною площиною з нульовою позначкою, лінії перетину чотирьох укосів котлована з нею є горизонталями

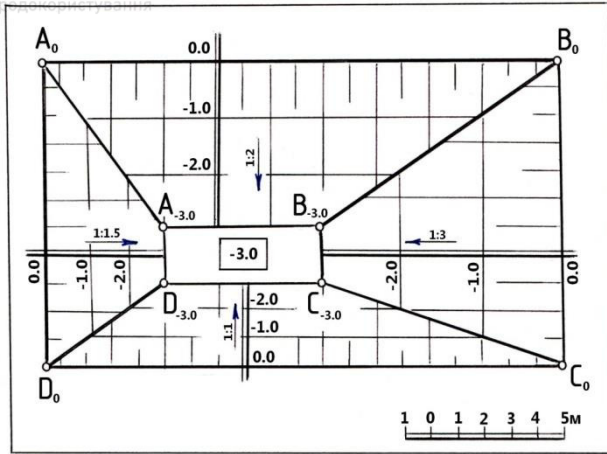


Рис. 1.45. Побудова ліній перетину укосів котлована

укосів з нульовими позначками, які є бровками укосів котлована. Тому побудуємо горизонталі укосів котлована з нульовими позначками і визначимо точки перетину суміжних горизонталей, що і будуть точками, яких не вистачає. Ці точки належать лініям перетину укосів.

Для цього виконаємо такі дії:

1. Проведемо проєкції ліній найбільшого ухилу в усіх чотирьох укосах перпендикулярно до підшов укосів (до сторін дна котлована).

2. Відкладемо вздовж проєкцій ЛНУ відрізки згідно з (1.1), що дорівнюють 3.0, 4.5, 6.0 та 9.0 м відповідно в укосах котлована із ухилами 1:1; 1:1.5; 1:2 та 1:3 і одержимо точки з нульовими позначками.

3. Через одержані точки проведемо горизонталі укосів з нульовими позначками, які є лініями перетину укосів із земною поверхнею, і визначимо точки перетину суміжних горизонталей: A_0, B_0, C_0, D_0 .

4. Сполучивши точки A_0, B_0, C_0 , та D_0 відповідно з точками $A_{-3.0}, B_{-3.0}, C_{-3.0}, D_{-3.0}$, одержимо проєкції ліній перетину укосів котлована між собою. Укоси заштрихуємо.



На рис. 3.7, 3.8 показано приклад побудови ліній перетину двох призматичних поверхонь, якими є меліоративні канали, що перетинаються. З магістрального каналу, дно якого має числову позначку 18, а ухил укосів 1:1,5, відходить під прямим кутом відвідний канал, дно якого має числову позначку 19, а ухил укосів 1:1. Поверхня землі в зоні перетину каналів має числову позначку 21.

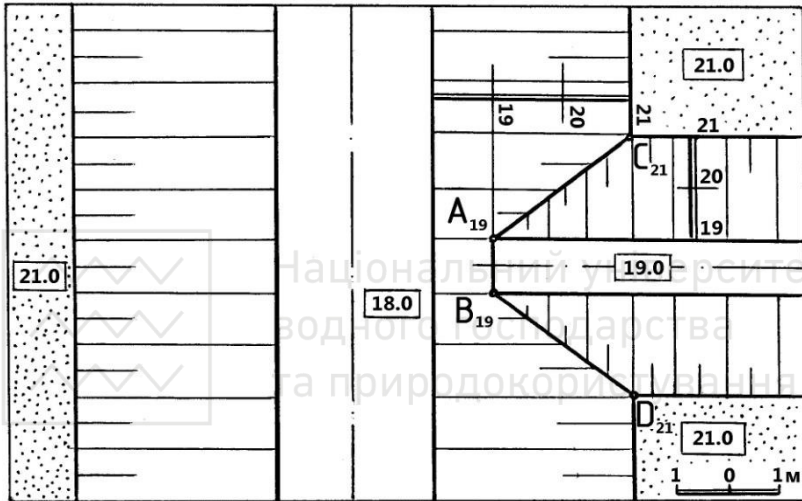


Рис. 3.7. Побудова ліній перетину призматичних поверхонь

Призматичні поверхні каналів складаються з відсіків площин, які перетинаються між собою по прямим лініям. Для визначення проєкції лінії перетину дна відвідного каналу з укосом магістрального каналу градуюємо укіс і проводимо в ньому горизонталь з числовою відміткою 19, яка перетинає підшву дна відвідного каналу в точках A_{19} та B_{19} . Сполучивши ці точки прямою лінією, отримуємо лінію перетину укосу магістрального каналу з дном відвідного каналу. Для визначення лінії перетину укосу магістрального каналу з укосами відвідного каналу знаходимо точки C_{21} та D_{21} перетину горизонталей укосів з числовими позначками 21 та сполучаємо їх відповідно з точками A_{19} та B_{19} .

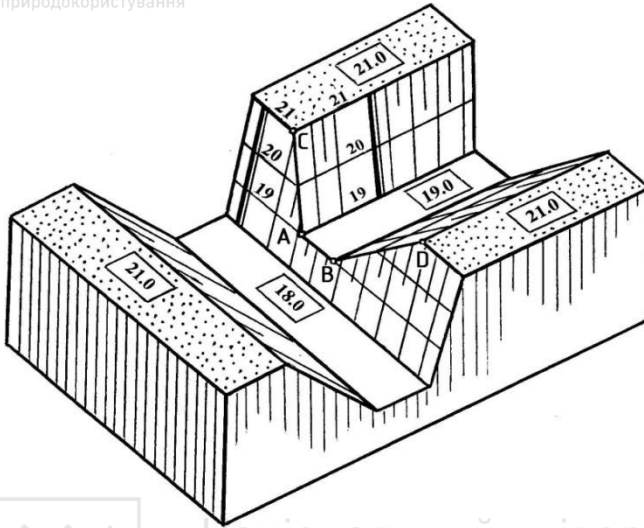


Рис. 3.8. Наочне зображення ліній перетину
призматичних поверхонь каналів

Ламана лінія $C_{21}A_{19}B_{19}D_{21}$ є проекцією лінії перетину двох меліоративних каналів, що мають призматичні поверхні. Обидва канали перетинають земну поверхню по горизонталям укосів з числовими позначками 21, які є бровками каналів.

3.2. Перетин прямої лінії з площиною

Для визначення точки перетину прямої з площиною:

- проводимо через пряму допоміжну січну площину;
- будуємо лінію перетину допоміжної площини із заданою площиною;
- знаходимо точку перетину побудованої лінії перетину площин з даною прямою, яка і буде шуканою точкою перетину прямої із заданою площиною.

На рис. 3.9 визначено точку перетину осі прямолінійного трубопроводу AB з площиною земляного укосу α . Для цього виконуємо такі дії:

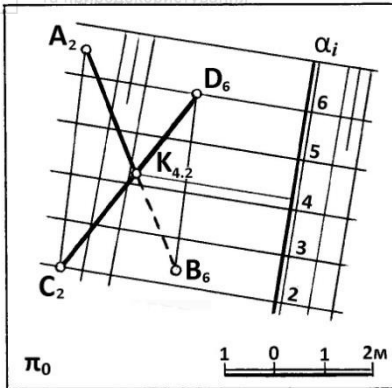


Рис. 3.9. Визначення точки перетину осі трубопроводу AB з площиною земельного укосу α способом горизонталей

допоміжної площини із заданою.

3. Знаходимо точку K – проекцію точки перетину прямої C_2D_6 з даною прямою AB , яка є шуканою проекцією точки перетину осі прямолінійного трубопроводу AB з площиною земельного укосу α .

Оскільки точка K належить площині α , то числову позначку точки K можна визначити за допомогою проведення через неї горизонталі площини α (на рис. 3.9 це горизонталь 4.2) або градуюванням прямої AB .

Спосіб розв'язування задачі на визначення точки перетину прямої з площиною, показаний на рис. 3.9, називається способом горизонталей.

Відзначимо, що в проекціях з числовими позначками допоміжною площиною при застосуванні способу горизонталей може бути будь-яка площина загального положення, але тільки не проєкціююча. Це пов'язано з тим, що застосування допоміжної проєкціюючої площини, наприклад, вертикальної, призвело б до суміщення проєкцій прямих A_2B_6 та C_2D_6 і

1. Проводимо через пряму AB довільну площину загального положення, задану горизонталями A_2C_2 та B_6D_6 , які проведені таким чином, щоб вони перетинали горизонталі того ж рівня площини α у межах креслення.

2. Визначаємо точки C_2 та D_6 , що є проєкціями точок

перетину горизонталей A_2C_2 та B_6D_6 допоміжної площини із заданою, і сполучаємо їх прямою лінією C_2D_6 , яка є проєкцією лінії перетину



вимагало б додаткових побудов для визначення шуканої точки перетину.

Якщо числові позначки у точок, що задають пряму лінію, дробові, то допоміжними площинами можуть бути не площини загального положення, як при застосуванні способу горизонталей, а горизонтально-проекціючі (вертикальні) площини, тобто такі задачі зручно розв'язувати способом профілю.

На рис. 3.10 точку перетину осі прямолінійного трубопроводу AB з площиною земельного укосу α визначено способом профілю. Для цього виконуємо такі дії:

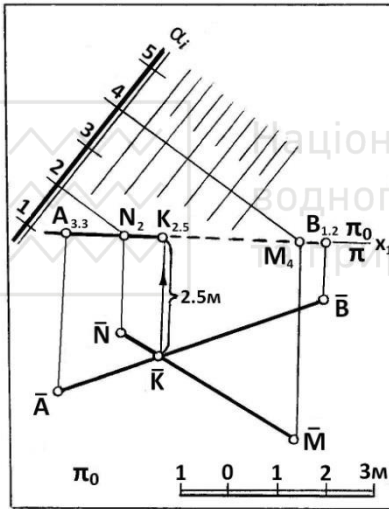


Рис. 3.10. Визначення точки перетину трубопроводу AB з площиною земельного укосу способом профілю

1. Проводимо через пряму AB вертикальну площину π і будуємо на ній профілі прямої AB та площини α : \overline{AB} – профіль прямої, \overline{MN} – профіль площини.

