



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

В.В. Кривцов, М.М. Козяр, Р.М. Коптюк

**ЗОБРАЖЕННЯ ЗЕМЛЯНИХ СПОРУД
ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ПРОЕКЦІЙ
З ЧИСЛОВИМИ ПОЗНАЧКАМИ**



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчальний посібник

Рівне 2017



УДК 514.18(075):681.3

ББК 22.151.3я7:32.973.2

К82

*Рекомендовано вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.
(Протокол № 3 від 03 лютого 2017 р.)*

Рецензенти:

Рокочинський А.М., доктор техн. наук, професор Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне);

Горбатюк Р.М., кандидат техн. наук, доктор пед. наук, професор Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка;

Фещук Ю.В., кандидат пед. наук, доцент Рівненського державного гуманітарного університету.

Кривцов В.В., Козяр М.М., Коптюк Р.М.

К82 Зображення земляних споруд за допомогою методу проєкцій з числовими позначками: Навч. посібник. – Рівне : НУВГП, 2017. – 176 с.

ISBN 978-966-327-363-1

Матеріал, наведений в навчальному посібнику, дає можливість студентам опанувати основними теоретичними положеннями та практичними навичками із зображення топографічної поверхні з різними земляними спорудами. Показано процес створення в системі AutoCAD 3D моделей земляних споруд. Навчальний посібник рекомендовано до використання студентами за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія», а також він може бути корисним при розгляді відповідних тем з дисциплін, що вивчаються студентами за спеціальностями «Геодезія та землеустрій», «Архітектура та містобудування», «Гірництво», «Гідроенергетика».

УДК 514.18(075):681.3

ББК 22.151.3я7:32.973.2

ISBN 978-966-327-363-1 © Кривцов В.В., Кондратюк О.М., Коптюк Р.М., 2017

© Національний університет водного господарства
та природокористування, 2017

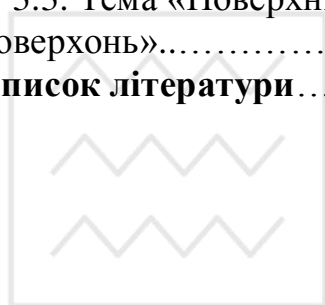


ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ 1. Метод проєкцій з числовими позначками	6
1.1. Сутність методу. Проєкціювання точки. План. Масштаб.....	6
1.2. Проєкціювання прямої лінії.....	9
1.2.1. Аналітичний спосіб градуювання прямої лінії.....	11
1.2.2. Градуювання прямої лінії способом профілю	13
1.2.3. Градуювання прямої лінії способом пропорціонального ділення	15
1.3. Проєкції площини.....	15
1.4. Перетин площин, прямої лінії з площиною. Поверхня однакового	
ухилу. Проєкції топографічної (земної) поверхні	24
1.4.1. Перетин площин.....	24
1.4.2. Перетин прямої лінії з площиною.....	30
1.4.3. Поверхня однакового ухилу.....	33
1.4.4. Проєкції топографічної (земної) поверхні.....	37
1.5. Перетин поверхні з площиною та прямою лінією. Взаємний	
перетин поверхонь	39
1.5.1. Перетин поверхні з прямою лінією	39
1.5.2. Перетин поверхні з площиною.....	41
1.5.3. Взаємний перетин поверхонь.....	53
1.5.3.1. Визначення точок нульових робіт.....	53
1.5.3.2. Побудова меж земляних робіт греблі.....	59
1.5.3.3. Побудова меж земляних робіт будівельного майданчика.....	62
Питання для самоконтролю до розділу 1	65
Розділ 2. Моделювання геометричних об'єктів технологічними	
методами комп'ютерної графіки та їх застосування для зображення	
земляних споруд	67
2.1. Основи роботи в AutoCAD 2015.....	67
2.1.1. Загальні відомості про AutoCAD	67
2.1.2. Перший запуск AutoCAD	71
2.1.3. Створення та відкриття файлу.....	72
2.1.4. Інтерфейс AutoCAD 2015.....	73
2.1.5. Система координат.....	77
2.1.6. Графічні примітиви.....	78
2.1.7. Команди редагування креслень.....	84
2.1.8. Динамічна система координат.....	90
2.1.9. Об'єктна привязка	91
2.1.10. Робота з шарами і їх властивостями.....	94
2.1.11. Створення тексту.....	96
2.1.12. Нанесення розмірів.....	97
2.1.13. Створення та редагування штриховки.....	100
2.1.14. Побудова стандартних тривимірних об'єктів.....	101
2.1.15. Булеві (логічні) операції.....	103



2.1.16. Побудова тривимірних об'єктів методом «видавлювання».....	105
2.1.17. Побудова тіл обертання.....	106
2.1.18. Операції «зсуву» та «за перерізами».....	107
2.1.19. Вирівнювання об'єктів.....	109
2.1.20. Друк креслеників.....	110
2.1.21. Багатокутні сітки.....	111
2.1.22. Сітка у вигляді поверхні з'єднання.....	113
2.1.23. Сітка у вигляді поверхні зсуву.....	113
2.1.24. Сітка у вигляді поверхні обертання.....	113
2.1.25. Сітка у вигляді поверхні, заданої краями.....	114
2.2. Твердотільне моделювання у проєкціях з числовими позначками	115
Питання для самоконтролю до розділу 2	155
Розділ 3. Задачі для самостійного розв'язування	157
3.1. Тема «Точка та пряма лінія».....	157
3.2. Тема «Площина. Взаємний перетин площин, площини з прямою лінією».....	162
3.3. Тема «Поверхні. Перетин поверхні з площиною, взаємний перетин поверхонь».....	169
Список літератури	174





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 розглянуто в розділі 1, вони проілюстровані великою кількістю рисунків, розв'язано багато практичних задач з різних тем, що значно полегшує студентам задачу оволодіння цим методом. В розділі 2 висвітлено питання моделювання геометричних об'єктів технологічними методами комп'ютерної графіки із використанням графічної системи AutoCAD, принципи роботи якого застосовано для моделювання об'єктів в проєкціях з числовими позначками. Показано процес створення в системі AutoCAD 3D моделі земляних споруд, що дозволяє швидко, майже у автоматичному режимі побудувати їх горизонтальні проєкції, які відповідають зображенню споруди на плані (в проєкціях з числовими позначками). В розділі 3 наведено задачі для самостійного розв'язування з використанням методу проєкцій з числовими позначками.

Навчальний посібник рекомендовано до використання студентами за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія». Слід зазначити, що інформація, яка міститься у даному навчальному посібнику, знадобиться студентам при виконанні курсових та дипломних проєктів, опануванні спеціальними дисциплінами за спеціальностями «Геодезія та землеустрій», «Архітектура та містобудування», «Гірництво», «Гідроенергетика».

Розділи 1, 3 навчального посібника написано В.В. Кривцовим, розділ 2 – М.М. Козяром, Р.М. Коптюком.



Розділ 1. Метод проєкцій з числовими позначками

1.1. Сутність методу. Проєкціювання точки. План. Масштаб

При проектуванні різноманітних споруд доводиться зображувати земну (топографічну) поверхню з різними земляними об'єктами. Ці об'єкти в двох вимірах (на плані) мають розміри, які значно більші за третій розмір – по вертикалі. Для проектування таких об'єктів застосування звичних ортогональних проєкцій не є доцільним. В подібних випадках використовують метод проєкцій з числовими позначками, який є основним при зображенні рельєфу земної поверхні та проектуванні на ній земляних споруд.

Метод 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: $A(2, 1, 3)$, $C(1, 2, 0)$.

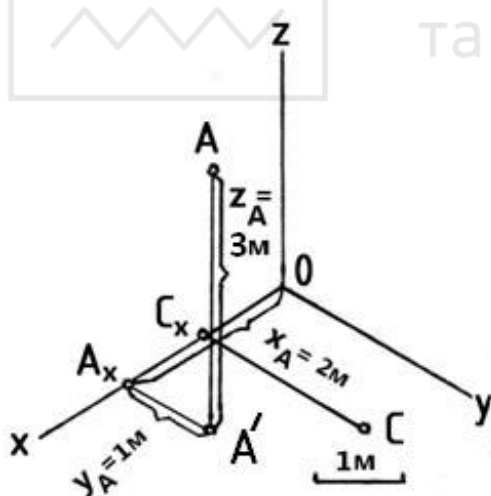


Рис. 1.1. Побудова прямокутних ізометричних проєкцій точок за їх координатами: $A(2,1,3)$, $C(1,2,0)$

Розв'язування (рис. 1.1):

Побудову прямокутної ізометрії точки за її координатами здійснюємо способом «координатної ламаної».

Для побудови прямокутної ізометрії точки A :

1. Від точки O по осі x відкладаємо відрізок OA_x , що чисельно дорівнює координаті x точки A , тобто 2 м.

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

3. Від точки A'_y проводимо пряму паралельно осі z і відкладаємо відрізок A'_yA , 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 відрізка координатної ламаної: по осі x – $OC_x = 1$ м і паралельно осі y – $C_xC = 2$ м.

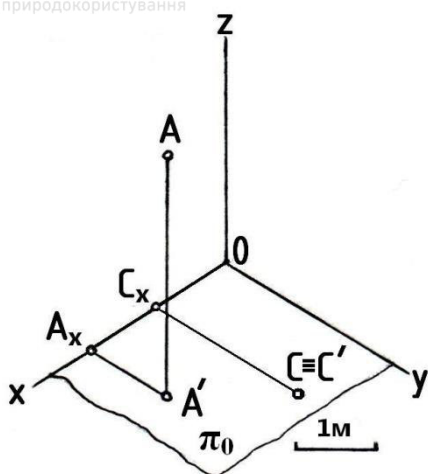


Рис. 1.2. Позначення на площині нульового рівня π_0 горизонтальних проєкцій точок

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. 1.3) 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. Таким чином, оберненість креслень в проєкціях з числовими позначками забезпечується простановкою числових позначок, які замінюють відсутню на кресленні координату z точок.

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

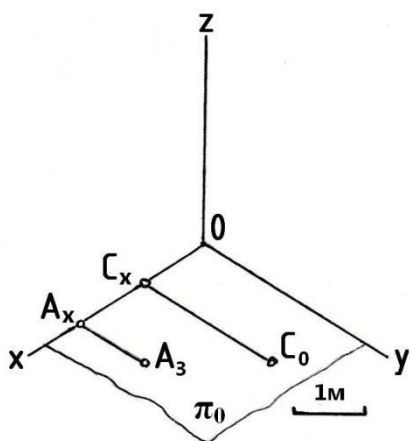


Рис. 1.3. Позначення числових позначок поруч з горизонтальними проєкціями точок

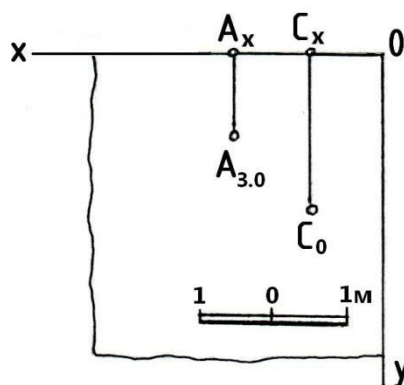


Рис. 1.4. План або креслення в проєкціях з числовими позначками

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



Ортогональні проекції точок можуть і не мати літерних позначень. Тоді поряд з проекціями точок проставляються тільки їх числові позначки.

Числові позначки можуть бути як додатними, так і від'ємними.

Це ілюструє рис. 1.5, де побудовані прямокутні ізометричні проекції точок з урахуванням одиниці масштабу за заданими координатами точок: $A(3, 2, 3)$; $C(2, 3, 0)$; $B(4, 3, -3)$. На рис. 1.6 показано зображення тих самих точок на плані з відповідними осями координат, на рис. 1.7 – без осей (їх, як правило, не показують).

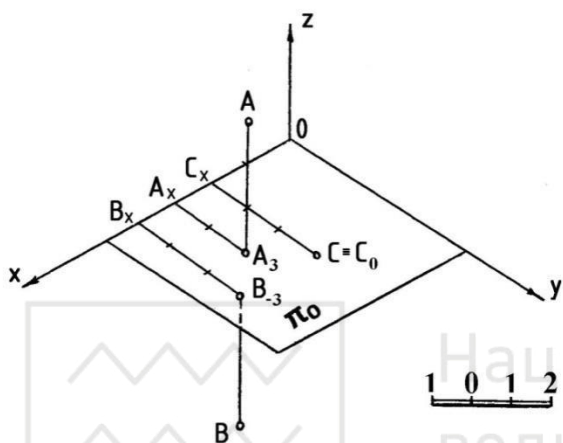


Рис. 1.5. Позначення на площині нульового рівня π_0 горизонтальних проекцій точок

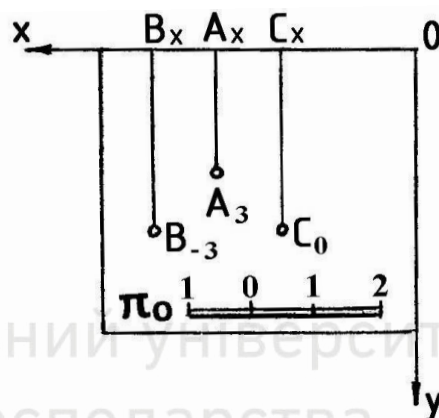


Рис. 1.6. Зображення на плані проекцій точок з додатними та від'ємними числовими позначками

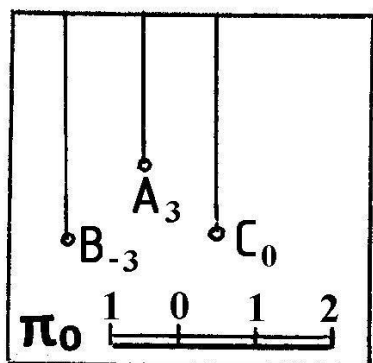


Рис. 1.7. Зображення на плані проекцій точок без координатних осей

Взагалі проекції точок, що лежать над площиною π_0 , мають додатні числові позначки, під площиною π_0 – від'ємні (перед числовою позначкою ставиться знак "-"), а ті, що лежать в площині π_0 – нуль.

Особливістю креслень в проекціях з числовими позначками або планів 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 проекції 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 практичного застосування.

Для побудови планів або визначення довжини відрізків, узятих з плану, використовують лінійний масштаб, який наносять на плани у вигляді масштабної шкали (рис. 1.8, 1.9).

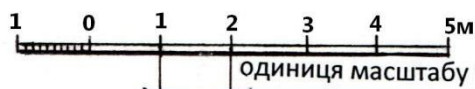


Рис. 1.8. Лінійний масштаб, що відповідає чисельному 1:100

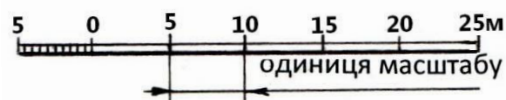


Рис. 1.9. Лінійний масштаб, що відповідає чисельному 1:500

Зображений на рис. 1.8 лінійний масштаб відповідає числовому 1:100, а на рис. 1.9 – масштабу 1:500. Основа лінійного масштабу – це відрізок довжиною 10 мм (рис. 1.8, 1.9). 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. 1.8) або 0,5 м для масштабу 1:500 (рис. 1.9). 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

При зображенні прямої лінії в проекціях з числовими позначками пряма загального положення може бути задана проекціями будь-яких двох її незбіжних (нетотожних) точок з обов'язковим вказуванням їх числових позначок (рис. 1.10).