2. В перетині профілів \overline{AB} та \overline{MN} знаходимо точку \overline{K} .

3. Проекціюємо точку \overline{K} на вісь проєкцій x_1 , одержуємо точку K – проєкцію точки перетину осі прямолінійного трубопроводу AB з площиною земельного укосу α .

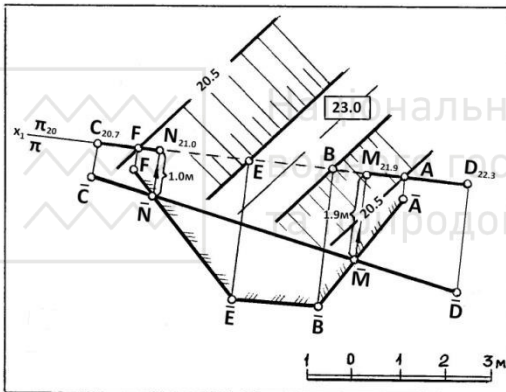
Визначаємо числову позначку точки K , вимірявши відрізок \overline{KK} в масштабі плану. Його довжина дорівнює 2,5 м і визначає числову позначку точки K (рис. 1.49).



При малих значеннях ухилу (нахилу) прямої та площини вертикальний масштаб для більш точного визначення точки перетину слід збільшувати.

Відзначимо, що задачу на рис. 3.9 можна розв'язати і способом профілю, але побудови були б у цьому випадку більш трудомісткими. А задачу на рис. 3.10 можна розв'язати і способом горизонталей, але для цього необхідно проградуювати пряму AB , що також збільшує трудомісткість побудов. Тому при розв'язуванні подібних задач важливо вибрати найбільш раціональний спосіб.

Розглянемо поширену на практиці задачу (рис. 3.11) на визначення точок перетину осі прямолінійного трубопроводу CD



з укосами насипу горизонтально розміщеного полотна дороги. Цю задачу раціонально розв'язувати способом профілю, оскільки, по-перше, пряму CD задано точками з дробовими число-

Рис. 3.11. Визначення точок перетину осі прямолінійного трубопроводу CD з укосами насипу полотна дороги способом профілю

вими позначками, по-друге, вона перетинає одночасно два укоси, що

при застосуванні способу горизонталей потребує введення двох допоміжних січних площин. Послідовність розв'язування така:

1. Через пряму CD проводимо вертикальну площину π і будуємо на ній профілі прямої CD та земляної споруди, що складається з площин укосів та полотна дороги: \overline{CD} – профіль прямої; \overline{ABEF} – профіль земляної споруди, де прямі \overline{AB} , \overline{EF}



–профілі укосів, \overline{EB} – профіль полотна дороги (горизонтальної ділянки).

2. Знаходимо в перетині профілів \overline{CD} і \overline{ABEF} точки \overline{M} , \overline{N} .

3. Проекціюємо точки \overline{M} , \overline{N} на вісь проєкцій x_1 і одержуємо точки M , N – проєкції точок перетину осі прямолінійного трубопроводу з укосами насипу земляної споруди. Визначаємо числові позначки точок M та N .

3.3. Перетин поверхні з прямою лінією

Побудову точок перетину прямої лінії з поверхнею розглянемо на прикладі перетину прямої лінії із землею поверхнею, оскільки ця задача має велике практичне застосування і зустрічається при проектуванні трубопроводів, тунелів та інших споруд.

Побудова точок перетину прямої лінії із землею поверхнею в проєкціях з числовими позначками ґрунтується, як і в ортогональних проєкціях, на застосуванні допоміжних січних площин. При цьому, як і при перетині прямої з площиною, розрізняють два способи – горизонталей та спосіб профілю.

В способі горизонталей використовують допоміжну площину загального положення. В цьому випадку пряму градуюють і через неї проводять площину загального положення, задану горизонталлями, які проходять через точки прямої. Визначають точки перетину горизонталлей допоміжної січної площини з горизонталлями земної поверхні, що мають однакові числові позначки. Потім сполучають ці точки лінією, яка є лінією перетину допоміжної січної площини із землею поверхнею. Точка перетину одержаної лінії з заданою прямою і буде шуканою точкою перетину прямої із землею поверхнею.

На рис. 3.12 показано розв'язок задачі на визначення точки перетину прямої AB із землею поверхнею. Для цього виконаємо такі дії:



1. Градуємо прямою $A_{24}B_{29}$ і проводимо через пряму допоміжну січну площину α загального положення, яку на плані задано горизонталями, що проходять через відповідні точки прямої A_{24} і B_{29} . На рис. 1.61 побудовано також масштаб ухилу α_i площини α .

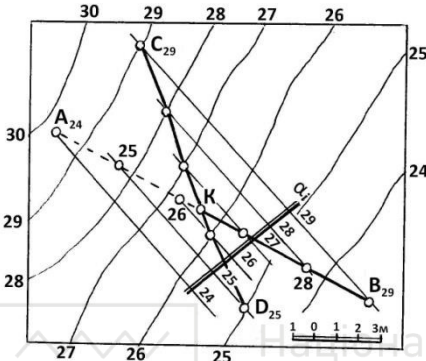


Рис. 3.12. Визначення точки K перетину прямої AB із землею поверхнею способом горизонталей

2. Визначаємо точки перетину горизонталей допоміжної січної площини α і горизонталей земної поверхні, що мають однакові числові позначки, і сполучаємо ці точки лінією $C_{29}D_{25}$, яка є проекцією лінії перетину допоміжної січної площини α із землею поверхнею.

3. Точка K перетину одержаної лінії $C_{29}D_{25}$ із заданою прямою $A_{24}B_{23}$ є шуканою точкою перетину прямої AB із землею поверхнею.

4. Визначаємо видимість прямої AB на плані.

При застосуванні способу профілю через пряму проводять вертикальну площину, в якій будують суміщені з площиною креслення профілі як заданої прямої, так і земної поверхні. Визначивши точку перетину побудованих профілів, переносять цю точку на проекцію прямої на плані, яка і буде проекцією шуканої точки перетину прямої із землею поверхнею.

На рис. 3.13 показано розв'язок задачі на визначення точки K перетину прямої AD із землею поверхнею. Для цього виконаємо такі дії:

1. Через пряму AB (її проекція на плані $A_{15}B_{17}$) проводимо допоміжну вертикальну площину π і в ній будуємо суміщений з площиною креслення профіль \overline{AB} прямої AB та профіль земної поверхні (виділено штриховкою).

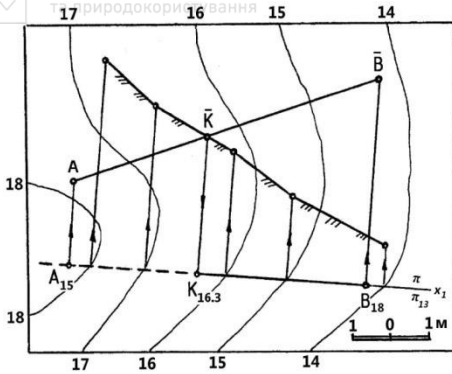


Рис. 3.13. Визначення точки K перетину
прямої AB із землею поверхнею
способом профілю

профілі в межах креслення. Наприклад, щоб побудувати профіль \bar{A} , потрібно від точки A_{15} на осі x_1 відкласти відрізок, що дорівнює 2 м ($15-13 = 2$ м). Якщо базовою була б площина π_0 , то для побудови профілю \bar{A} потрібно було б відкласти від осі x вже 15 м.

Зазначимо, що в даному випадку вісь x_1 проведено безпосередньо через пряму $A_{15}B_{17}$, хоча її можна розмішувати для зручності побудови профілів і далі від $A_{15}B_{17}$, причому по обидва боки.

2. Визначаємо точку \bar{K} перетину профілю \bar{AB} з профілем земної поверхні.

3. Проекціюємо точку \bar{K} на пряму $A_{15}B_{17}$ на плані і визначаємо точку $K_{16,2}$, яка буде проекцією шуканої точки перетину прямої AB із землею поверхнею. Точка K має числову позначку 16,3, яку визначено таким чином:
 $13 + \left| \bar{K}K_{16,2} \right| = 13 + 3,3 = 16,3$.

4. Визначаємо видимість $A_{15}B_{17}$ на плані.

При цьому побудова профілів ведеться в системі $x_1 \pi / \pi_{13}$, тобто базовою

для побудови профілів є не площина π_0 , а горизонтальна площина π_{13} з числовою позначкою 13. Це зроблено для того, щоб відкласти висоти точок не від площини π_0 , а від площини π_{13} , що дає можливість розмішувати



3.4. Перетин поверхні з площиною

Побудова лінії перетину поверхні з площиною, як і двох площин, в проєкціях з числовими позначками ґрунтується на методі допоміжних січних площин.

Як правило, допоміжними площинами є горизонтальні площини, паралельні до основної площини. Ці площини перетинають задані поверхні та площину по їх горизонталях. Лінія перетину поверхні з площиною будується як лінія, що з'єднує точки перетину горизонталей поверхні та площин з однаковими позначками. Цей метод побудови лінії перетину називається способом горизонталей і використовується найчастіше.

Зображувати на плані допоміжні січні площини немає потреби, оскільки для побудови лінії перетину використовують горизонталі поверхні та площини.

Порядок побудови лінії перетину поверхні з площиною такий:

1. Побудувати на плані проєкції горизонталей площини та поверхні, якщо вони не задані.

2. Зафіксувати в межах зображеного плану всі точки перетину горизонталей площини з горизонталями поверхні, які мають однакові числові позначки.

3. Послідовно сполучити одержані точки кривою лінією, якщо поверхня криволінійна, або ламаною, якщо поверхня багатогранна. Ця лінія і буде шуканою лінією перетину поверхні з площиною.

Розглянемо приклад побудови лінії перетину площини з багатогранною поверхнею. На рис. 3.14 побудовані лінії перетину укосів котлована між собою і з плоским косогором. Котлован є багатогранною поверхнею – зрізаною чотириохгранною пірамідою, три з чотириох бокових граней якої мають ухили 1:1, а одна – 1:2. Дно котлована – горизонтальний майданчик з числовою позначкою 10.0.