У горизонтальній прямій числові позначки будь-яких двох її точок однакові, тому таку пряму можна зобразити на плані горизонтальною проекцією із зазначенням числової позначки прямої. На рис. 1.11 на плані зображена горизонтальна пряма, що має числову позначку 17.

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. 1.12, де показано наочне зображення прямої AB та її проекції на площині нульового рівня π_0 . Пряма AB побудована за її проекцією. Точка A прямої AB віддалена від площини π_0 на 2,5 м, а точка B – на 4,4 м.

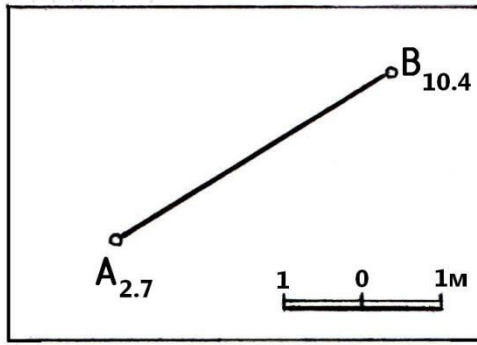


Рис. 1.10. Зображення прямої загального положення

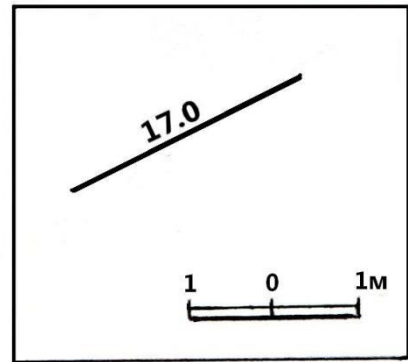


Рис. 1.11. Зображення горизонтальної прямої

В проекціях з числовими позначками довжина горизонтальної проекції відрізка прямої на площині нульового рівня називається **закладанням** цього відрізка і позначається буквою L (рис. 1.12).

Різниця числових позначок точок-кінців відрізка прямої називається **підйомом** або **перевищенням** цього відрізка прямої і позначається буквою h (рис. 1.12). Для відрізка AB прямої $h = 4,4 - 2,5 = 1,9$ м.

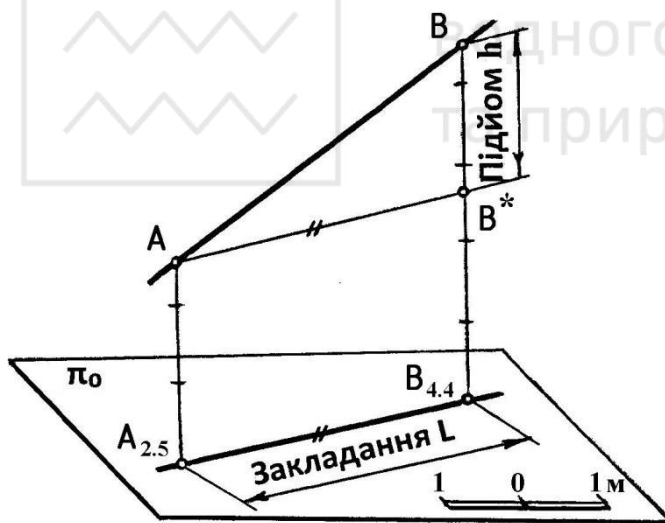


Рис. 1.12. До визначення підйому та закладання відрізка прямої

Нахилом або **ухилом** прямої i називається відношення підйому будь-якого відрізка прямої до його закладання: $i = h/L$

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

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

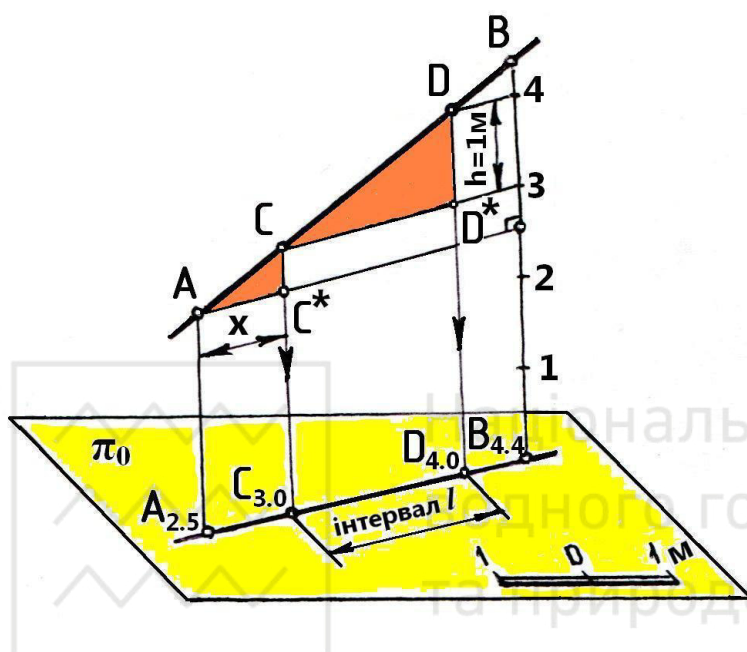
Розглянемо рис. 1.13, який є видозміненим рис. 1.12. На проекціюючій вертикальній прямій $B-B_{4.4}$ зазначимо точки, які віддалені від площини π_0 на 3 і 4 м. Через точку 3 проведемо пряму, паралельну до $A_{2.5}B_{4.4}$. Ця пряма перетне пряму AB в точці C , яка віддалена від площини π_0 на 3 м. Спроекціювавши точку C на площину π_0 , отримаємо на горизонтальній проекції прямої AB точку



С_{3.0}. Таким саме чином через точку 4 проведемо пряму, паралельну до A_{2.5}B_{4.4}. Отриману точку D спроекціюємо на площину π₀ 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. 1.13). Інтервал прямої дорівнює відношенню довжини закладання відрізка



прямої до 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 інтервалу прямої можна дати і таке визначення: **інтервал прямої** – це довжина закладання відрізка прямої, підйом якого дорівнює одиниці довжини.

Рис. 1.13. До визначення інтервалу прямої та формули для аналітичного способу її градування

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

1.2.1. Аналітичний спосіб градування прямої лінії

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

Виведемо формулу, за допомогою якої можна визначити положення точки з шуканою числовою позначкою. Для цього скористаємося рис. 1.13, де точка C з числовою позначкою 3 (шукана точка) віддалена від точки A з відомою числовою позначкою 2,5 на відстань *x*. На рис. 1.13 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. 1.13: $x/h_{C,A} = l/1$, де $h_{C,A}$ – підйом відрізка прямої між точками C і A , l – інтервал прямої. Звідси положення шуканої точки C відносно точки A з відомою числовою позначкою визначається за формулою $x = h_{C,A} \cdot l$.

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

$$x = h \cdot l/k, \quad (1.1)$$

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

Задача. Проградуювати аналітичним способом пряму AB (рис. 1.14).

Розв'язування (рис. 1.15):

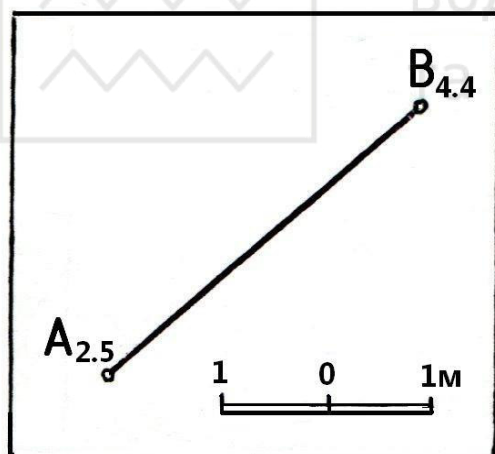


Рис. 1.14. Початкова умова задачі на градування прямої аналітичним способом

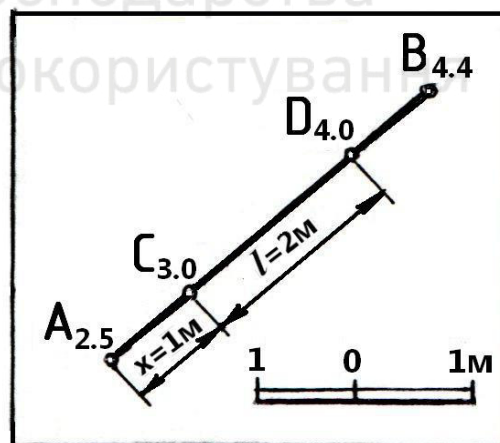


Рис. 1.15. Розв'язок задачі з початковою умовою, наведеною на рис. 1.14

1. Відстань x від точки C з числовою позначкою 3.0 до точки A з числовою позначкою 2,5 визначаємо за формулою $x = h_{C,A} \cdot l/k$, де $h_{C,A}$ – підйом відрізка прямої між точками C і A ($h_{C,A} = 3.0 - 2.5 = 0.5$ м), l – інтервал прямої, $k = 1$ м.

2. Визначаємо інтервал даної прямої за формулою $l = k \cdot L_{B,A}/h_{B,A}$, де $k = 1$ м; $L_{B,A}$ – закладання відрізка AB ; $h_{B,A}$ – 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: $x = 0,5м \cdot \frac{2м}{1м} = 1м.$

4. Точка D з числовою позначкою 4,0 розміщена від точки C з числовою позначкою 3,0 на відстані інтервалу l , тобто 2 м.

1.2.2. Градування прямої лінії способом профілю

За допомогою цього способу будують профіль прямої. В проекціях з числовими позначками під профілем розуміють ортогональну проекцію об'єкта на вертикальну площину. На рис. 1.16 пряму AB проєкціюємо на вертикальну площину π . Ортогональна проєкція $\bar{A}\bar{B}$ прямої AB і буде профілем прямої AB на вертикальній площині π .

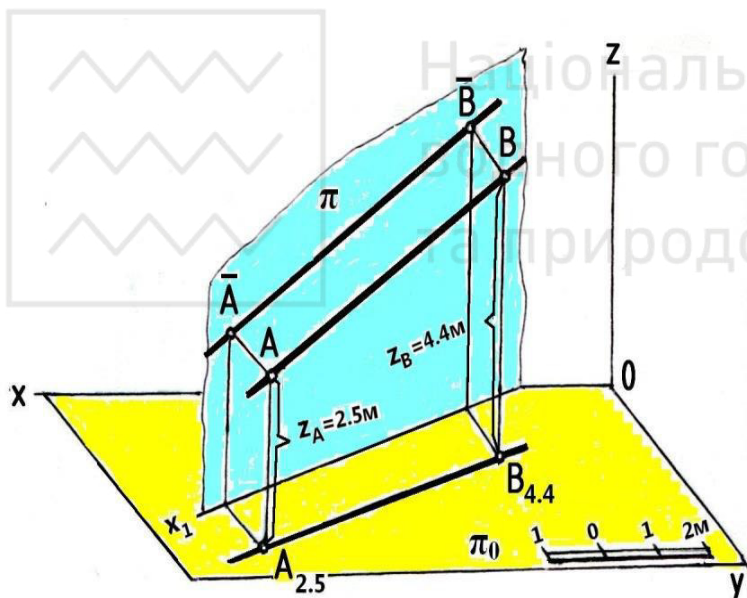


Рис. 1.16. До визначення профілю прямої

При градуванні прямої способом профілю будують суміщений з площиною нульового рівня або з іншою горизонтальною площиною профіль прямої (рис. 1.16), 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 одна від одної на

відстані, що дорівнює одиниці масштабу, який використовують для побудови профілю. Ці прямі приймають за лінії рівня з цілочисловими позначками. Фіксують точки перетину ліній рівня площини π з профілем відрізка прямої. Спроеціювавши зазначені точки профілю прямої на проєкцію прямої в площині π_0 або в іншій горизонтальній площині, отримаємо на плані проєкцію прямої з точками, що мають цілі числові позначки, виконавши таким чином операцію градування прямої в межах даного відрізка.

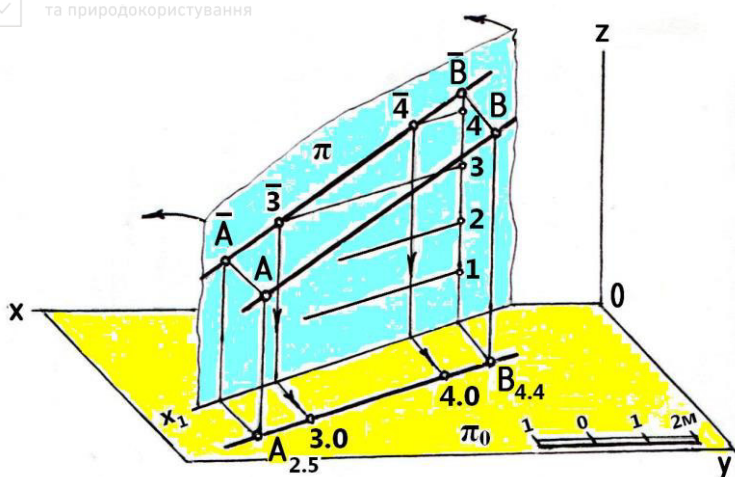


Рис. 1.17. До градування прямої способом профілю

градування відрізка AB прямої способом профілю. Для цього:

1. Будемо 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 $A_{2.5}B_{4.4}$);

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

5. Точки $\bar{3}$ і $\bar{4}$ проєціюємо на горизонтальну проєкцію $A_{2.5}B_{4.4}$ і отримуємо проєкції точок прямої з числовими позначками 3.0 і 4.0.

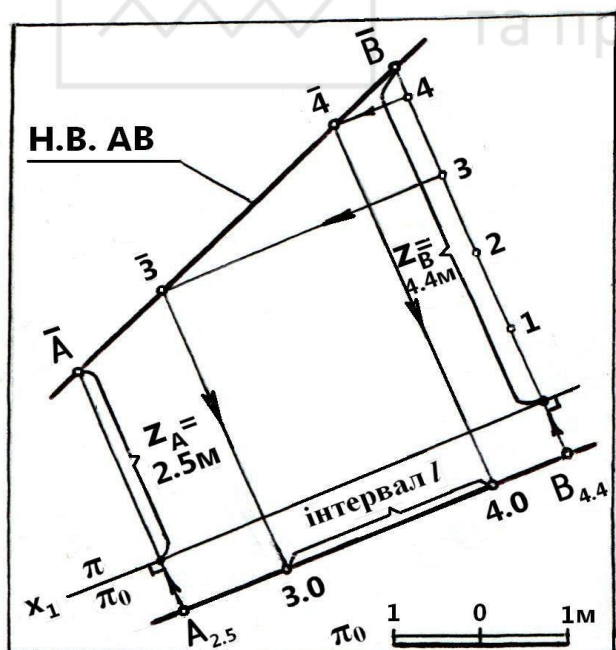


Рис. 1.18. Градування прямої $A_{2.5}B_{4.4}$ способом профілю

проєціюється на площину π в натуральну величину.

На рис. 1.17 лінії рівня з числовими позначками 3 і 4, що проведені в площині π , перетинають профіль \overline{AB} в точках $\bar{3}$ і $\bar{4}$. Проєціюючи ці точки на $A_{2.5}B_{4.4}$, отримаємо на горизонтальній проєкції прямої AB положення точок, що мають значення цілих числових позначок 3 і 4.