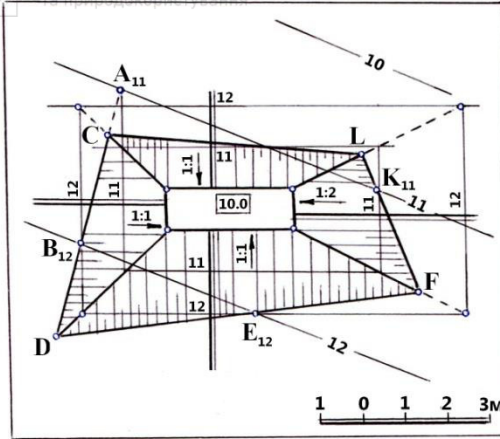


Рис. 3.14. Побудова ліній перетину укосів котлована між собою і з плоским косогором

інтервали укосів із ухилом 1:1 дорівнюють 1 м, а інтервал укосу із ухилом 1:2 – 2 м. Для цього, взявши в масштабі плану відрізки, що дорівнюють 1м та 2 м, відкладемо їх на відповідних лініях найбільшого ухилу. Одержані точки позначимо 11, 12.

Числові позначки масштабів ухилу котлована будуть зростати у напрямку від дна котлована, оскільки воно має числову позначку 10.0 і знаходиться між горизонталями плоского косогору з числовими позначками 11, 12, тобто укоси котлована будуть укосами виїмки.

2. Через точки 11, 12 масштабів ухилу проводимо горизонталі 11, 12 укосів котлована перпендикулярно масштабам ухилу. Сполучивши точки перетину горизонталей з однаковими числовими позначками, що належать двом суміжним укосам, дістанемо на плані проекції ліній взаємного перетину цих укосів. Площини укосів перетинаються по прямій лінії. Щоб її побудувати, досить визначити дві її точки. Ці точки одержані в результаті перетину двох пар горизонталей суміжних укосів, що мають однакові числові позначки: одна – це точка

Послідовність побудови ліній перетину:

1. Градуємомо укоси котлована. Межі дна котлована є горизонталями укосів, що мають числову позначку 10.0. Тому перпендикулярно до них проводимо лінії найбільшого ухилу укосів, градування яких проведено з урахуванням того, що



перетину меж котлована, другу визначимо в результаті перетину горизонталей укосів з числовою позначкою 12.

3. Зафіксуємо на плані точки перетину горизонталей 11 та 12 плоского косогору з горизонталями укосів, які мають такі ж числові позначки. Це точки A_{11} , K_{11} та B_{12} , E_{12} .

4. Проведемо лінію перетину лівого укосу з плоским косогором. Вона проходить через точки A_{11} та B_{12} . Суцільною основною лінією виділимо відрізок CD , розміщений між лініями перетину лівого укосу з нижнім та верхнім. Потім побудуємо лінію перетину нижнього укосу з плоским косогором, яка проходить через точки D та E_{12} і розміщена між точками D та F . Аналогічно будуємо лінію перетину правого укосу з плоским косогором, а сполучивши точки L та C , знаходимо лінію перетину верхнього укосу з плоским косогором.

Ламана лінія $CDFL$ є шуканою лінією перетину укосів котлована з плоским косогором.

На рис. 3.15 побудовані лінії перетину площин укосів α та β з поверхнею укосу γ , яка є поверхнею прямого колового конуса.

Ухили укосів α та γ дорівнюють 1:1, а укосу β – 1:1.5. Числова позначка бровок укосу дорівнює 40.

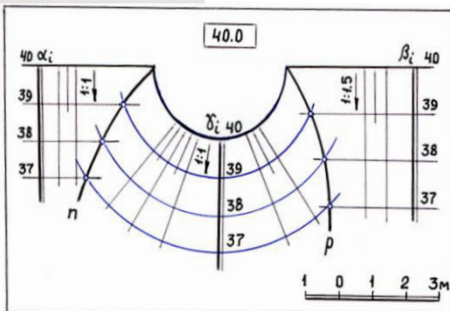


Рис. 3.15. Побудова ліній перетину площин укосів α та β з укосом γ , який є поверхнею прямого колового конуса

Розв'язування зводиться до визначення горизонталей укосів за заданими ухилами і знаходження точок перетину горизонталей укосів, що мають однакові числові позначки. Для цього виконаємо такі дії:

1. Градуємомо укоси, враховуючи що інтервали укосів α та γ дорівнюють 1 м, а укосу β – 1.5 м. Укоси α та β градуємомо аналогічно прикладу, який розглянуто на рис. 1.34. Що стосується укосу γ , то



горизонталі укосу – дуги концентричних кіл, як і криволінійна бровка. Вони проведені через точки з цілочисловими позначками масштабу ухилу укосу перпендикулярно до бровки. Відстань між позначеними точками 1 м, оскільки ухил укосу 1:1.

2. Фіксуємо точки перетину горизонталей укосів, що мають однакові числові позначки.

3. Послідовно з'єднуємо одержані точки кривими лініями n та p .

Розглянемо приклад на визначення лінії перетину площини із землею поверхнею. Для визначення цієї лінії потрібно зафіксувати точки перетину горизонталей площини та земної поверхні, що мають однакові числові позначки. Сполучивши між собою послідовно знайдені точки, отримаємо шукану проекцію лінії перетину площини із землею поверхнею.

Задача на перетин площини із землею поверхнею виникає при визначенні меж земляних робіт, коли проектують земляної споруди.

Так, на рис. 3.16 наведені вихідні дані для побудови лінії перетину земляних укосів, що примикають до горизонтального полотна дороги, із землею поверхнею. Ухил укосів 1:1, ширина смуг під кювети 0,5 м.

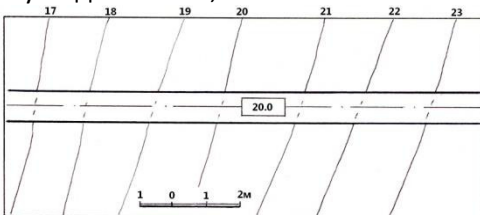


Рис. 3.16. До побудови меж земляних робіт укосів горизонтального полотна дороги

Перш ніж виконувати побудови, потрібно з'ясувати, який тип укосів примикає до полотна дороги. В укосах насипу числові позначки точок по мірі віддаленості від дороги зменшуються, а

в укосах виїмки – збільшуються. Визначають тип укосів таким чином. Відмічаємо точку перетину крайньої справа горизонталі земної поверхні з числовою позначкою 23 із бровкою споруди (дороги). Оскільки полотно дороги в цьому місці повинно мати



числову позначку 20, а земна поверхня має більшу числову позначку, то для спорудження дороги землю потрібно забирати, а отже, справа на плані до дороги примикає укіс виїмки. Тепер візьмемо крайню зліва точку перетину горизонталі земної поверхні з числовою позначкою 17 із бровкою дороги. Оскільки дорога в цьому місці повинна мати також числову позначку 20, а земна поверхня має меншу числову позначку, то для спорудження дороги землю потрібно підсипати, а отже, зліва на

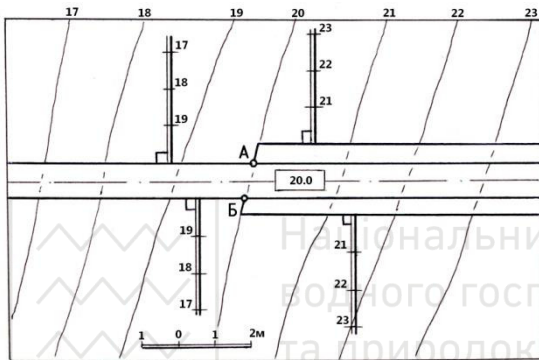


Рис. 3.17. Визначення точок нульових робіт та типів укосів

бровок дороги із землею поверхнею. На рис. 3.17 дані точки позначені літерами А і Б. Точки А і Б називають точками нульових робіт. Отже, **точки нульових робіт** – це точки перетину ліній контуру споруди із землею поверхнею. В цих точках ніяких земляних робіт не виконують, укіс виїмки переходить в укіс насипу і навпаки. Проте слід зазначити, що не тільки укіс виїмки переходить в укіс насипу в точці нульових робіт, а можуть переходити в цій точці один в одний і однотипні укоси. Детальніше про це буде сказано нижче.

Визначивши точки А і Б нульових робіт, в укосах виїмки проводимо смуги під кювети (рис. 3.17), до яких вже будуть прилягати укоси виїмки. Кювети виконують з метою відводу води з укосів виїмки, наприклад, під час дощу, щоб вода не збиралася на полотні дороги.

плані до дороги примикає укіс насипу.

Звідси логічно випливає, що на бровці дороги повинна бути точка, в якій укіс виїмки переходить в укіс насипу і навпаки.

Зрозуміло, що це точка перетину



На рис. 3.17 в межах плану до полотна дороги з двох боків примикають два укоси насипу і два укоси виїмки. В кожному укосі проводимо ЛНУ перпендикулярно до бровки дороги в укосах насипу і до лінії контуру кювету в укосах виїмки. Потім градуюємо ЛНУ площин. Оскільки ухили всіх укосів 1:1, то відстань між точками ЛНУ, що мають цілочислові значеннями позначок (інтервал ЛНУ), буде складати 1 м (рис. 3.17).