На рис. 1.18 показано розв'язок задачі на

Оскільки вісь x_1 паралельна горизонтальній проєкції прямої ($x_1 \parallel A_{2.5}B_{4.4}$), то вертикальна площина π розміщена паралельно до прямої AB . В цьому випадку відрізок AB прямої

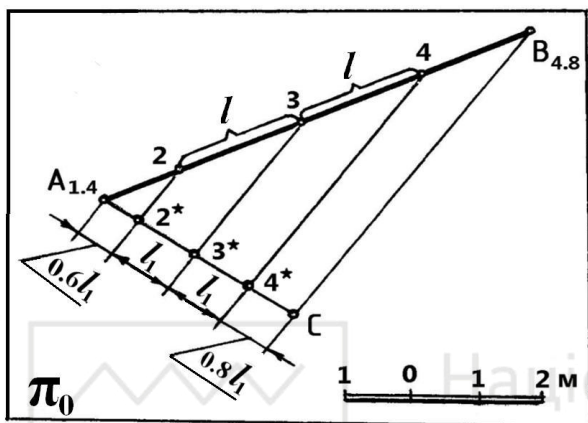


1.2.3. Градування прямої лінії способом пропорційного ділення

Суть цього способу розглянемо на прикладі градування прямої AB , проекцію якої зображено на рис. 1.19.

З одного кінця відрізка прямої (точки $A_{1.4}$) проведемо допоміжну пряму в довільному напрямку, на якій відкладемо в масштабі плану або в більшому відрізок AC , що дорівнює підйому відрізка AB : $h = H_B - H_A = (4.8 - 1.4)l_1 = 3.4l_1$, де l_1 – одиниця масштабу, в якому вимірюємо 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 $A_{1.4}B_{4.8}$ буде відповідати точка 2. Точки 3^* , 4^* віддалені одна від одної на відстань l_1 . Їм на прямій $A_{1.4}B_{4.8}$ будуть відповідати точки 3 і 4. На рис. 1.19 l_1 дорівнює одиниці масштабу плану, тобто $l_1 = 1$ м. Точка C знаходиться від точки 4^* на відстані, що дорівнює $0.8l_1$.

Рис. 1.19. Градування прямої способом пропорційного ділення

Кінцеву точку C сполучимо з точкою $B_{4.8}$ і з кожної точки поділки (точки 2^* , 3^* , 4^*) проводимо прямі, паралельні $CB_{4.8}$. Ці прямі визначають

в перетині з $A_{1.4}B_{4.8}$ проекції точок прямої AB , що мають цілі числові позначки (рис. 1.19). Це дозволяє визначити також графічно й інтервал прямої l .

1.3. Проекції площин

Площину на плані можна задавати такими ж геометричними фігурами, як і в ортогональних проекціях: проекціями трьох точок, які не лежать на одній прямій (рис. 1.20); проекціями прямої та точки, яка не лежить на цій прямій (рис. 1.21); проекціями двох прямих, що перетинаються (рис. 1.22); проекціями двох паралельних прямих загального положення (рис. 1.23) або горизонталіями (рис. 1.24); проекціями відсіку плоскої фігури, наприклад трикутника (рис. 1.25).

В проекціях з числовими позначками досить поширеним є задання площини прямою лінією та величиною ухилу (нахилу) площини. На рис. 1.26 площину задано горизонтальною прямою величиною ухилу площини, а на рис. 1.27 – прямою загального положення і величиною ухилу площини.

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.

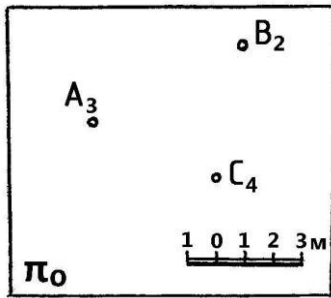


Рис. 1.20. Задання площини на плані трьома точками

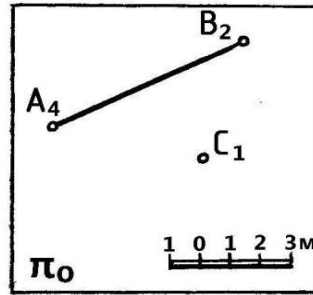


Рис. 1.21. Задання площини на плані прямою та точкою

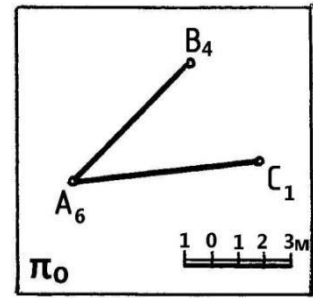


Рис. 1.22. Задання площини на плані двома прямими, що перетинаються

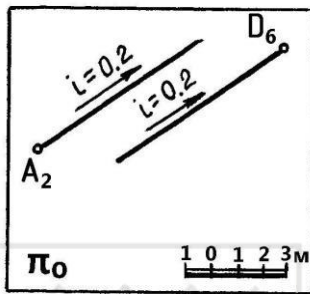


Рис. 1.23. Задання площини на плані двома паралельними прямими загального положення

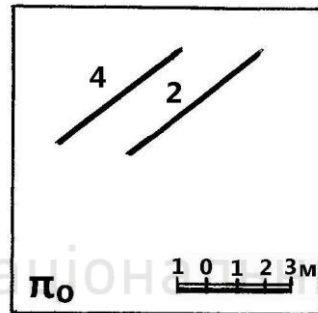


Рис. 1.24. Задання площини на плані двома паралельними горизонтальними прямими

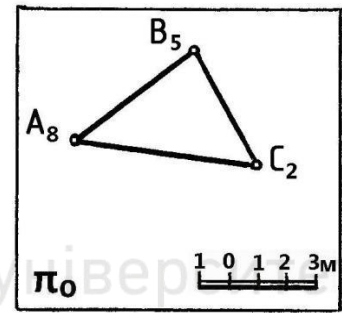


Рис. 1.25. Задання площини на плані трикутником

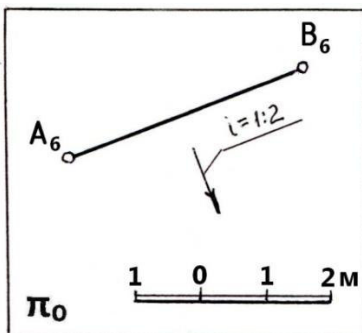


Рис. 1.26. Задання площини горизонтальною прямою і величиною ухилу

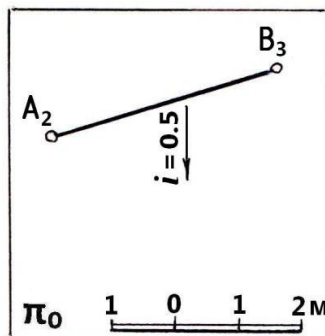


Рис. 1.27. Задання площини прямою загального положення і величиною ухилу

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. 1.28 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 .

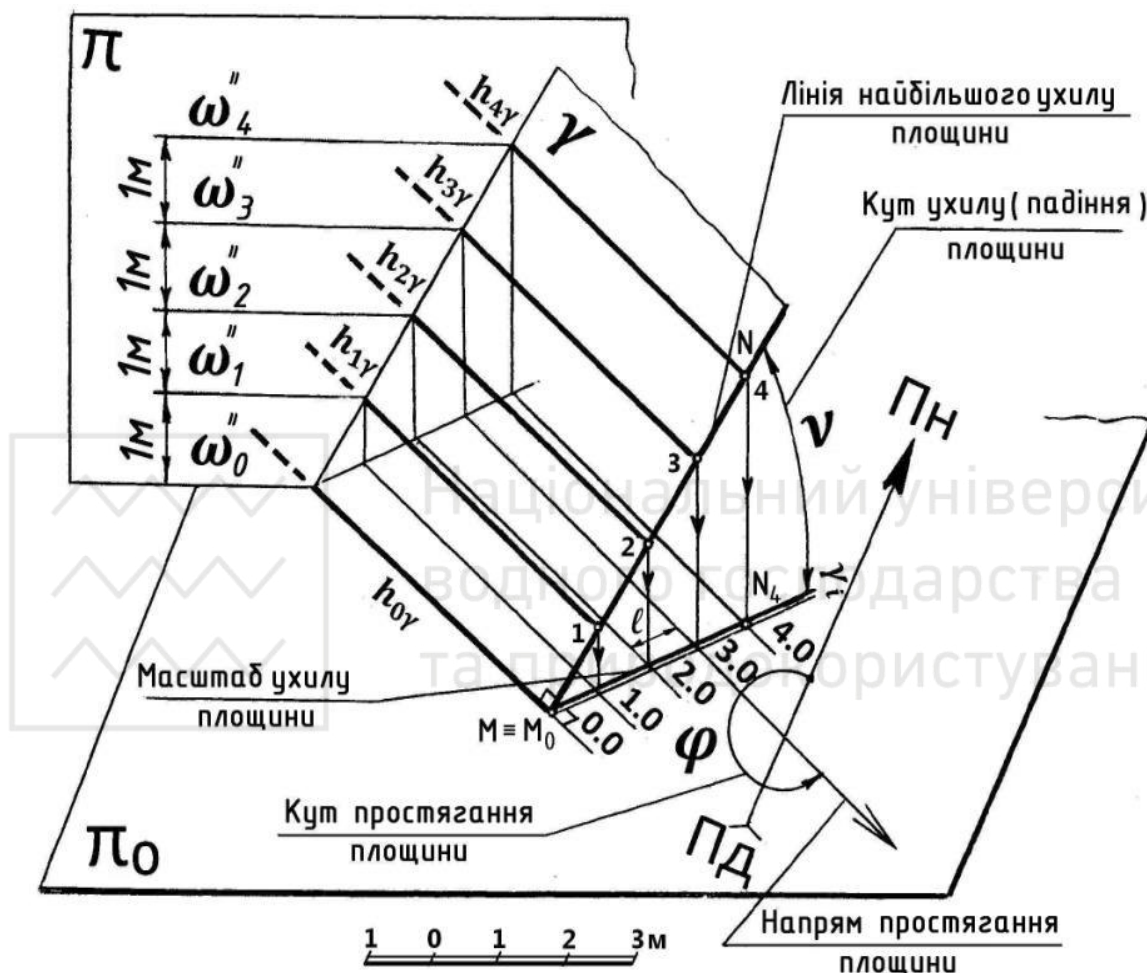


Рис. 1.28. Наочне зображення площини

Оскільки горизонталі площини γ 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 горизонталлями 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 проєкцій точок, які мають послідовні цілочислові позначки, та позначається буквою з індексом "i", наприклад γ_i (рис. 1.28 і 1.29).

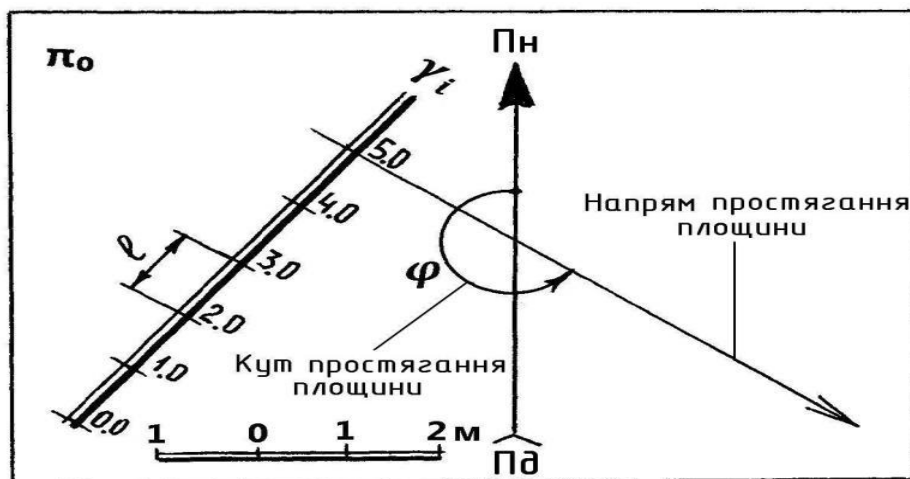


Рис. 1.29. Задання площини на плані масштабом ухилу площини γ_i з указанням напрямку та кута простягання площини

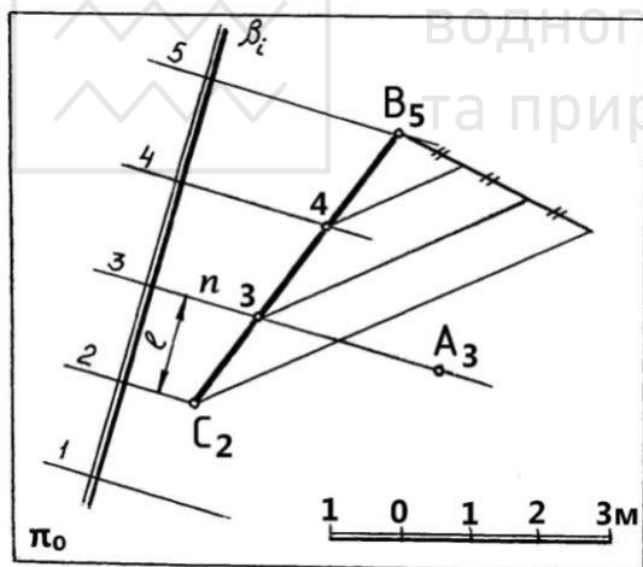


Рис. 1.30. Побудова масштабу ухилу β_i площини β , що задана прямою та точкою

Положення площини в просторі також визначають її кутами ухилу (падіння) ν і простягання φ (рис. 1.28 і рис. 1.29). **Кутом простягання площини** називають кут в горизонтальній площині між напрямом на північ і напрямом простягання. **Напрямом 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. 1.20 – рис. 1.25) завжди можна побудувати її

масштаб ухилу і провести в ній горизонталі. Нехай площина β на плані (рис. 1.30) 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 ;
- 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 . Інші цілочислові позначки на β_i відмічаємо через інтервали, що дорівнюють l , тобто виконуємо операцію градуювання проєкції ЛНУ площини β , а отже, β_i буде масштабом ухилу площини.

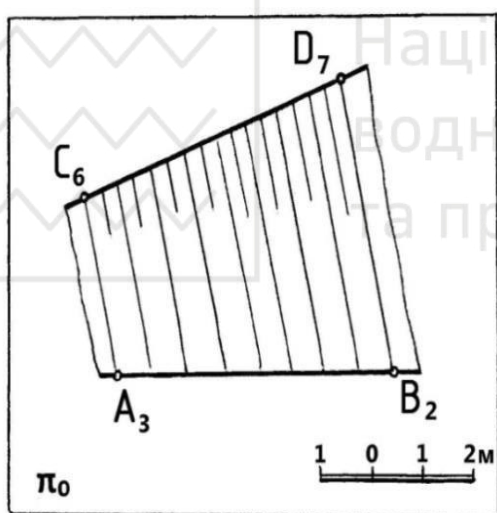


Рис. 1.31. Задання площини земляного укосу двома лініями – бровкою та підшовою

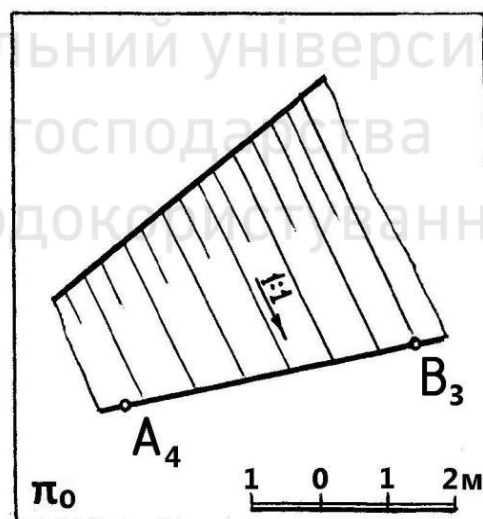


Рис. 1.32. Задання площини земляного укосу однією лінією – підшовою і величиною ухилу

Площини земляних укосів на плані можуть бути задані проєкціями (нагадуємо, що слово “проєкція” при цьому не вживається) двох ліній – бровкою та підшовою укосу (рис. 1.31), однією лінією – бровкою або підшовою із зазначенням величини ухилу укосу (рис. 1.32, A_4B_3 – проєкція підшови укосу каналу).