Завершальний етап побудов показано на рис. 3.18. Через точку ЛНУ з цілими числовими позначками проводимо відповідні горизонталі укосів, тобто градуюємо укоси насипу та виїмки. Далі для визначення лінії перетину укосів із землею

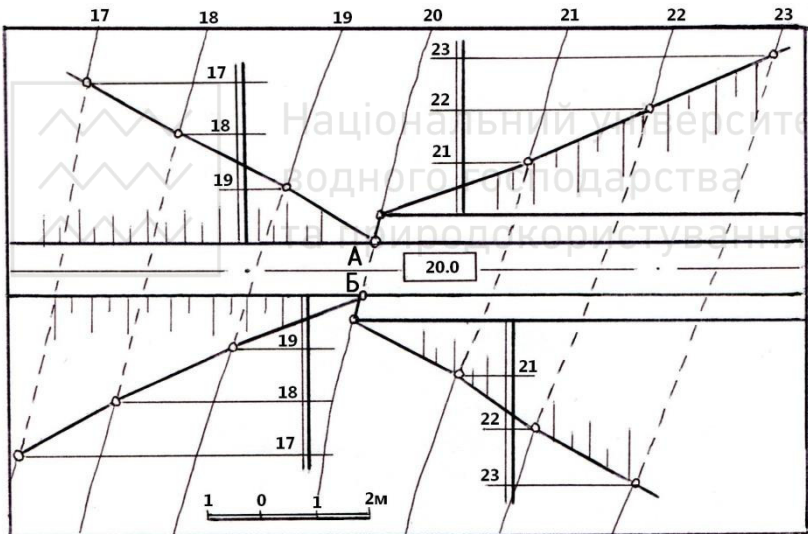


Рис. 3.18. Визначення меж земляних робіт укосів

поверхнею знаходимо точки перетину горизонталей укосів із горизонталями земної поверхні, що мають однакові числові позначки. Через отримані точки проводимо плавну лінію або з'єднуємо суміжні точки відрізками ламаної лінії. Лінії доводимо до точок нульових робіт. Для укосів виїмки вони перемістилися на смугу кювету. *Лінії перетину земляних укосів із землею*



поверхнею називають **межами земляних робіт**. Після визначення меж земляних робіт земляні укоси зображують штриховкою паралельними короткими та довгими лініями, так званими **бергштрихами**. Бергштрихи проводять з верхньої кромки укосу перпендикулярно до його горизонталей і в бік горизонталей з меншою числовою позначкою. Для укосів виїмки верхньою кромкою є межа земляних робіт, а для укосів насипу – лінія контуру споруди, до якої примикає укіс насипу. Бергштрихи показують напрям ЛНУ даної площини земляних укосів, тобто вони паралельні до ЛНУ.

В точках нульових робіт не тільки укіс виїмки може переходити в інший тип укосу – укіс насипу, але і однотипні укоси можуть переходити один в один. На рис. 3.19 показано,

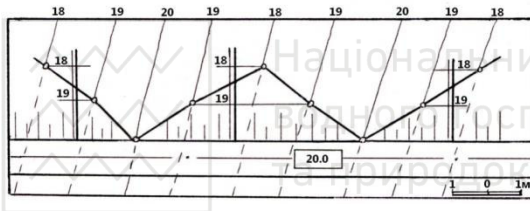


Рис. 3.19. Побудова меж земляних робіт трьох укосів насипу

як до горизонтального полотна дороги примикають три різних, проте однотипних укоси насипу (з одного боку полотна дороги), а на рис.

3.20 – три укоси виїмки.

Слід зазначити, що задачі на побудову меж земляних робіт

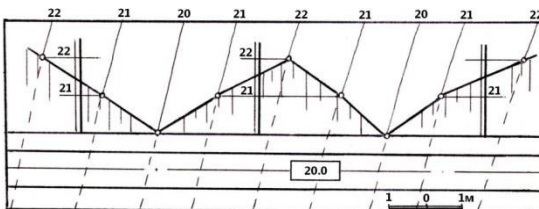


Рис. 3.20. Побудова меж земляних робіт трьох укосів виїмки

укосів треба починати розв'язувати із знаходження саме точок нульових робіт.

Якщо в межах плану, зображеного на кресленні, немає

точок нульових робіт, то це означає, що до споруди примикає тільки один укіс: або укіс насипу, або укіс виїмки. Так, на



рис. 3.21 до полотна дороги прилягає тільки один укіс – укіс насипу, а на рис. 3.22 – укіс виїмки.

Розглянемо приклади на побудову меж земляних робіт укосів, що примикають до нахиленого полотна дороги.

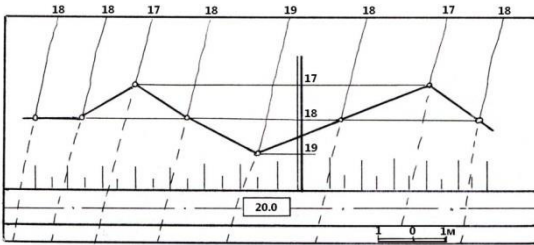


Рис. 3.21. Побудова меж земляних робіт укосу насипу, коли в межах плану відсутні точки нульових робіт

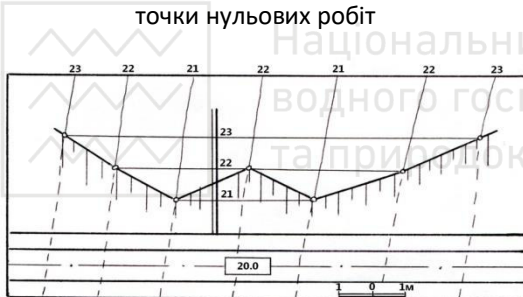


Рис. 3.22. Побудова меж земляних робіт укосу виїмки, коли в межах плану відсутні точки нульових робіт

будують лінію перетину площини полотна дороги із землею поверхнею. Для цього знаходять точки перетину горизонталей полотна дороги з горизонталями земної поверхні з однаковими числовими позначки. Через знайдені точки проводять шукану лінію перетину і визначають точки *C* і *D*, в яких ця лінія перетинає бровки полотна дороги. Потім аналогічно тому, як це

На рис. 3.23 показано таку побудову, коли ухил полотна дороги 1:3, ухил укосів 1:1, ширина смуг під кювети 0,5 м. Точки нульових робіт можна визначити різними способами, наприклад, способом профілю, провівши допоміжну вертикальну площину через бровку полотна дороги. На рис. 3.23 точки

нульових робіт *C* і *D* визначені способом горизонталей. За цим способом



визначено для задачі, наведеної на рис. 3.17, встановлюємо, що

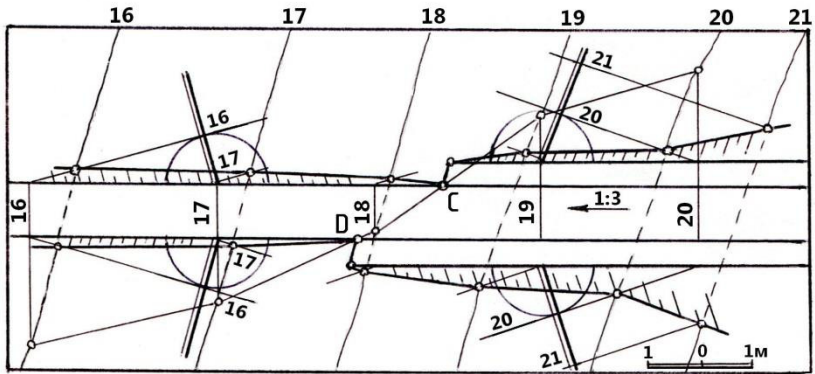


Рис. 3.23. Побудова меж земляних робіт укосів, що примикають до нахиленого полотна дороги

справа від точок нульових робіт до дороги примикають укоси виїмки, а зліва – укоси насипу.

Наступний етап – це градуювання укосів, заданих прямими загального положення та величиною ухилу площини укосів, що розглядалося в 2.2. Звернемо увагу на деякі особливості в градуюванні укосів насипу та виїмки. В укосах насипу із двох можливих горизонталей з числовими позначками 16 і 17 спочатку проводять горизонталь з меншою числовою позначкою, що є дотичною до горизонталі конуса, вершина якого знаходиться в точці на бровці з числовою позначкою 17. Радіус горизонталі конуса визначаємо за формулою (2.1):

$$R = h \cdot l = (17 - 16) \cdot 1 = 1 \text{ м.}$$

Побудову горизонталі укосу насипу з числовою позначкою 16 показано на плані (рис. 3.23) і проілюстровано на наочному зображенні (рис. 3.24).

Щодо градуювання укосу виїмки, то тут з двох можливих горизонталей 19 та 20 спочатку проводять горизонталь з більшою числовою позначкою. Це необхідно постійно враховувати, градуюючи той чи інший тип земляних укосів.

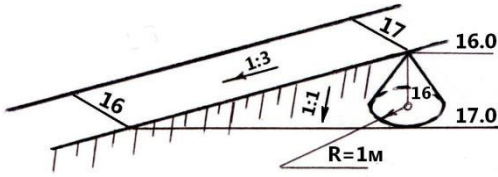


Рис. 3.24. Побудова на наочному зображенні горизонталі 16 в укосі насипу (доповнення до рис. 3.23)

Горизонталь 20 з більшою числовою позначкою є дотичною до горизонталі конуса з вершиною в точці з меншою числовою позначкою 19. Причому використовують

верхню полу прямого колового конуса, а його горизонталь і її центр мають числові позначки горизонталі, яку потрібно спочатку провести в укосі виїмки, тобто 20. Радіус цієї горизонталі конуса також визначаємо за формулою (1.2):

$$R = h \cdot l = |(19 - 20)| \cdot 1 = 1 \text{ м.}$$

Побудову горизонталі укосу виїмки з числовою позначкою 20 показано на плані (рис. 3.23) і проілюстровано на наочному зображенні (рис. 3.25).

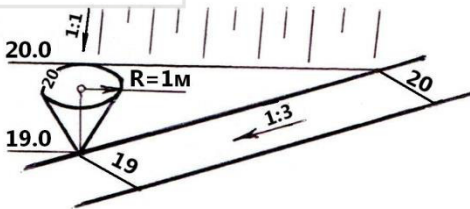


Рис. 3.25. Побудова на наочному зображенні горизонталі 20 в укосі виїмки (доповнення до рис. 3.23)

Після того, як в укосах побудовано по одній горизонталі, можна перпендикулярно до них провести ЛНУ площин земляних укосів, які градуюють, і через знайдені точки з цілими числовими поз-

начками провести горизонталі укосів. Потім будують межі земляних робіт укосів і виконують штриховку отриманих укосів.

Бергштрихи проводять не перпендикулярно до меж земляних робіт, а перпендикулярно до горизонталей укосів або паралельно до ЛНУ площин укосів.



Якщо точок нульових робіт на плані в межах креслення немає, то це означає, що до полотна дороги примикає або тільки укіс виїмки, або тільки укіс насипу. Так, на рис. 3.26 до

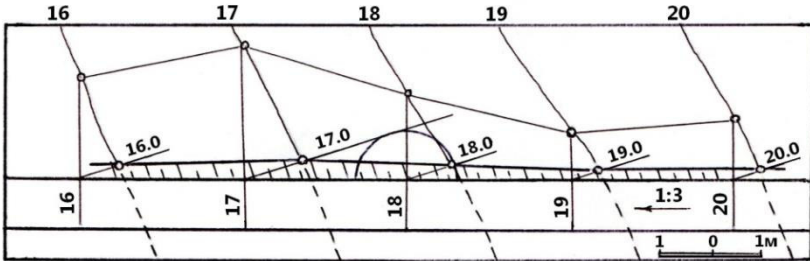


Рис. 3.26. Побудова меж земляних робіт укосу насипу, що примикає до нахилоного полотна дороги (в межах плану відсутні точки нульових робіт)

полотна дороги примикає тільки укіс насипу, а на рис. 3.27 – тільки укіс виїмки.

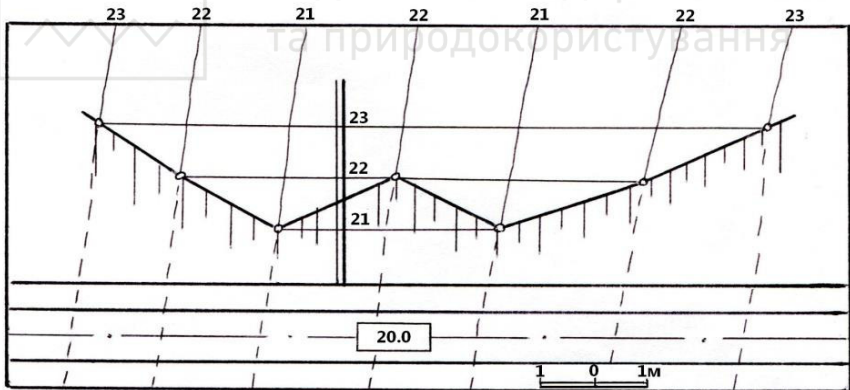


Рис. 3.27. Побудова меж земляних робіт укосу виїмки, що примикає до нахилоного полотна дороги (в межах плану відсутні точки нульових робіт)

В крайніх на плані укосах (рис. 3.28) горизонталі проведено паралельно до горизонталей укосів, побудованих в



центральної частині плану, оскільки горизонталі в різних, проте

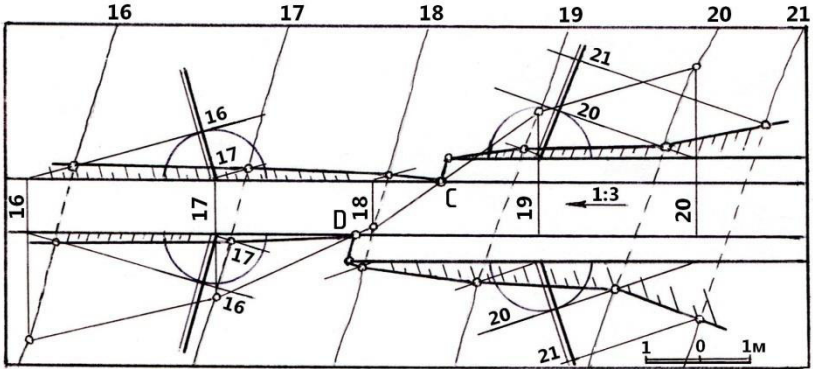


Рис. 3.28. Побудова меж земляних робіт трьох укосів, що примикають до нахилоного полотна дороги

однотипних укосах, паралельні між собою, якщо укоси мають однакову величину ухилу. Це значно полегшує градуювання укосів, оскільки не треба будувати в них горизонталі конусів.

Розглянемо приклади побудови меж земляних робіт

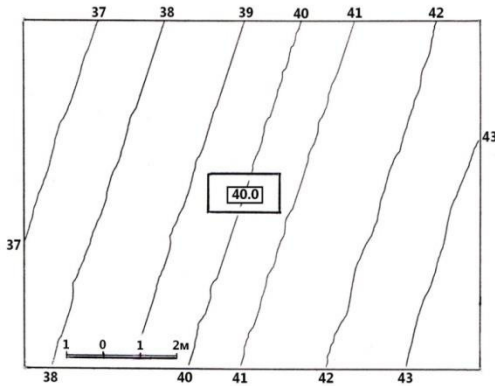


Рис. 3.29. До побудови меж земляних робіт укосів будівельного майданчика

суміжних земляних укосів, які примикають до споруди.

На рис. 3.29 наведено умову задачі на визначення меж земляних робіт будівельного майданчика (ухил земляних укосів 1:1, ширина смуг під кювети 0,3м). На рис. 3.30 показано перший етап розв'язування задачі, а саме, визначення точок нульових робіт А

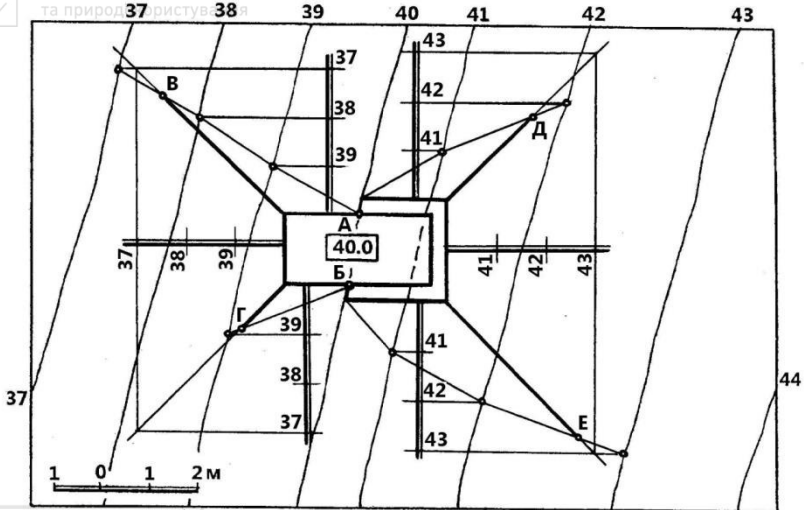


Рис. 3.30. Побудова точок нульових робіт та ліній перетину суміжних укосів

і Б. Зліва від них до майданчика прилягають три укоси насипу, а справа – три укоси виїмки, що примикають до кювету. Крім цього, на даному рисунку показано побудову ліній перетину укосів між собою. Детальніше зупинимось на цих побудовах. Виконаємо градуювання укосів. Оскільки сторони майданчика є горизонталлями укосів з числовими позначками 40 м, то проводимо ЛНУ перпендикулярно до сторони контура майданчика в кожному із 6-ти укосів. Градуємо ЛНУ з урахуванням типу укосів. Потім в укосах насипу проводимо горизонталі з числовою позначкою 37 м, а в укосах виїмки – горизонталі з числовою позначкою 43 м для визначення точки, через яку проходить лінія перетину двох суміжних укосів. Друга точка – перетин сторін контуру майданчика.

Через указані точки проводимо так звану «теоретичну» лінію перетину суміжних укосів за умови, що укоси безмежні, тобто не обмежуються земною поверхнею. Ця «теоретична» лінія перетину в укосах насипу проходить через точки перетину горизонталей суміжних укосів з числовими позначками 37 і 40, а



в укосах виїмки – через точки перетину горизонталей суміжних укосів з числовими позначками 40 і 43.

В дійсності «теоретична» лінія обмежується перетином укосів із земною поверхнею. Для її визначення будують межі земляних робіт укосів. Так, на рис. 3.30 межа земляних робіт верхнього укосу насипу перетинає «теоретичну» лінію в точці В, яка і обмежує лінію перетину верхнього і розміщеного зліва укосів (виділена на плані потовщеною лінією). Побудувавши межу земляних робіт нижнього укосу, знаходимо точку Г, що обмежує лінію перетину нижнього і розміщеного зліва укосів. Аналогічно знаходимо точки Д і Е, які обмежують лінію перетину суміжних укосів виїмки.

На рис. 3.31 показано кінцевий результат розв'язування даної задачі. Крім того, побудовано профіль у напрямі 1-1 земної поверхні і будівельного майданчика з укосами. Позначена під профілем 1-1 графа «Відмітки землі» - це верхня графа сітки профілю, що є низкою горизонтально розміщених граф (в даному прикладі інші графи не показані), кількість і розміри яких залежать від призначення профілю та області його застосування. Слід зазначити, що слово «відмітка» часто вживається замість терміну «числова позначка».

У графі «Відмітки землі» записують числові позначки точок горизонталей земної поверхні, в яких вони перетинають на плані слід вертикальної площини, проведеної у напрямі 1-1. Ці точки зазначені символами «•». За ними будують профіль земної поверхні. Символами «(х)» позначені точки, за якими будується профіль будівельного майданчика з укосами.