Градуювання площини

Градуювання 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.

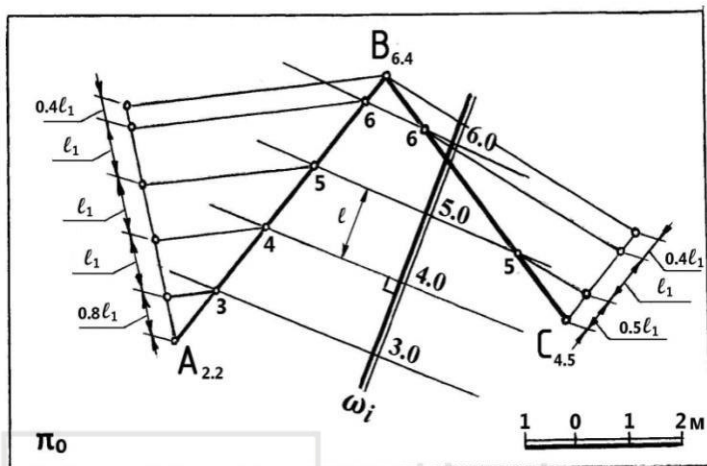


Рис. 1.33. Градування площини ω , заданої проекціями $A_{2,2}B_{6,4}$ і $B_{6,4}C_{4,5}$ прямих, що перетинаються

Наприклад, проградуємо площину ω , задану на плані двома проекціями $A_{2,2}B_{6,4}$ та $B_{6,4}C_{4,5}$ прямих, що перетинаються (рис. 1.33). Для цього:

– градуємо прямою способом пропорційного ділення;

– сполучаємо прямими лініями точки, що мають однакові цілочислові

позначки (ці прямі є горизонталлями площини);

– проводимо пряму, перпендикулярну до горизонталей площини (ця градуйована 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 проградувати 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 підшові укосу.

Розглянемо такі приклади. Нехай площину земляного укосу ω на плані (рис. 1.34) задано бровкою, що є горизонталлю 7.0 і величиною ухилу площини укосу $i = 1:2$. Щоб проградувати площину укосу, проводимо перпендикулярно до бровки укосу проекцію ω_i лінії найбільшого ухилу і градуємо 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 .

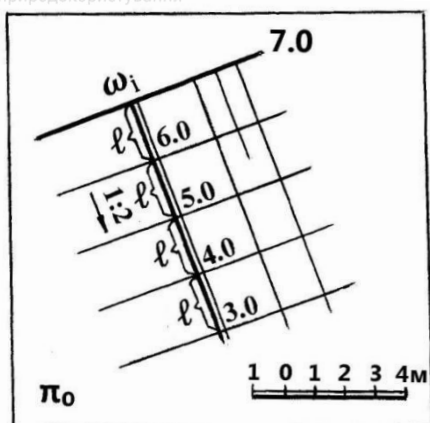


Рис. 1.34. Градування площини
земляного укосу, яку задано
горизонтальною бровкою з позначкою 1.0
і величиною ухилу 1:2

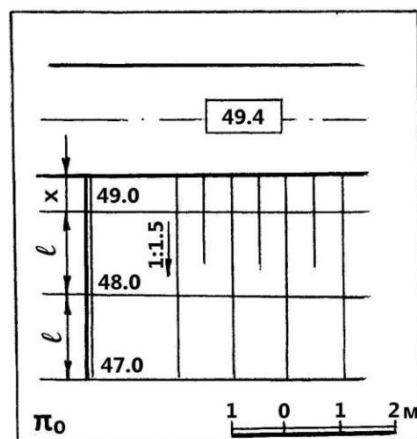


Рис. 1.35. Градування площини
укосу насипу, що задана
горизонтальною бровкою з
позначкою 49.4 і величиною
ухилу 1:1.5

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. 1.35). Щоб проградувати 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 підшові 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.

Проградуємо площину земляного укосу γ , бровка якого є прямолінійною нахиленою прямою AB , а ухил площини укосу $i = 1:2$ (рис. 1.36, 1.37).

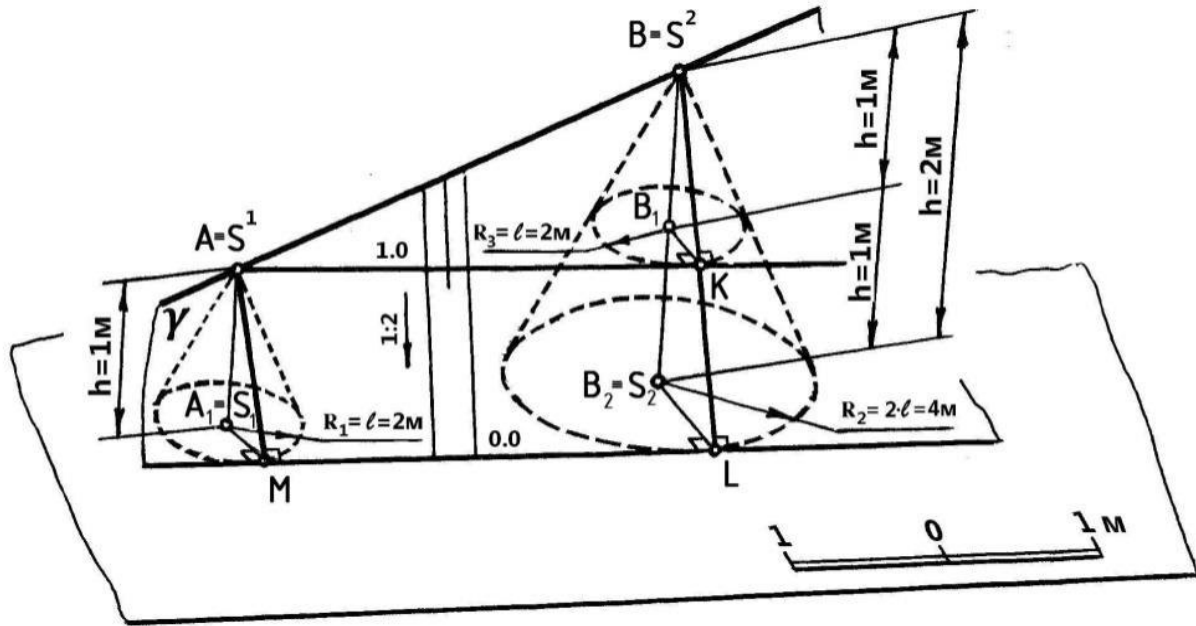


Рис. 1.36. Градування на наочному зображенні площини земляного укосу γ з ухилом 1:2, що прилягає до прямолінійно нахиленої бровки (пряма AB)

Виконаємо спочатку побудови на наочному зображенні (рис.1.36). Нехай точки A та B прямолінійно 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 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. 1.36).

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. 1.36).

Таким чином, на наочному зображенні (рис. 1.36) показано градування площини земляного укосу, яку задано нахиленою прямою AB 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. 1.36): 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 , 1 , l . Підставляючи нові позначення величин в останнє співвідношення, маємо $h/R = 1/l$, звідки радіуси R горизонталей конуса із заданими числовими позначками визначаємо за формулою:

$$R = h \cdot l, \quad (1.2)$$

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. 1.37 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):

$$R_1 = h \cdot l = (1-0) \cdot 1 = 1 \text{ м}; \quad R_2 = h \cdot l = (2-0) \cdot 1 = 2 \text{ м}.$$

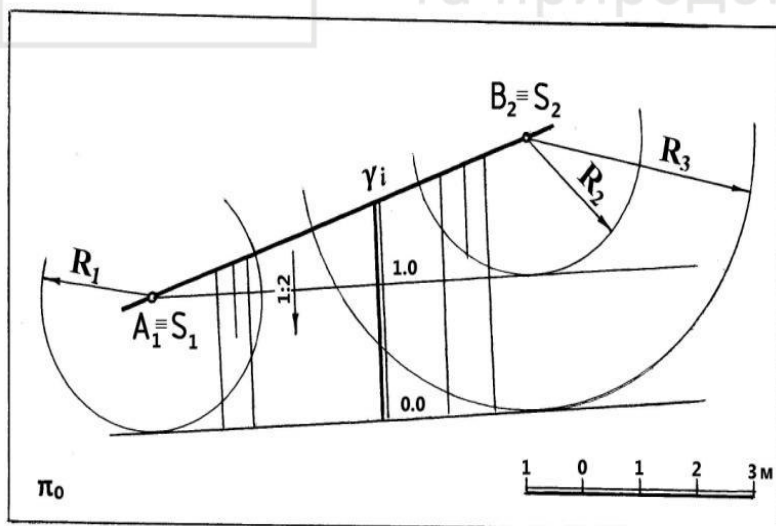


Рис. 1.37. Градування площини земляного укосу γ з ухилом 1:2, що прилягає до прямолінійно нахиленої бровки (пряма АВ). План

2. На плані з точок A_1 і B_2 проводимо горизонталі конусів радіусами відповідно 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 $R_3 = h \cdot l = (2-1) \cdot 1 = 1 \text{ м}$. На наочному зображенні (рис. 1.36) 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. 1.26, 1.27, 1.34 – 1.37 стрілка, біля якої вказують величину ухилу площини, направлена у бік горизонталей площини з меншою числовою позначкою, перпендикулярно до них або паралельно до ЛНУ площини.

1.4. Перетин площин, прямої лінії з площиною. Поверхня однакового ухилу. Проекції топографічної (земної) поверхні

1.4.1. 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. 1.38).

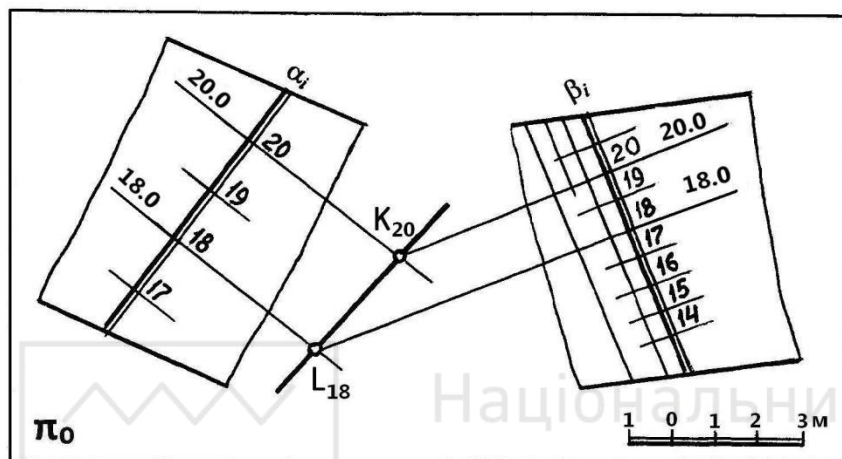


Рис. 1.38. Визначення лінії перетину KL двох площин земляних укосів α та β

належить лінії перетину;

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

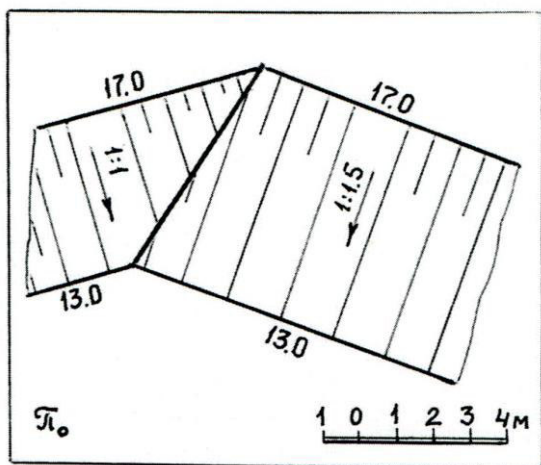


Рис. 1.39. Побудова лінії перетину земляних укосів з ухилами 1:1 і 1:1.5

Площини, що перетинаються, можуть мати як різні, так і однакові величини ухилу. При різних ухилах площин земляних укосів (рис. 1.39) 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 підосви земляних укосів, числові позначки яких відповідно 17.0 та 13.0 (рис. 1.39).

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

Розглянемо тепер задачі на побудову лінії перетину укосів, в яких напрями горизонталей в одному або в обох укосах невідомі (укоси каналів з нахиленими бровками або підшвами).

На плані (рис. 1.40) один укіс задано проекцією прямолінійної нахиленої бровки n , що має нахил $i_B = 1:5$, і ухилом площини укосу $i_Y = 1:1$; другий укіс – проекцією прямолінійної горизонтальної бровки 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.

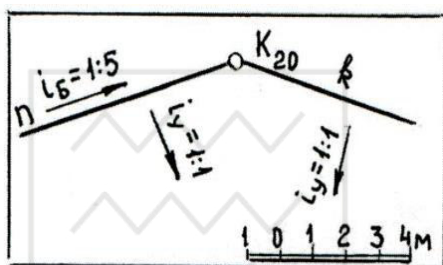


Рис. 1.40. До побудови лінії перетину двох земляних укосів

Розв'язок задачі показано на рис. 1.41. Однією точкою, що належить лінії перетину, буде точка K , а другою, наприклад, точка перетину горизонталей з числовими позначками 16 м, які є підшвами укосів, що перетинаються. Побудуємо горизонталь з відміткою 16 м спочатку в укосі з нахиленою брівкою n . Для цього:

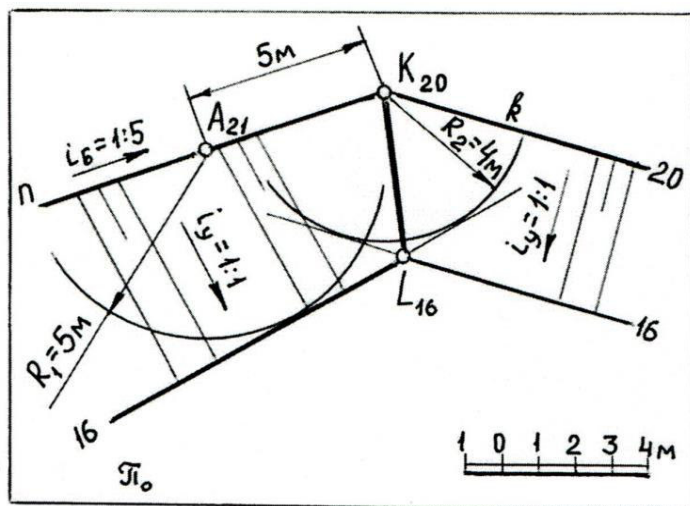


Рис. 1.41. Розв'язування задачі з початковою умовою на рис. 1.40

1. На бровці n відмічаємо точку A_{21} , розміщену від точки K_{20} на відстані 5 м, оскільки інтервал прямолінійної бровки 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 (1.2) відповідно $R_1 = (21 - 16)l_Y = 5l_Y = 5\text{ м}$ і $R_2 = (20 - 16)l_Y = 4l_Y = 4\text{ м}$,

де $l_o = \frac{1}{l_o} \cdot 1\epsilon = 1\epsilon$. Ці горизонталі конусів мають числові позначки 16 м;

3. Проводимо дотичну до побудованих горизонталей конусів, яка буде горизонталлю 16 укосу з нахиленою брівкою.



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. 1.41).

На плані (рис. 1.42) задані проекції підшов укосів, що перетинаються, із позначеною на них проекцією K_{21} точки K їх перетину. Ухил підшов 1:6 та 1:7, величини ухилів укосів 1:1 та 1:1.5. Рис. 1.43 ілюструє побудову лінії перетину

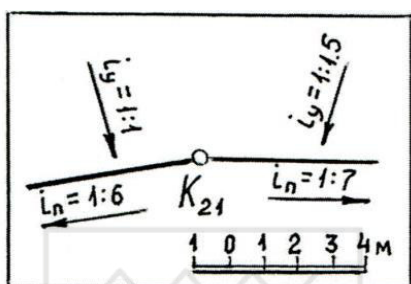


Рис. 1.42. До побудови лінії перетину двох земляних укосів із спільною точкою K_{21}

KL укосів каналу, висота (глибина каналу) яких дорівнює бм.

Для побудови лінії перетину заданих укосів необхідно знайти другу точку, що належить лінії перетину. Проведемо в площинах укосів пару горизонталей з однаковими числовими позначками, наприклад 18 м. Для цього (рис. 1.43):

1. На підшві укосу з ухилом 1:6 знаходимо точку M_{20} , яку розміщено від точки K_{21} згідно з (1.1) на відстані

$$x_1 = (21 - 20) \cdot 6 = 6\epsilon,$$

а на підшві укосу з ухилом 1:7 точку N_{20} , віддалену від K_{21} згідно з (1.1) на відстані

$$x_2 = (21 - 20) \cdot 7 = 7\epsilon.$$

2. З точок M_{20} , K_{21} та N_{20} проводимо горизонталі конусів із числовими позначками 18 м. З урахуванням ухилу укосів радіуси горизонталей

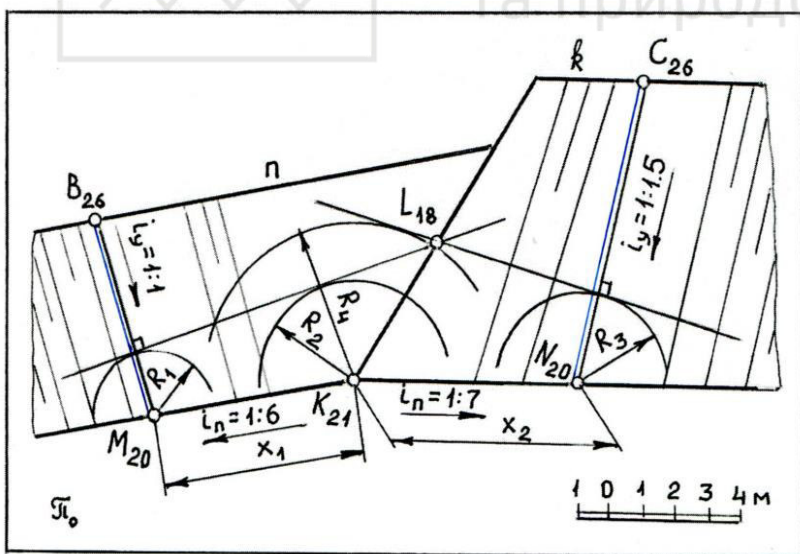


Рис. 1.43. Розв'язування задачі з початковою умовою на рис. 1.42

конусів з позначками 18 м згідно з (1.2) дорівнюють відповідно:

$$R_1 = (20 - 18) \cdot 1 = 2\epsilon;$$

$$R_2 = (21 - 18) \cdot 1 = 3\epsilon; \quad R_3 = (20 - 18) \cdot 1,5 = 4,5\epsilon.$$

3. Проводимо горизонталі 18 укосів як дотичні до горизонталей конусів.



Точка L_{18} перетину горизонталей 18 укосів буде проекцією точки L , що належить лінії перетину укосів. Проекція лінії перетину укосів проходить через точку K_{21} та L_{18} .

Тепер будуюмо проекції бровок (рис. 1.43) укосів, що перетинаються, знаючи, що їх висота дорівнює 6 м. Для цього виконуємо такі дії:

1. З точок M_{20} та N_{20} проводимо проекції ліній найбільшого ухилу площин укосів перпендикулярно до горизонталей 18 укосів і відкладаємо на них відрізки $M_{20}B_{26}$ та $L_{20}C_{26}$ довжиною згідно з (1.1) відповідно 6 м та 9 м.

2. Через одержані точки B_{26} та C_{26} проводимо паралельно підосвам своїх укосів прямі n та k (рис. 1.43), які є проекціями бровок укосів каналу.

3. Визначаємо перетин проекцій бровок n та k з проекцією лінії перетину $K_{21}L_{18}$ заданих укосів.

На рис. 1.44 наведено графічну умову задачі на побудову ліній перетину чотирьох укосів котлована. Дно 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.

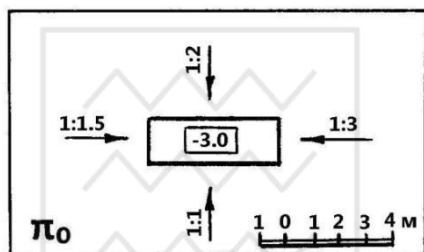


Рис. 1.44. Початкова умова задачі на побудову ліній перетину котлована

На рис. 1.45 показано розв'язок цієї задачі. Вершини прямокутного дна котлована (рис.1.45) 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 укосів з нульовими позначками, які є бровками укосів котлована. Тому побудуємо горизонталі укосів котлована з нульовими позначками і визначимо точки

Вершини прямокутного дна котлована (рис.1.45) 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 укосів з нульовими позначками, які є бровками укосів котлована. Тому побудуємо горизонталі укосів котлована з нульовими позначками і визначимо точки

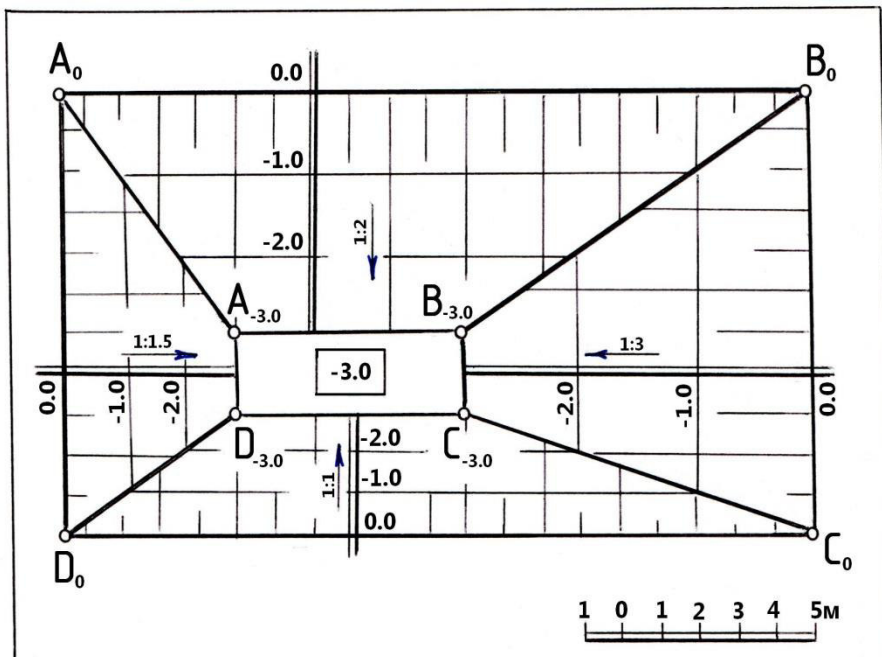


Рис. 1.45. Побудова ліній перетину укосів котлована

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 землею 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. 1.46, 1.47 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.

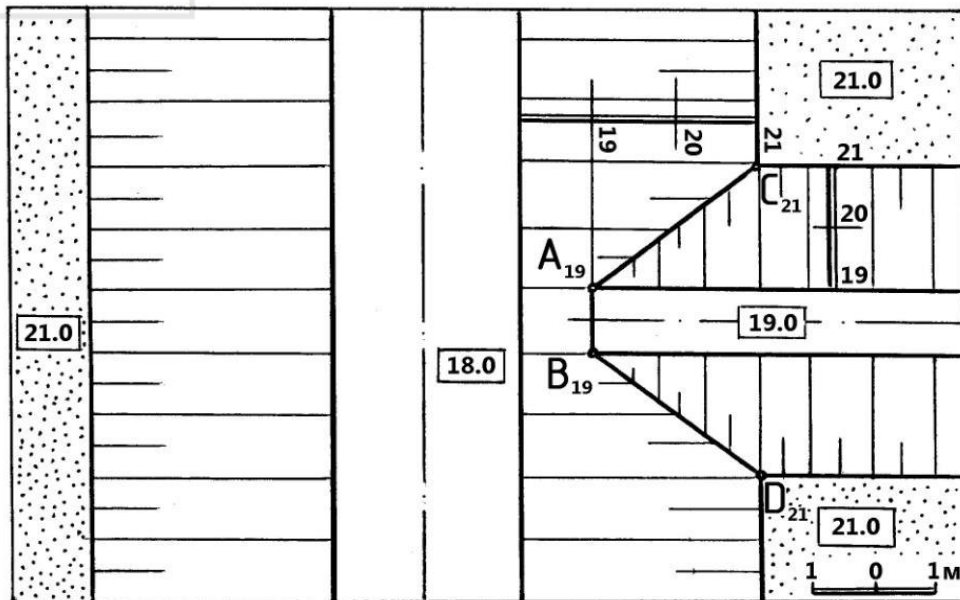


Рис. 1.46. Побудова ліній перетину призматичних поверхонь

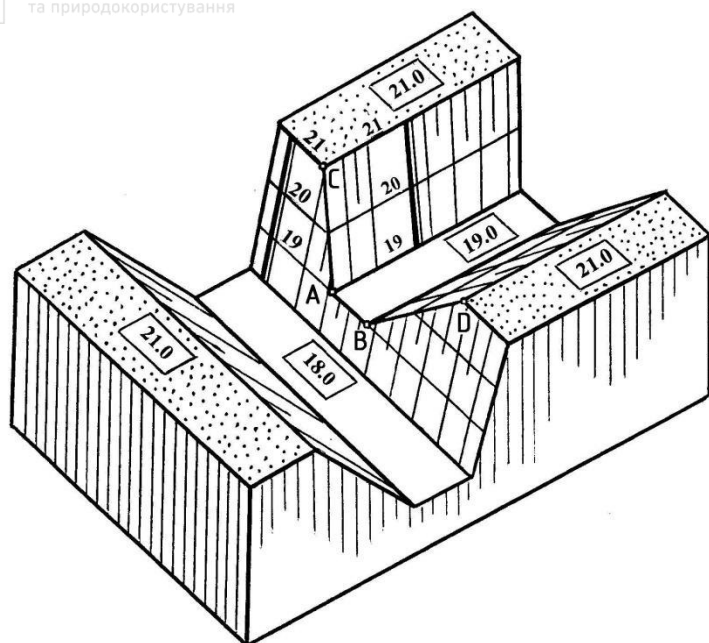


Рис. 1.47. Наочне зображення ліній перетину
призматичних поверхонь каналів

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} .

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.

1.4.2. Перетин прямої лінії з площиною

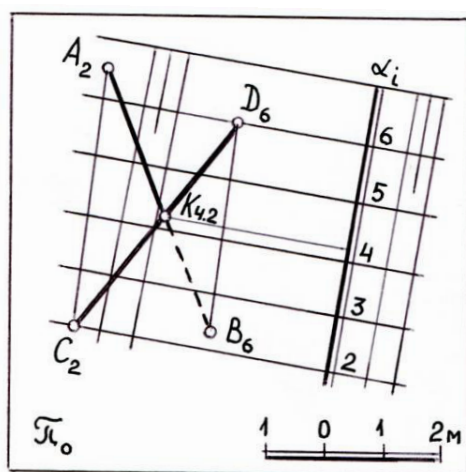


Рис. 1.48. Визначення точки перетину
осі трубопроводу AB з площиною
земляного укосу α способом
горизонталей

Призматичні поверхні каналів складаються з відсіків площин, які перетинаються між собою по прямим лініям. Для визначення проекції 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, отримаємо лінію перетину укосу магістрального каналу з дном відвідного каналу.

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. 1.48 визначено точку перетину осі прямолінійного трубопроводу AB з площиною земляного укосу α . Для цього ви-



конуємо такі дії:

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 допоміжної площини із заданою.

3. Знаходимо точку K – проєкцію точки перетину прямої C_2D_6 з даною прямою AB , яка є шуканою проєкцією точки перетину осі прямолінійного трубопроводу AB з площиною земляного 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.1.48 це горизонталь 4.2) або градуванням прямої AB .

Спосіб розв'язування задачі на визначення точки перетину прямої з площиною, показаний на рис. 1.48, називається способом горизонталей.

Відзначимо, що в проєкціях з числовими позначками допоміжною площиною при застосуванні способу горизонталей може бути будь-яка площина загального положення, але тільки не проєкціуюча. Це пов'язано з тим, що застосування допоміжної проєкціуючої площини, наприклад, вертикальної, призвело б до суміщення проєкцій прямих A_2B_6 та C_2D_6 і 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-проєкціуючі (вертикальні) площини, тобто такі задачі зручно розв'язувати способом профілю.

На рис. 1.49 точку перетину осі прямолінійного трубопроводу AB з площиною земляного укосу α визначено способом профілю. Для цього виконуємо такі дії:

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

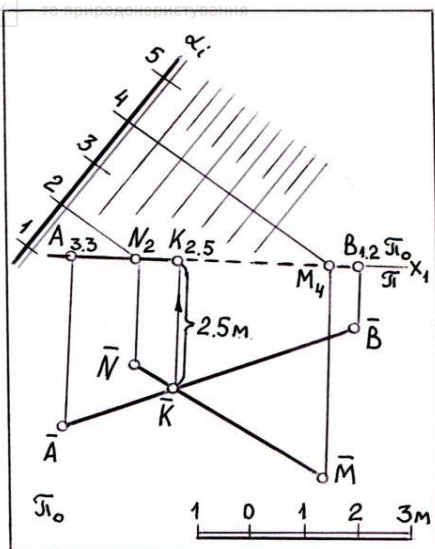


Рис. 1.49. Визначення точки перетину трубопроводу AB з площиною земляного укоса способом профілю

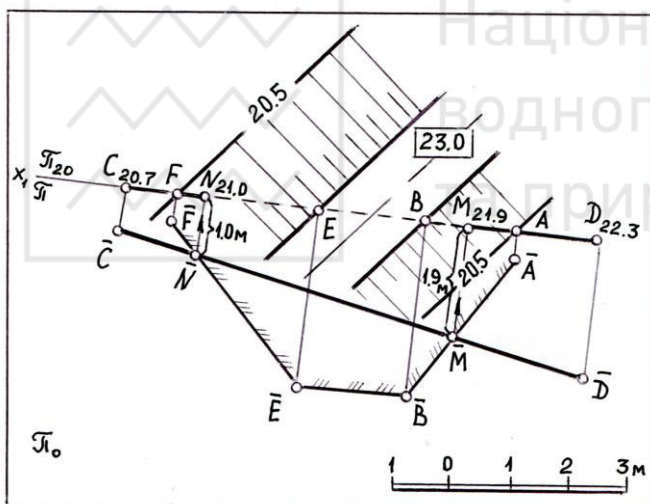


Рис. 1.50. Визначення точок перетину осі прямолінійного трубопроводу CD з укосами насипу полотна дороги способом профілю

Визначаємо числову позначку точки K , вимірявши відрізок $\bar{K}K$ 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. 1.48 можна розв'язати і способом профілю, але побудови були б у цьому випадку більш трудомісткими. А

задачу на рис. 1.49 можна розв'язати і способом горизонталей, але для цього необхідно проградувати пряму AB , що також збільшує трудомісткість побудов. Тому при розв'язуванні

подібних задач важливо вибрати найбільш раціональний спосіб.