Верхню горизонтальну лінію сітки профілю приймають за базу профілю, від якої по вертикалі відкладають відрізки прямих, що відповідають різниці числових позначок точок землі, зафіксованих на напрямі 1-1, та умовної відмітки бази профілю. Умовну відмітку бази профілю вибирають таким чином, щоб



зручно було відкласти вертикальні відстані, а лінія профілю не

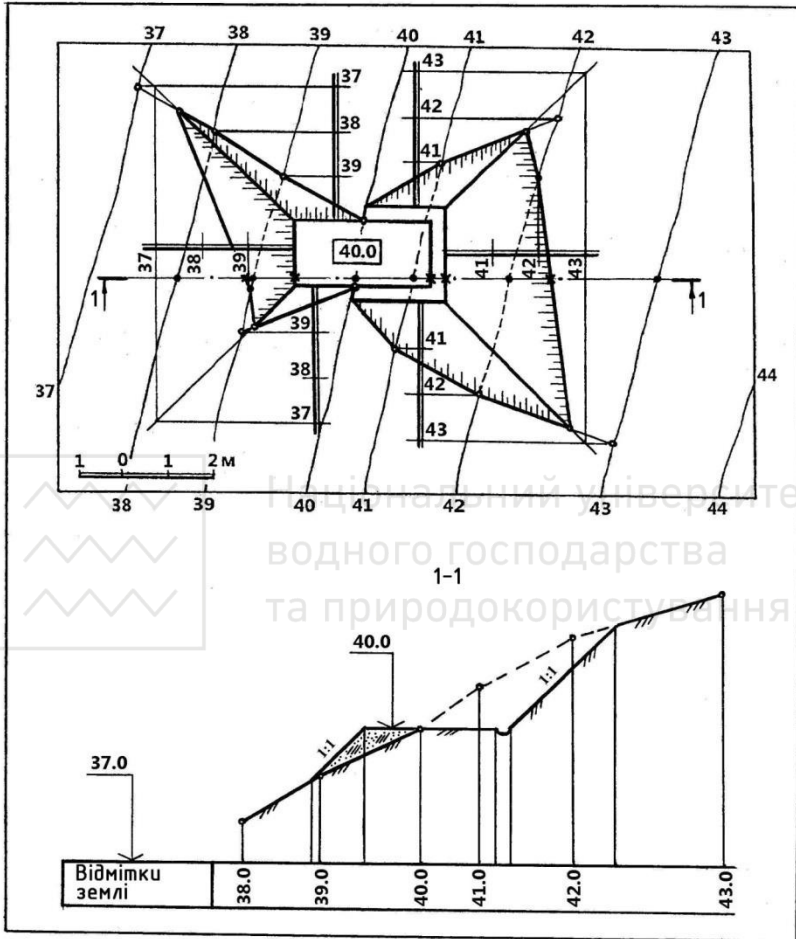


Рис. 3.31. Побудова меж земляних робіт укосів та профілю 1-1 земної поверхні і будівельного майданчика з укосами

виходила за межі відведеного місця на кресленні. В даній задачі умовна відмітка бази профілю дорівнює 31.0 м – це числова позначка горизонтальної площини, від якої відкладають відрізки прямих при побудові профілю земної поверхні. Вона вибрана



на 1 м нижче найменшої (38.0 м) числової позначки горизонталі земної поверхні в перетині 1-1. Тому умовну відмітку бази профілю беремо на 1 м меншою, тобто 37.0 м.

Потім виконуємо такі побудови:

1. Визначаємо на плані точки перетину горизонталей земної поверхні із слідом вертикальної площини, проведеної у напрямі 1-1. Ці точки позначені «•».

2. Відстані між визначеними точками переносимо на базу профілю.

3. У графі «Відмітка землі» над поділками, що відповідають визначеним точкам, вписуємо числові позначки 38.0, 39.0 ... 43.0.

4. Від бази профілю відкладаємо в прийнятому вертикальному масштабі відрізки, що дорівнюють різниці числових позначок точок землі та умовної відмітки (позначки) бази профілю, тобто 38.0-31.0, 39.0-31.0 ... 43.0-31.0.

5. Отримані на вертикальних відрізках профілі точок землі сполучаємо плавною лінією або відрізками прямої лінії.

6. Будуємо за зазначеними на плані точками «(х)» профіль будівельного майданчика з укосами. Записуємо на профілі 1-1 числову позначку 40.0 горизонтального будівельного майданчика, виконуємо штриховку профілю земної поверхні, а також укосу насипу, як засипку.



ЛЕКЦІЯ 4. ВЗАЄМНИЙ ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ

4.1. Визначення точок нульових робіт

4.2. Побудова меж земляних робіт греблі

4.3. Побудова меж земляних робіт будівельного майданчика

В меліоративних та гідротехнічних спорудах часто зустрічаються різноманітні поверхні, що перетинаються між собою та із землею поверхнею.

Побудова лінії взаємного перетину двох поверхонь у проєкціях з числовими позначками, як і при перетині двох площин, поверхні з площиною, ґрунтується на методі допоміжних січних площин.

Як допоміжні використовують горизонтальні площини, які перетинають дані поверхні по їх горизонталях. Точки перетину горизонталей однієї поверхні з горизонталями другої, що мають однакові числові позначки, будуть точками лінії взаємного перетину поверхонь. Практично допоміжні січні площини тільки «тримають в пам'яті», а на планах проводять або використовують готові горизонталі поверхонь.

Порядок побудови лінії взаємного перетину поверхонь такий:

1. Провести проєкції горизонталей обох поверхонь.
2. Зафіксувати точки перетину горизонталей з однаковими числовими позначками.
3. Одержані точки послідовно сполучити лінією, яка і буде лінією взаємного перетину поверхонь.

4.1. Визначення точок нульових робіт

Побудову меж земляних робіт починають з визначення точок нульових робіт – точок перетину лінії контура споруди із землею поверхнею. Тому, перш ніж приступити до побудови лінії взаємного перетину поверхонь, слід розглянути відомі способи знаходження точок нульових робіт.



На рис. 3.13 точки перетину прямої лінії із землею поверхнею визначено способом профілю. На рис. 3.17 точки нульових робіт знайдено просто – це точки перетину горизонтально розміщених бровок полотна дороги, що мають числову позначку 20, з горизонталлю 20 земної поверхні. При дробовій числовій позначці горизонтальної ділянки споруди (рис. 1.81) для визначення точок нульових робіт потрібно застосовувати або спосіб профілю, або спосіб пропорційного ділення відрізка лінії контуру споруди, що знаходиться в межах точок перетину цієї лінії із горизонталями земної поверхні із цілочисловими позначками. На рис.4.1 точка нульових робіт $K_{21.4}$ верхньої бровки дороги визначена способом профілю, а точка $T_{21.4}$ нижньої бровки дороги – пропорційним діленням відрізка $C_{27}D_{28}$ на десять рівних частин. Графічну побудову точки $K_{21.4}$ виконано аналогічно тому, як це показано на рис.

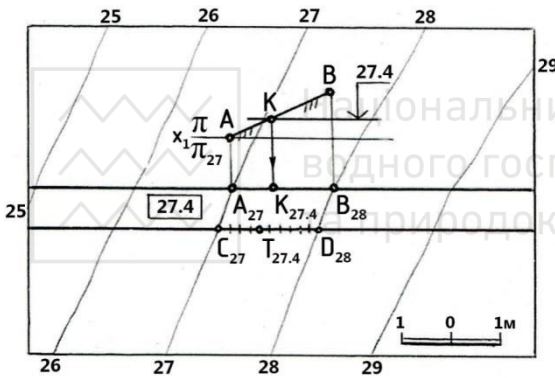


Рис. 4.1. Визначення точок нульових робіт способом профілю та прямо пропорційного ділення

горизонтальною прямою, тому і профіль бровки буде розміщений паралельно до x_1 на відстані 0,4 м.

Розглянемо знаходження точок нульових робіт, якщо лінія контуру споруди є прямою загального положення. На рис. 4.2 показано три способи визначення точок нульових робіт на прикладі перетину бровок нахиленої частини полотна дороги із землею поверхнею.

профілю, а точка $T_{21.4}$ нижньої бровки дороги – пропорційним діленням відрізка $C_{27}D_{28}$ на десять рівних частин. Графічну побудову точки $K_{21.4}$ виконано аналогічно тому, як це показано на рис.

3.13. Відмінність полягає в тому, що бровка дороги є



проекцій $x_1 \frac{\pi}{\pi_{20}}$ від осі x_1 відкладаємо відрізки, що дорівнюють

різниці числових позначок точок $M_{22}, D_{22}, N_{21}, C_{20}$ та числової позначки горизонтальної площини π_{20} , що дорівнює 20. Лінія \overline{MN} - профіль земної поверхні (виділено штриховою лінією), лінія \overline{CD} - профіль бровки b . Точку R перетину одержаних профілів \overline{MN} та \overline{CD} переносимо (показано стрілкою) на бровку b на плані і отримуємо шукану точку R , яка є проекцією точки нульових робіт на бровці b .

Ще один спосіб, поширений на практиці, називається способом горизонталей. Його застосування показано на рис. 3.23, де точки нульових робіт C і D нахилених бровок дороги визначені як точки, в яких лінія перетину земної поверхні із площиною, що проходить через полотно дороги, перетинає бровку дороги.

На рис. 3.13, 3.23, 4.1, 4.2 бровки споруд прямолінійні. Але на практиці доводиться зустрічатися і з криволінійними бровками. Тому розглянемо спосіб визначення точки перетину кривої лінії із землею поверхнею.

На рис. 4.3 показано визначення точки перетину кривої лінії A_9B_{12} із землею поверхнею способом профілю. Для цього через криву лінію проводять проекціюючу поверхню α (на рис. 4.3 позначено слід $\bar{\alpha}$ цієї поверхні). Потім поверхню α розгортають (випрямляють), при цьому профіль земної поверхні будують по кривій A_9B_{12} , довжину якої визначають наближено шляхом заміни кривої лінії ламаною, яка вписана в цю криву, та вимірюванням довжини її ланок. Для зменшення похибки відрізки ламаної беруть такими, щоб вони мало відрізнялися за довжиною від дуг кривої, які вони стягують. Проводять базу профілю із умовною позначкою, що дорівнює 8, і будують розгорнутий профіль лінії та земної поверхні (виділено штриховкою). При побудові профілю кривої лінії умовно вважають, що числові позначки точок кривої лінії змінюються



прямо пропорційно до відстані між ними. Відмічають точку \bar{K} перетину профілів і проєкціюють її на базу профілю, одержуючи точку K . Вимірюють на базі профілю відрізок, що дорівнює відстані між точками A та K . Його довжину на плані відкладають від точки A по довжині кривої лінії і визначають точку K . У разі потреби визначають видимість кривої.