Розглянемо поширену на практиці задачу (рис. 1.50) 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 числовими 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: \bar{CD} – профіль прямої; \bar{ABEF} – профіль земляної споруди, де прямі \bar{AB} , \bar{EF} – профілі укосів, \bar{EB} – профіль полотна дороги (горизонтальної ділянки).

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



3. Проекціюємо точки \bar{M} , \bar{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 .

1.4.3. Поверхня однакового ухилу

При закругленні доріг з одночасним підйомом в укосах насипу або виїмки утворюється поверхня, яка по всій довжині має однаковий ухил 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. 1.51) 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. 1.51 поверхнею однакового ухилу є поверхня укосу насипу з криволінійною бровкою n .

На рис. 1.51 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

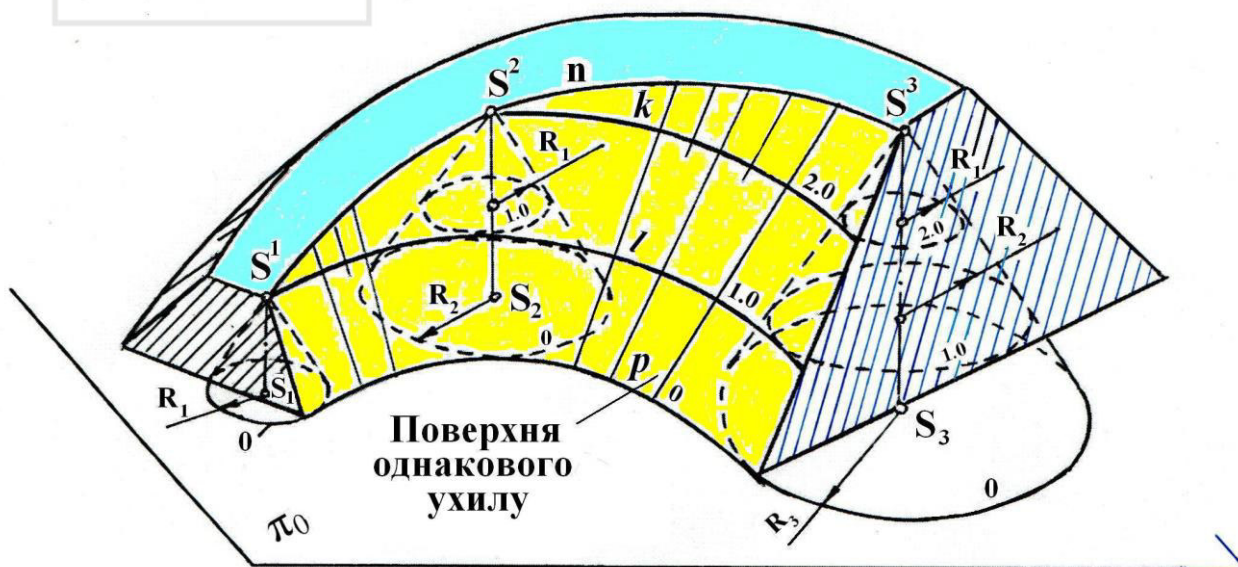


Рис. 1.51. Наочне зображення поверхні однакового ухилу та побудова в ній горизонталей

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 (1.2) відповідно дорівнюють: $R_1 = l$, $R_2 = 2l$, $R_3 = 3l$, 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. 1.52), 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 (1.2) у заданому масштабі горизонталі конусів: $R_1 = l = 2m, R_2 = 2l = 4m, R_3 = 3l = 6m$. 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 брівкою). Таким чином, було виконано

градування поверхні земляного укосу.

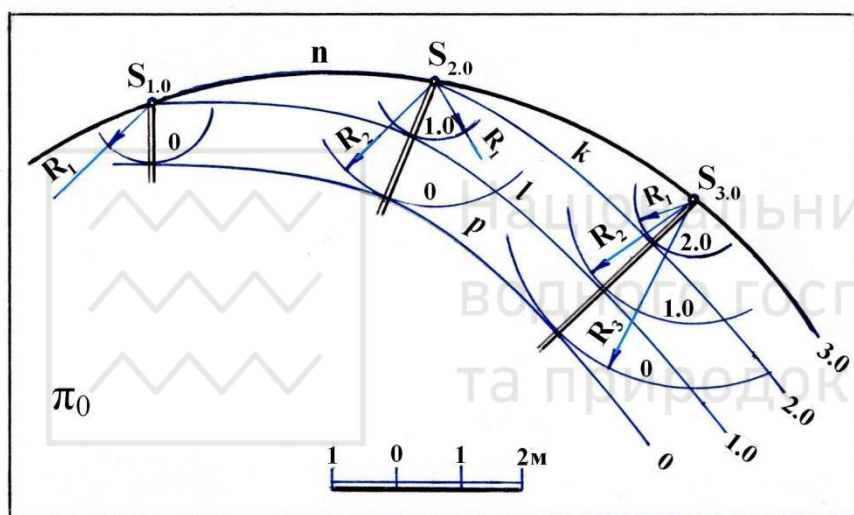


Рис. 1.52. Побудова на плані горизонталей укосі, що заданий криволінійною брівкою та величиною ухилу 1:2

Наведемо приклади градування земляних укосів з криволінійною брівкою, які широко застосовується на практиці.

На рис. 1.53 криволінійні бровки укосів є дугами концентричних кіл радіусів R_1 та R_2 і мають сталі числові

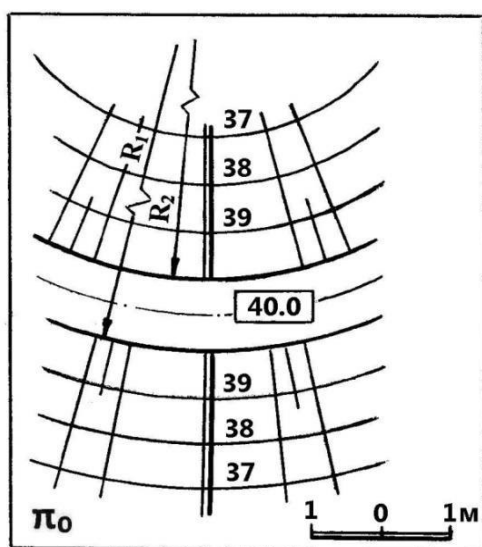


Рис. 1.53. Градування земляних укосів, бровки яких є дугами горизонтальних концентричних кіл

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 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

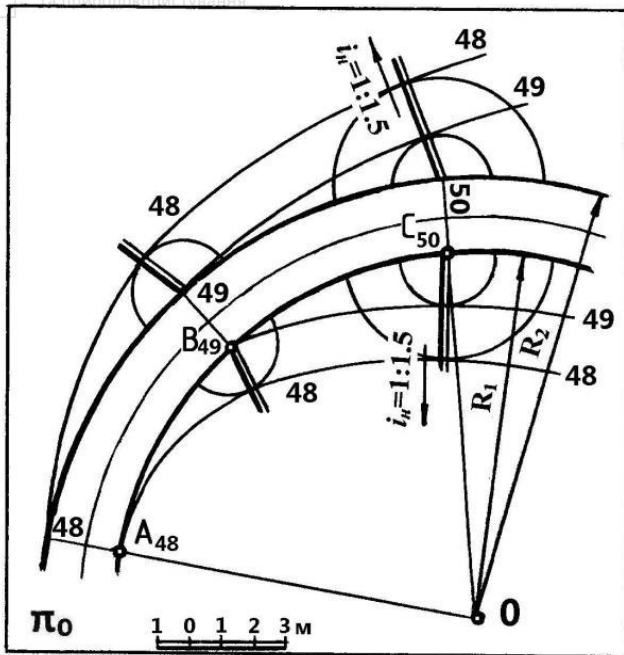


Рис. 1.54. Градування земляних укосів, бровки яких є концентричними дугами з різними числовими позначками

еквідистантними.

На рис. 1.54 показано побудову горизонталей поверхонь земляних укосів, бровкою яких є дуги k та l концентричних кіл радіусів R_1 та R_2 , а укоси мають ухил $i_n = 1:1.5$.

Побудову горизонталей укосів почнемо з проведення горизонталей полотна дороги насипу. Нехай відомі точки A_{48} та C_{50} на бровці l 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 $A_{48}C_{50}$ 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 горизонталіями полотна дороги з числовими позначками відповідно 48, 49, 50 (рис. 1.54).

Укоси градуємо аналогічно до прикладу, наведеному на рис. 1.52, за винятком того, що горизонталі укосів проводимо не прямими лініями, а кривими, як і у випадку подібної задачі, показаної на рис. 1.53. 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

горизонталіями 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 горизонталіями допоміжних конусів.

Якщо напрямна поверхні однакового ухилу, наприклад лінія n на рис. 1.51, є прямою лінією, поверхня є площиною. На рис. 1.55 зображена площина δ

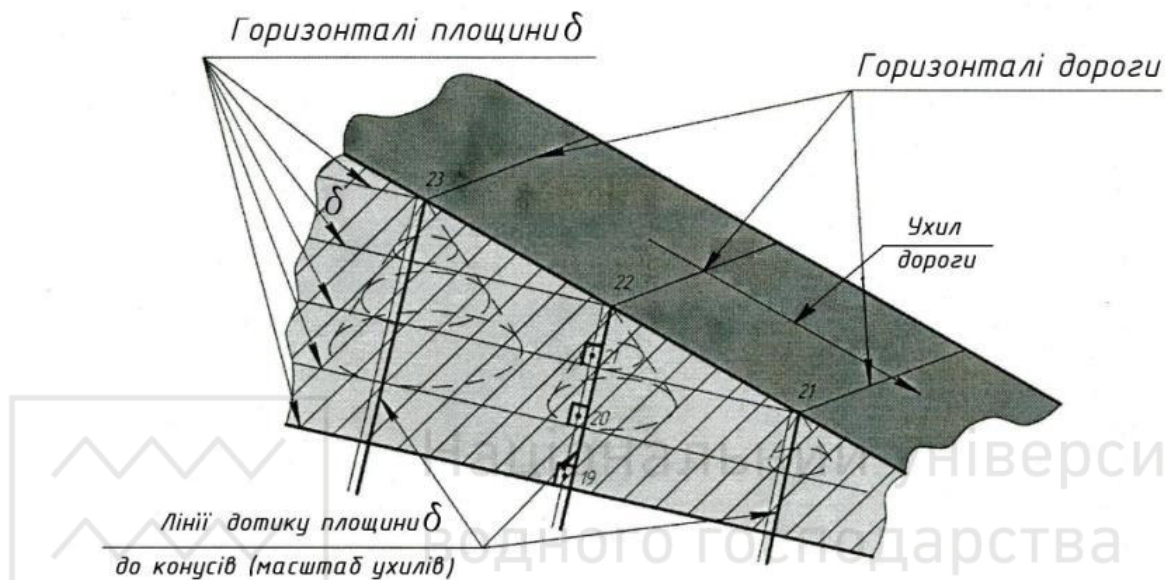


Рис. 1.55. Побудова на наочному зображенні горизонталей в площині укосу насипу

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 дороги з прямолінійно нахиленою бровкою.

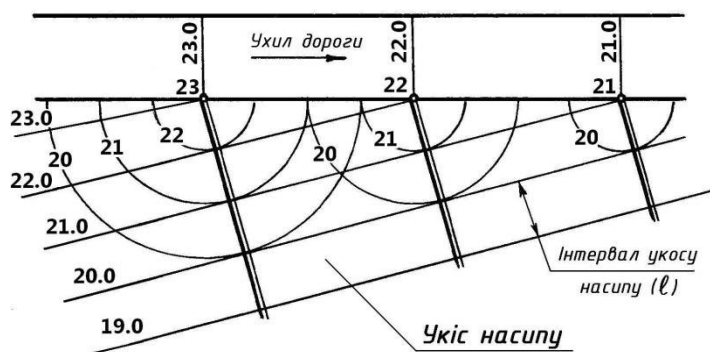


Рис. 1.56. Побудова на плані горизонталей в площині укосу насипу

нанесеними на ньому інтервалами площини укосу;

– решту горизонталей площини укосу, які проводимо через інтервали і

На рис. 1.56 показано побудову на плані горизонталей в укосі насипу, наочне зображення якого наведено на рис. 1.55.

Для спрощення побудов достатньо побудувати:

– одну горизонталь в укосі насипу;

– масштаб ухилу, що перпендикулярний до неї, з

паралельно до першої побудованої горизонталі.

На рис. 1.57 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 половина конусів). Площина δ є укосом виїмки, що прилягає до дороги з прямолінійно нахиленою брівкою.

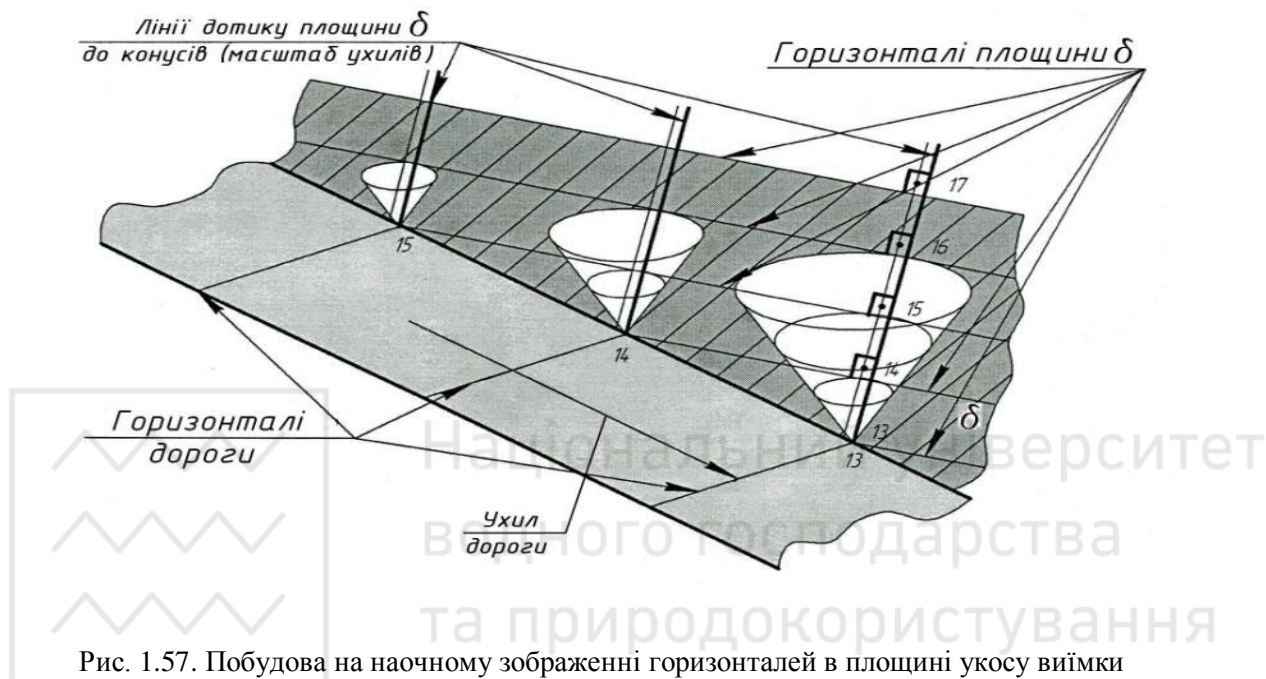


Рис. 1.57. Побудова на наочному зображенні горизонталей в площині укосу виїмки

На рис. 1.58 показано побудову горизонталей укосу виїмки, наочне зображення якого наведено на рис. 1.57.

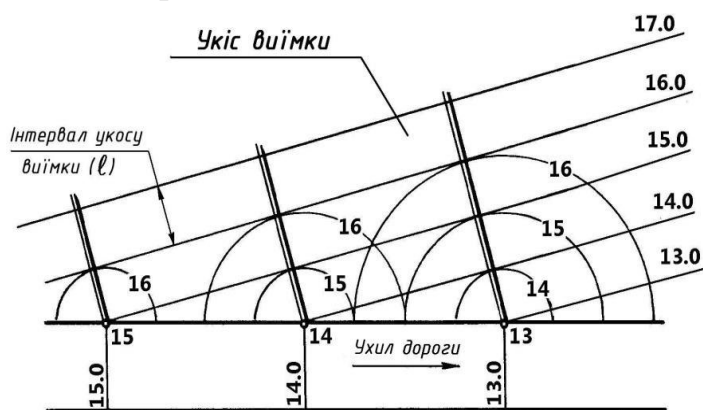


Рис. 1.58. Побудова на плані горизонталей в площині укосу виїмки

1.4.4. 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 відстані, як правило, 1 м (рис. 1.59, 1.60).

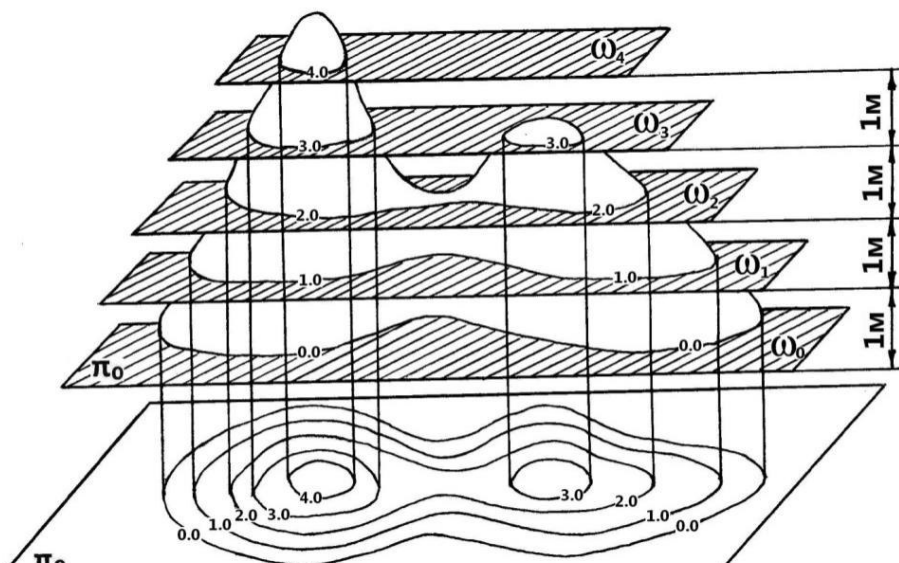


Рис. 1.59. Утворення на наочному зображенні в площині нульового рівня π_0 горизонталей земної поверхні

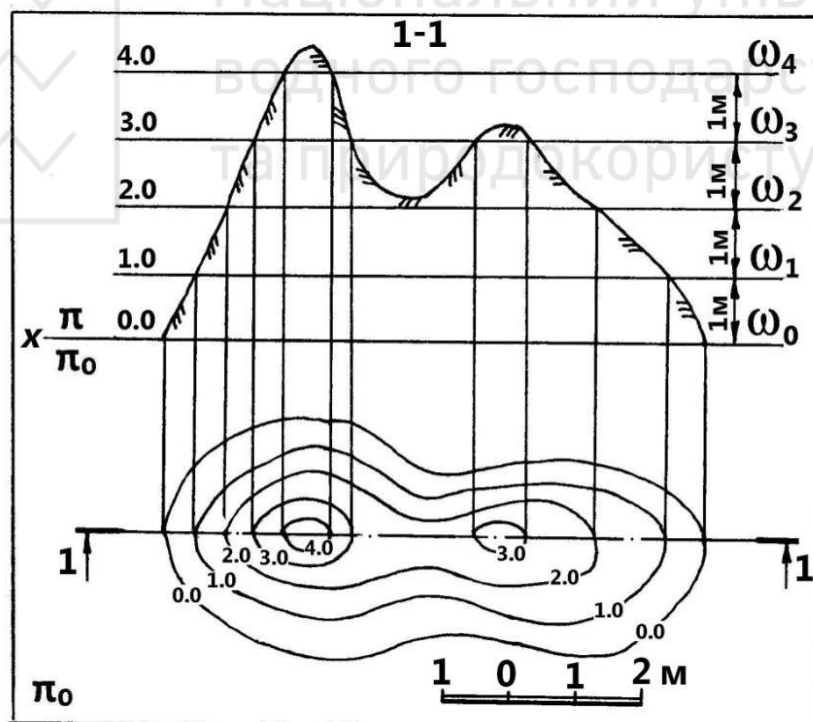


Рис. 1.60. Зображення земної поверхні на плані

Нехай на наочному зображенні (рис. 1.59) або на вертикальній площині π (рис. 1.60) 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 ϵ , в загальному випадку, плоскими замкненими 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. Номери 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.

1.5. Перетин поверхні з площиною та прямою лінією. Взаємний перетин поверхонь

1.5.1. Перетин поверхні з прямою лінією

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

Побудова точок перетину прямої лінії із земною 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 градують і через неї проводять площину загального положення, задану горизонталями, які проходять через точки прямої. Визначають точки перетину горизонталей допоміжної січної площини з горизонталями земної поверхні, що мають однакові числові позначки. Потім сполучають ці точки лінією, яка є лінією перетину допоміжної січної площини із земною поверхнею. Точка перетину одержаної лінії з заданою прямою і буде шуканою точкою перетину прямої із земною поверхнею.

На рис. 1.61 показано розв'язок задачі на визначення точки перетину прямої AB із земною поверхнею. Для цього виконаємо такі дії:

1. Градуємо пряму $A_{24}B_{29}$ і проводимо через пряму допоміжну січну площину α загального положення, яку на плані задано горизонталями, що

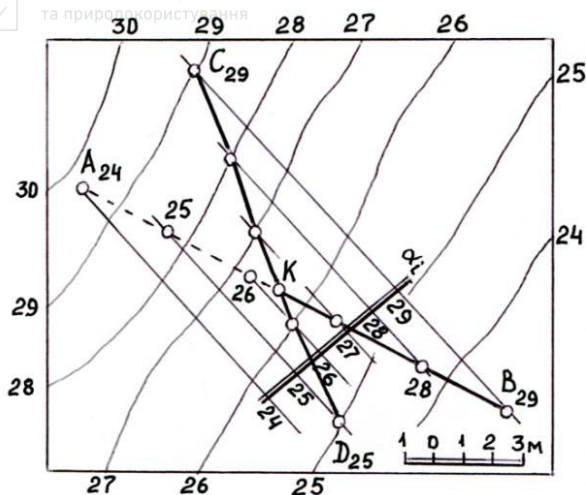


Рис. 1.61. Визначення точки K перетину прямої AB із землею поверхнею способом горизонталей

проходять через відповідні точки прямої A_{24} і B_{29} . На рис. 1.61 побудовано також масштаб ухилу α_i площини α .

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. 1.62 показано розв'язок задачі на визначення точки K перетину

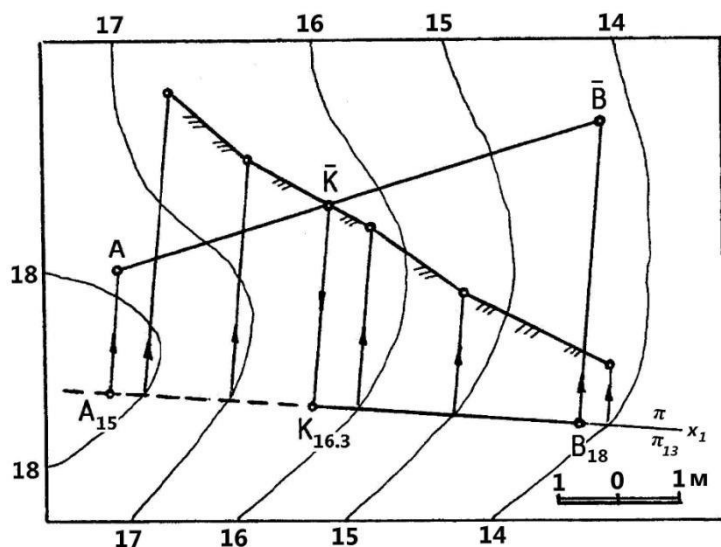


Рис. 1.62. Визначення точки K перетину прямої AB із землею поверхнею способом профілю

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).

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 розміщувати 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 розміщувати 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 земною поверхнею. Точка K має числову позначку 16.3, яку визначено таким чином:
 $13 + |\bar{K}K_{16,2}| = 13 + 3,3 = 16,3$.

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

1.5.2. Перетин поверхні з площиною

Побудова лінії перетину поверхні з площиною, як і двох площин, в проекціях 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 проекції 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. 1.63 побудовані лінії перетину укосів котлована між собою і з плоским косогором. Котлован є багатогранною поверхнею – зрізаною

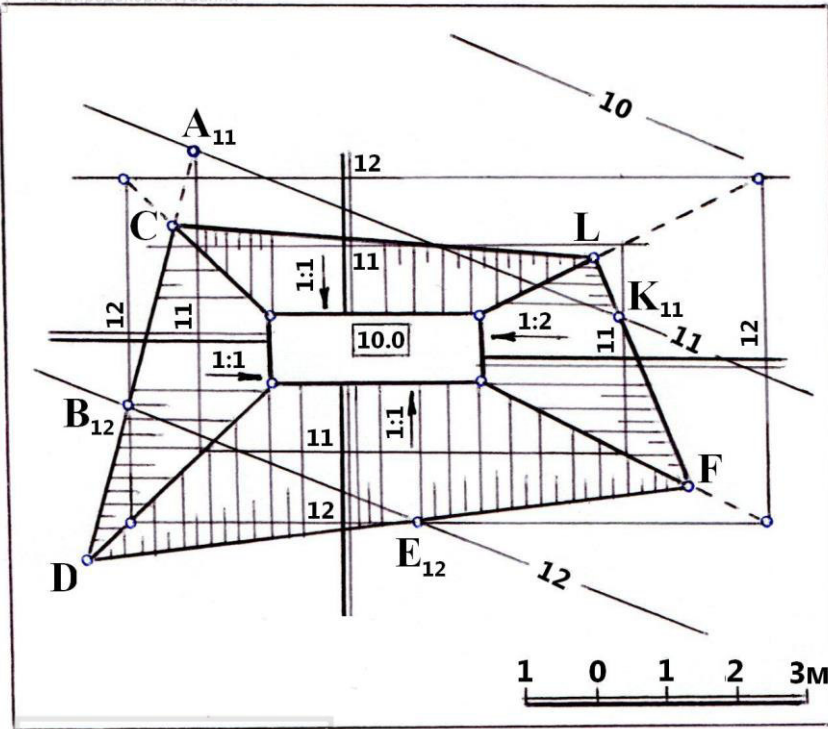


Рис. 1.63. Побудова ліній перетину укосів котлована між собою і з плоским косогором

градуювання яких проведено з урахуванням того, що 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 1 м 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 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} .

чотирихгранною пірамідою, три з чотирьох бокових граней якої мають ухили 1:1, а одна – 1:2. Дно котлована – горизонтальний майданчик з числовою позначкою 10.0.

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,



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 будуюмо 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. 1.64 побудовані лінії перетину площин укосів α та β з поверхнею укосу γ , яка є поверхнею прямого колового конуса. Ухили укосів α та γ

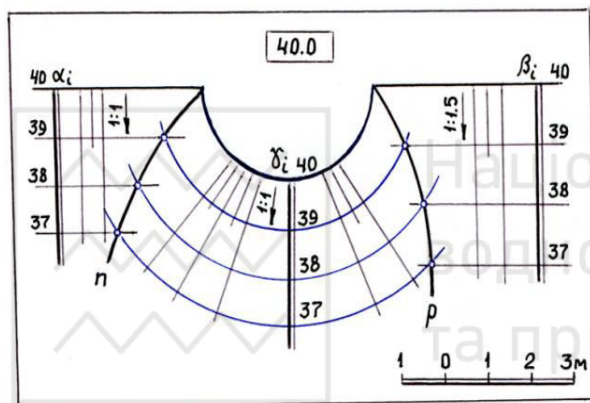


Рис. 1.64. Побудова ліній перетину площин укосів α та β з укосом γ , який є поверхнею прямого колового конуса

дорівнюють 1:1, а укосу β – 1:1.5. Числова позначка бровок укосу дорівнює 40.

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 земною 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 земною поверхнею.

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



Так, на рис. 1.65 наведені вихідні дані для побудови лінії перетину земляних укосів, що примикають до горизонтального полотна дороги, із земною поверхнею. Ухил укосів 1:1, ширина смуг під кювети 0,5 м.

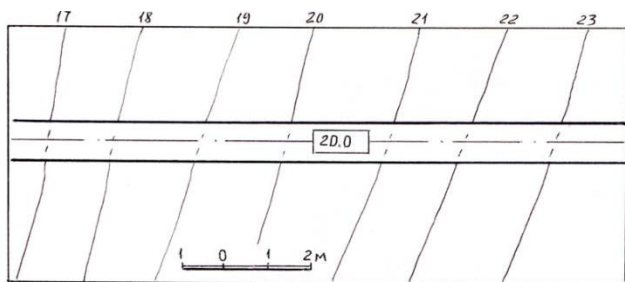


Рис. 1.65. До побудови меж земляних робіт укосів горизонтального полотна дороги

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 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

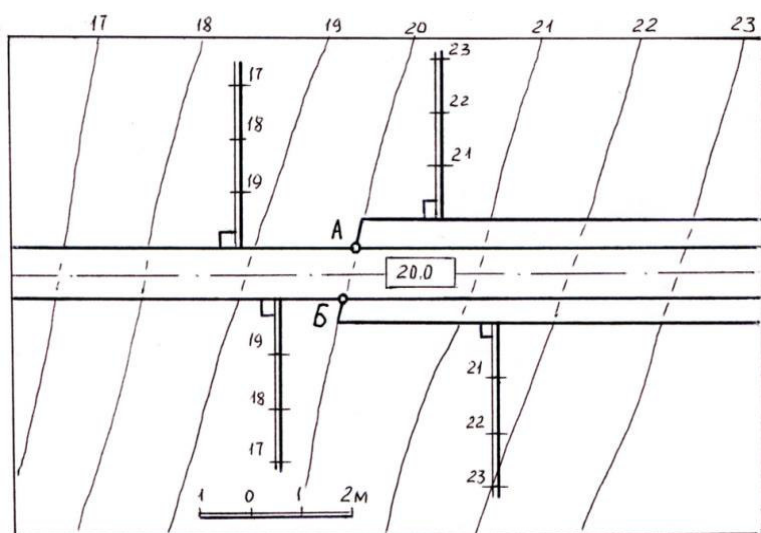


Рис. 1.66. Визначення точок нульових робіт та типів укосів

перетину бровок дороги із земною поверхнею. На рис. 1.66 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 земною 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 укiс насипу в точці нульових робіт, а можуть переходити в цій точці один в одній і однотипні укоси. Детальніше про це буде сказано нижче.