Крім способу профілю, для визначення точок нульових робіт споруди з криволінійною лінією контуру часто

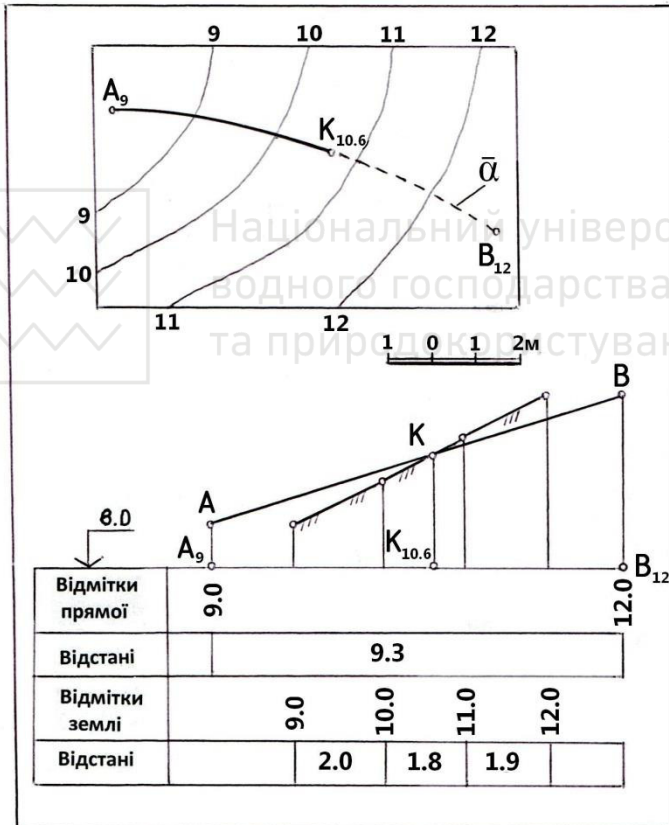


Рис. 4.3. Визначення точки перетину кривої лінії із земною поверхнею способом профілю.



застосовують і спосіб горизонталей, що розглянуто на рис. 3.23 для прямолінійної бровки.

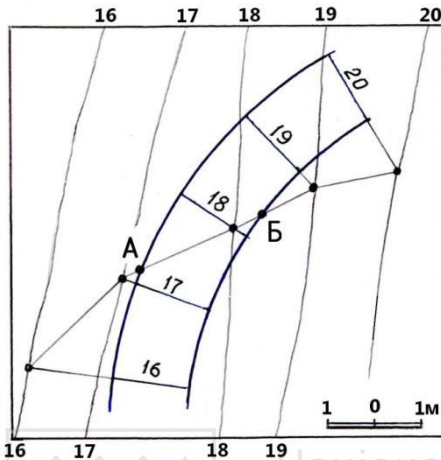


Рис 4.4. Визначення точок нульових робіт криволінійних бровок нахиленого полотна дороги способом горизонталей

На рис. 4.4 способом горизонталей побудовані точки нульових робіт А і Б криволінійних бровок нахиленого полотна дороги. Точки А і Б – точки перетину бровок дороги з лінією перетину площини, яку проведено через полотно дороги, із земною поверхнею.

Інші способи – січних площин (поверхонь) і побудови меж земляних робіт – для криволінійної лінії контура споруди є менш поширеними.

На рис. 4.5 показано визначення точок нульових робіт та меж земляних робіт на криволінійній нахиленій ділянці дороги. Ухили укосів 1:1.

Точки нульових робіт К і Т бровок полотна дороги визначені способом профілю. Більш детально це показано на рис. 4.6.

Частина споруди розміщена у виїмці, тому для стоку дощових і талих вод робиться, як правило, кювет. Для цього на рис. 4.5 креслять смугу шириною 0,5 м, від якої будують укоси виїмки.

Поверхні укосів, що є криволінійними поверхнями однакового ухилу, розглянуті на рис. 2.19. Горизонталі укосів

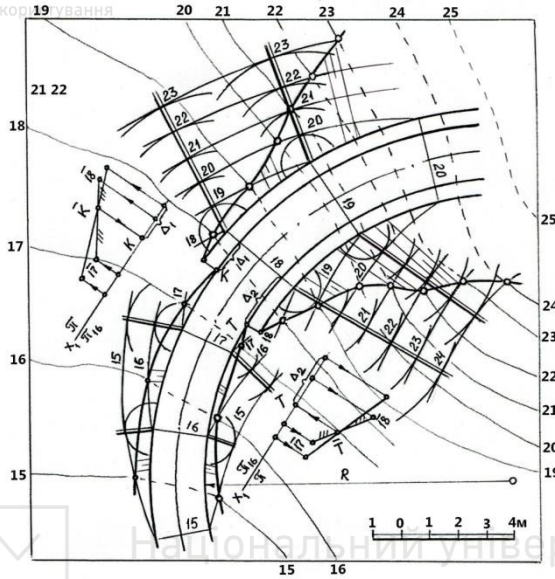


Рис. 4.5. Визначення точок нульових робіт та меж земляних робіт укосів, що примикають до криволінійної нахиленої ділянки дороги

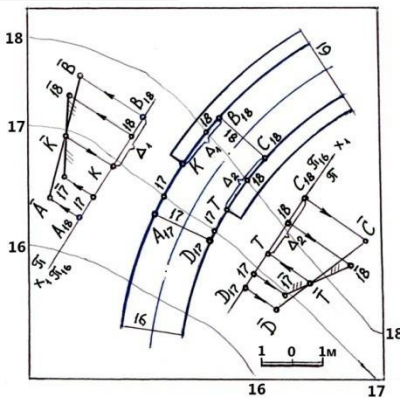


Рис. 4.6. Визначення точок нульових робіт способом профілю (доповнення до рис. 4.5)

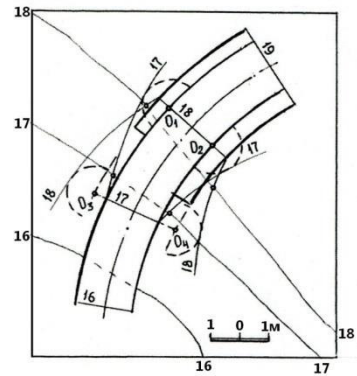


Рис. 4.7. Визначення точок перетину горизонталей 17 і 18 укосів із земною поверхню (доповнення до рис. 4.5)



будують аналогічно прикладу, наведеному на рис. 2.20, з урахуванням особливостей побудови горизонталей в укосах насипу та виїмки, показаних на рис. 3.26 та рис. 3.27. В укосах насипу та виїмки горизонталі укосів є дотичними до горизонталей (кіл) прямих колових конусів, радіуси яких визначають за формулою (2.1), причому в укосах виїмки використовують верхню полу конусів.

На рис. 4.7 показано побудову точок перетину горизонталей 17 укосів насипу та горизонталей 18 укосів виїмки із земною поверхнею. Кола конусів, до яких ці горизонталі є дотичними, на рис. 4.5 не показані, а на рис. 4.7 зображені штриховою лінією.

4.2. Побудова меж земляних робіт греблі

На рис. 4.8 показано побудову меж земляних робіт греблі, гребінь якої є горизонтальним майданчиком з дробовою числовою позначкою 32.4. В'їзди на греблю: в лівій частині креслення – прямолінійний нахилений, в правій частині креслення – криволінійний нахилений, їх ухили – 1:1. Земляні укоси греблі мають ухили: верхній – 1:3, нижній – 1:1.5. Радіус заокруглення криволінійного в'їзду $R = 25,0i$. Ухили укосів в'їздів – 1:1.5, ширина смуг під кювети дорівнює 1,5 м.

Послідовність розв'язування задачі:

1. Визначаємо точки нульових робіт. Спочатку знаходимо точки B та C нульових робіт верхньої бровки греблі способом профілю (профіль земної поверхні тут і далі виділено штриховкою). На плані з точок B та C проводимо пряму лінію перпендикулярно до бровки греблі і зазначаємо на нижній бровці точки N та L . Лінії BN та CL є межами гребня греблі. Зліва від лінії BN та справа від лінії CL починаються нахилені в'їзди на греблю. Потім визначаємо також способом профілю точки A та D нульових робіт на нижніх бровках в'їздів на греблю.

У точках A, B, C, L на плані укоси насипу переходять в укоси виїмки.

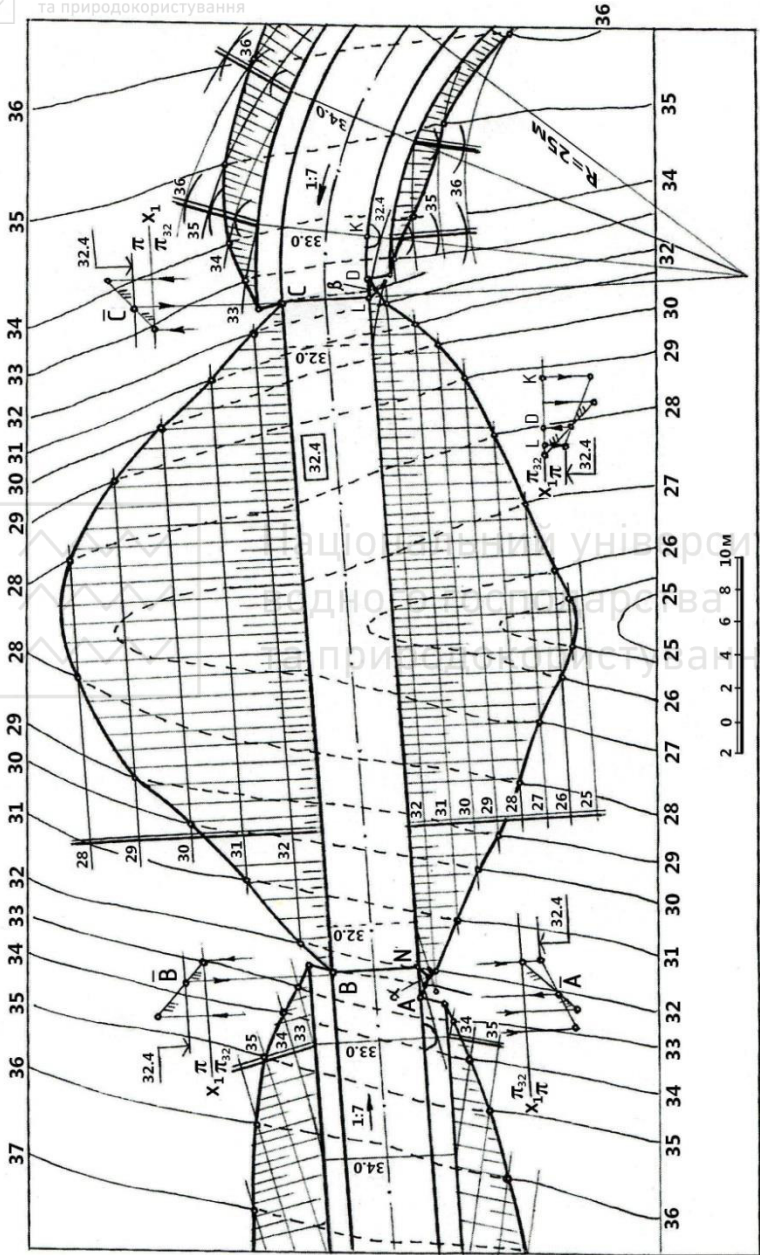


Рис. 4.8. Побудова меж земляних робіт греблі



2. Проводимо з боку укосів виїмок до точок нульових робіт смуги під кювети паралельно до бровок в'їздів на відстані 1,5 м.

3. Визначаємо межі земляних робіт укосів греблі, попередньо проградуювавши кожний з укосів.

Горизонталь 32 верхнього укосу розміщено від верхньої бровки гребеня греблі, що має числову позначку 32.4, на відстані, що згідно з (1.1) дорівнює $x = hl = (32,4 - 32,0)3,0 = 1,2\text{ м}$. Горизонталь 32 нижнього укосу розміщено від нижньої бровки гребеня греблі на відстані $x = hl = (32,4 - 32)1,5 = 0,6\text{ м}$. Горизонталі верхнього та нижнього укосів, що мають послідовні цілочислові відмітки, знаходяться одна від одної на відстані, що дорівнює інтервалам укосів, тобто відповідно 3 м та 1,5 м.

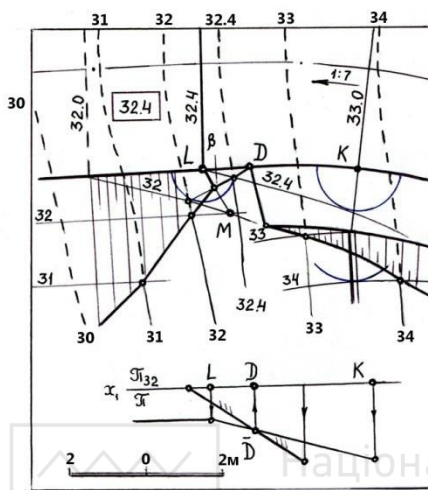
Відзначимо, що нижній укіс греблі прилягає не тільки до її гребеня, але й до нижніх бровок в'їздів на греблю, тобто розпадається на три: основний і два невеликих за площею укосів α та β , які прилягають до лінії AN (укіс α) та по лінії LD (укіс β) до нижніх бровок в'їздів. Укіс α прилягає до нахиленої прямолінійної нижньої бровки в'їзду на греблю, а укіс β – до нахиленої криволінійної нижньої бровки в'їзду.

Побудуємо лінію перетину укосу α з основним укосом – нижнім укосом греблі – та із земною поверхнею. Детально побудови показано на рис. 4.9.

Спочатку будемо теоретичну лінію перетину укосу α та основного укосу. Точка N належить двом укосам водночас і через неї проходить лінія їх перетину. Другу точку F знайдено в перетині горизонталей 32 укосів α та основного. Для проведення горизонталі 32 в укосі α умовно продовжуємо нижню бровку в'їзду і позначаємо на ній точку E з числовою позначкою 32 (горизонталь 32 цього в'їзду позначено штриховою лінією). З точки E проводимо лінію EF , яка є горизонталлю 32 укосу α , паралельно горизонталі 32.4 цього укосу. Останню горизонталь проведено з точки N як дотичну до горизонталі конуса з числовою позначкою 32.4, вершина якого



4. Градуємоємо полотно в'їздів. Горизонталі полотна в'їздів з числовою позначкою 33 будуть знаходитись від лінії меж



гребеня греблі з числовою позначкою 32.4 на відстані, виміряній по осі в'їздів, що дорівнює згідно з

$$x = h \cdot l = (33 - 32,4) \cdot 7 = 4,2i \quad (1.1)$$

де $l = 7$ м – інтервал полотна в'їздів.

Горизонталі полотна в'їздів, що мають послідовні цілочислові позначки, будуть розміщені одна від одної на відстані, що виміряна

Рис. 4.10. Побудова меж земляних робіт укосу (доповнення до рис. 4.8)

5. Градуємоємо бокові укоси виїмки в'їздів аналогічно до прикладів, які розглянуті на рис. 3.28 та рис. 4.5, причому укоси виїмки прямолінійного в'їзду будуть площинами, а укоси виїмки криволінійного в'їзду – криволінійними поверхнями однакового ухилу.

4.3. Побудова меж земляних робіт будівельного майданчика

На рис. 4.11 визначені межі земляних робіт горизонтального будівельного майданчика з числовою позначкою 60 м та нахиленим в'їздом, який складається з криволінійної та прямолінійної ділянок. Ухили укосів: насипу – 1:1.5, виїмки – 1:1, ухил в'їзду – 1:6, ширина смуг під кювети становить 1.5 м. Укоси, що примикають до будівельного

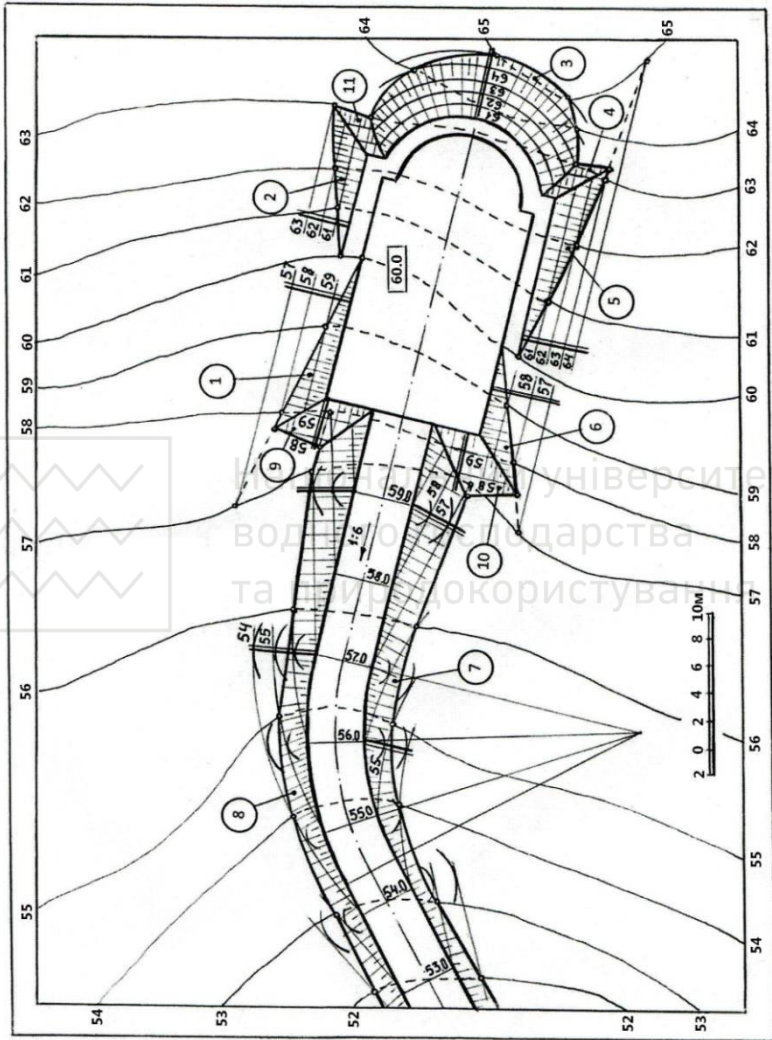


Рис. 4.11. Побудова меж земельних робіт будівельного майданчика з в'їздом



майданчика та в'їзду на нього, позначені цифрами 1 ... 11 в кружечках.

Пояснення до розв'язування даної задачі.

1. Градуювання укосів 1, 9 та 6, 10 насипу, градуювання укосів 2, 11 та 4, 5 виїмки, а також побудова ліній перетину зазначених укосів між собою та із земною поверхнею виконано аналогічно до прикладу, наведеного на рис. 3.31.

2. Градуювання укосу 3 та визначення ліній перетину його з укосами 4 та 11 виконано аналогічно до прикладу, показаного на рис. 3.15. Проте в прикладі на рис. 3.15 перетинаються укоси насипу, а в даному прикладі – укоси виїмки, і укіс 3 є поверхнею прямого колового конуса, розміщеного вершиною донизу (верхня пола конуса).

Кутіві точки ліній перетину укосу 3 з укосами 4 та 11 знаходяться як в прикладі, що зображений на рис. 3.15 – горизонталі укосу 3 продовжено до перетину з наступною горизонталлю земної поверхні.

3. Укоси 7 та 8 насипу нахиленого в'їзду є поверхнями однакового ухилу, градуювання і перетин яких з земною поверхнею виконаємо аналогічно розглянутому на рис. 3.23 та 4.5.

Побудова ліній перетину укосів 7 та 10, а також укосів 8 та 9 полягає у визначенні точок перетину горизонталей суміжних укосів з однаковими числовими позначками. Кутіві точки ліній перетину суміжних укосів визначаємо як в прикладі, наведеному на рис. 3.31.



Список використаної та рекомендованої літератури

1. Кривцов В.В., Пугачов Є.В. Проекції з числовими позначками : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2014. 135 с.
2. Кривцов В.В., Караван В.В. Інженерна графіка (спецкурс) : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2015. 191 с.
3. Кривцов В.В., Козяр М.М., Коптюк Р.М. Зображення земляних споруд за допомогою методу проєкцій з числовими позначками : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2017. 176 с.