Визначивши точки *A* і *B* нульових робіт, в укосах виїмки проводимо смуги під кювети (рис. 1.66), 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.

На рис. 1.66 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. 1.66).

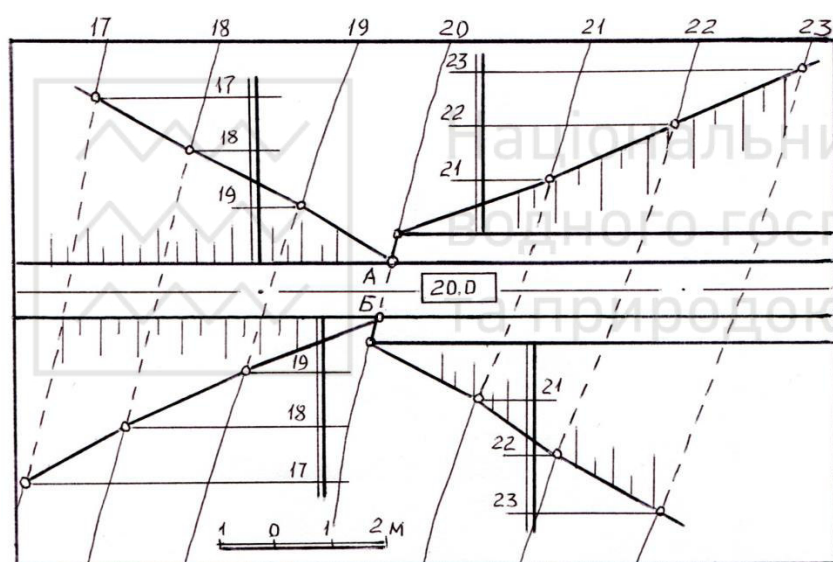


Рис. 1.67. Визначення меж земляних робіт укосів

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 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 зображають 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 укiс 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

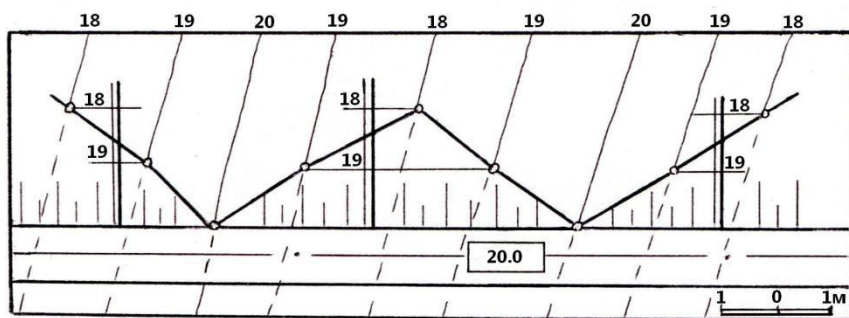


Рис. 1.68. Побудова меж земляних робіт трьох укосів насипу

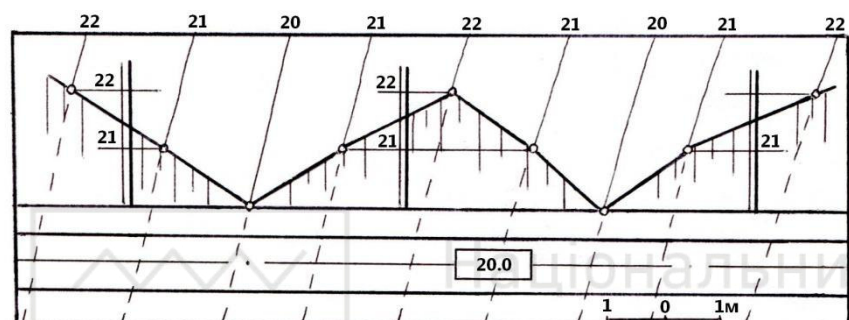


Рис. 1.69. Побудова меж земляних робіт трьох укосів виїмки

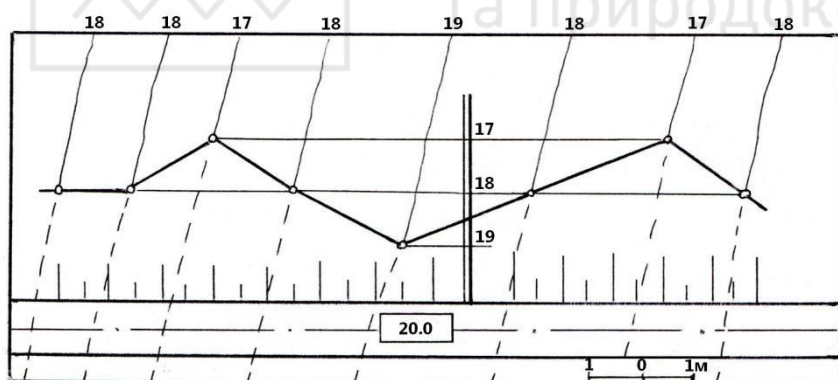


Рис. 1.70. Побудова меж земляних робіт укосу насипу, коли в межах плану відсутні точки нульових робіт

одний. На рис. 1.68 показано, як до горизонтального полотна дороги примикають три різних, проте однотипних укоси насипу (з одного боку полотна дороги), а на рис. 1.69 – три укоси виїмки.

Слід зазначити, що задачі на побудову меж земляних робіт 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. 1.70 до полотна дороги прилягає тільки один укіс – укіс насипу, а на

рис. 1.71– укіс виїмки.

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

На рис. 1.72 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. 1.72 точки нульових робіт *C* і *D* визначені способом горизонталей. За цим способом

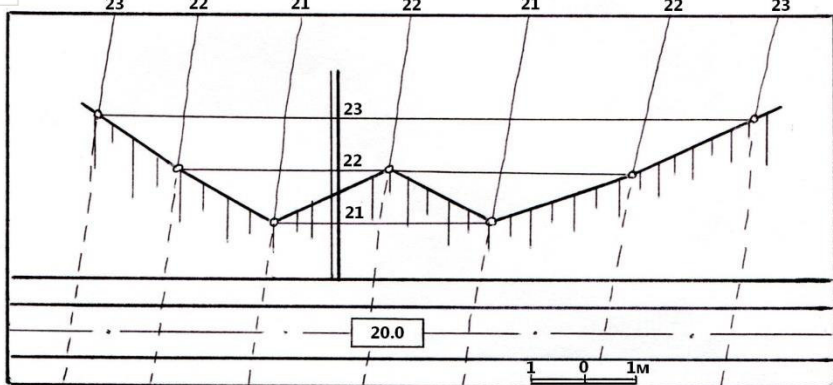


Рис. 1.71. Побудова меж земляних робіт укосу виїмки, коли в межах плану відсутні точки нульових робіт

будують лінію перетину площини полотна дороги із земною 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 визначено для задачі, наведеної на рис. 1.66, встановлюємо, що справа від точок нульових робіт до дороги примикають укоси виїмки, а зліва – укоси насипу.

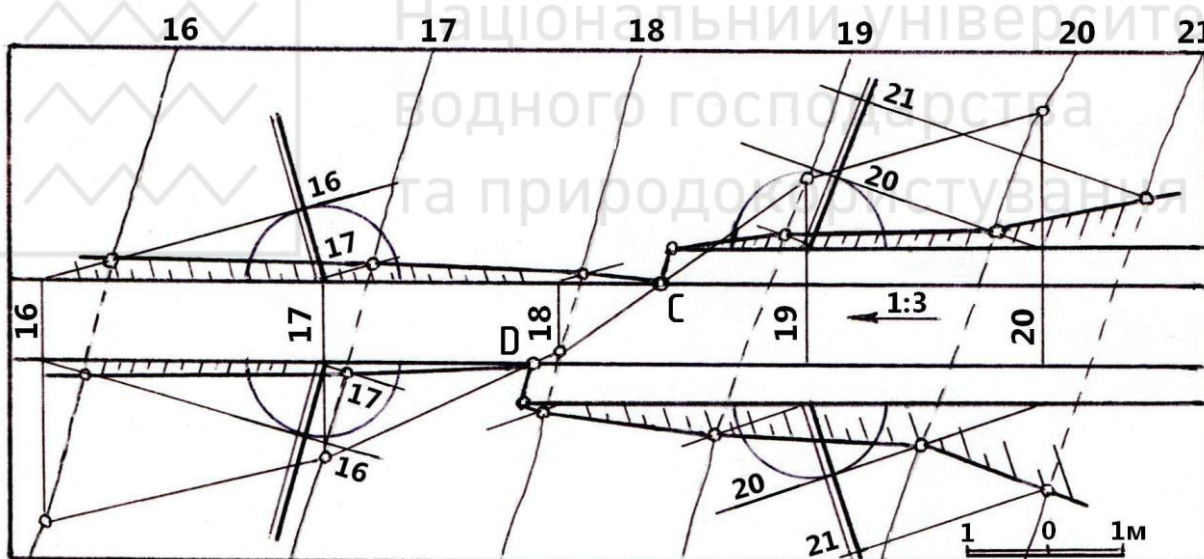


Рис. 1.72. Побудова меж земляних робіт укосів, що примикають до нахиленого полотна дороги

Наступний етап – це градування укосів, заданих прямими загального положення та величиною ухилу площини укосів, що розглядалося в 1.3. Звернемо увагу на деякі особливості в градуванні 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 (1.2):



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

Побудову горизонталі укосу насипу з числовою позначкою 16 показано на плані (рис. 1.72) і проілюстровано на наочному зображенні (рис. 1.73).

Щодо градування укосу виїмки, то тут з двох можливих горизонталей 19 та 20 спочатку проводять горизонталь з більшою числовою позначкою. Це необхідно постійно враховувати, градуючи той чи інший тип земляних укосів. 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. 1.72) і проілюстровано на наочному зображенні (рис. 1.74).

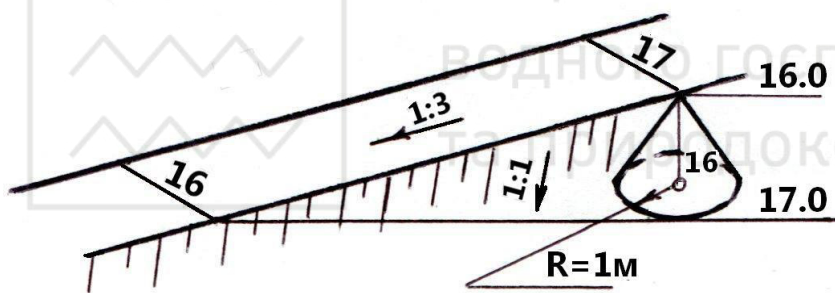


Рис. 1.73. Побудова на наочному зображенні горизонталі 16 в укосі насипу (доповнення до рис. 1.72)

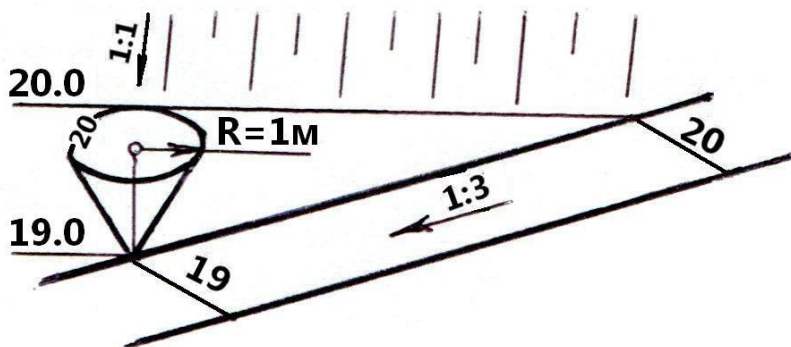


Рис. 1.74. Побудова на наочному зображенні горизонталі 20 в укосі виїмки (доповнення до рис. 1.72)

перпендикулярно до горизонталей укосів або паралельно до ЛНУ площин укосів.

Після того, як в укосах побудовано по одній горизонталі, можна перпендикулярно до них провести ЛНУ площин земляних укосів, які градуються, і через знайдені точки з цілими числовими позначками провести горизонталі укосів. Потім будують межі земляних робіт укосів і виконують штриховку отриманих укосів.

Бергштрихи проводять не перпендикулярно до меж земляних робіт, а



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

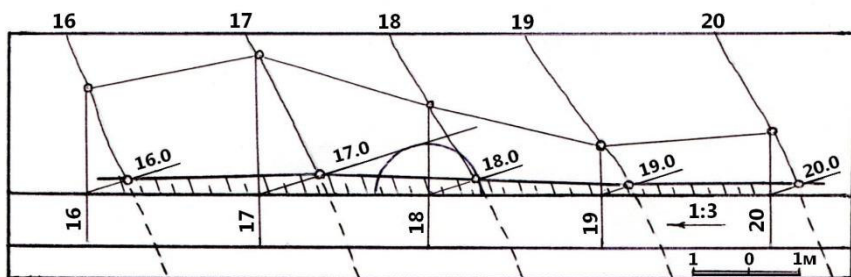


Рис. 1.75. Побудова меж земляних робіт укосу насипу, що примикає до нахиленого полотна дороги (в межах плану відсутні точки нульових робіт)

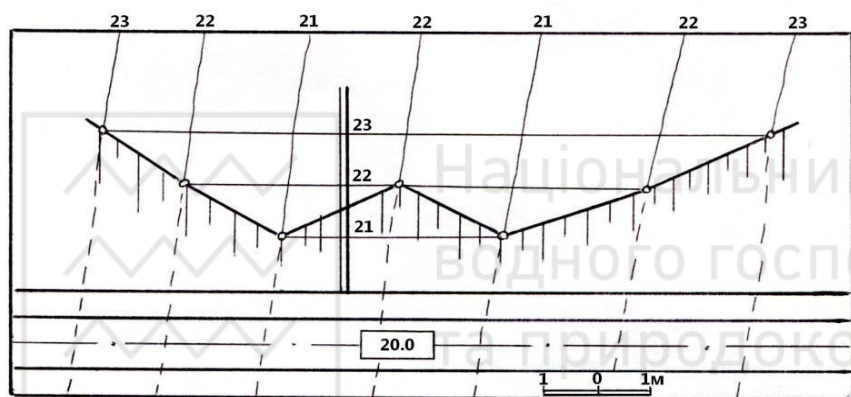


Рис. 1.76. Побудова меж земляних робіт укосу виїмки, що примикає до нахиленого полотна дороги (в межах плану відсутні точки нульових робіт)

насипу. Так, на рис. 1.75 до полотна дороги примикає тільки укіс насипу, а на рис. 1.76 – тільки укіс виїмки.

В крайніх на плані укосах (рис. 1.77) горизонталі проведено паралельно до горизонталей укосів, побудованих в центральній частині плану, оскільки горизонталі в різних, проте однотипних укосах, паралельні між собою, якщо укоси мають однакову величину ухилу. Це значно полегшує градування укосів, оскільки не треба будувати в них

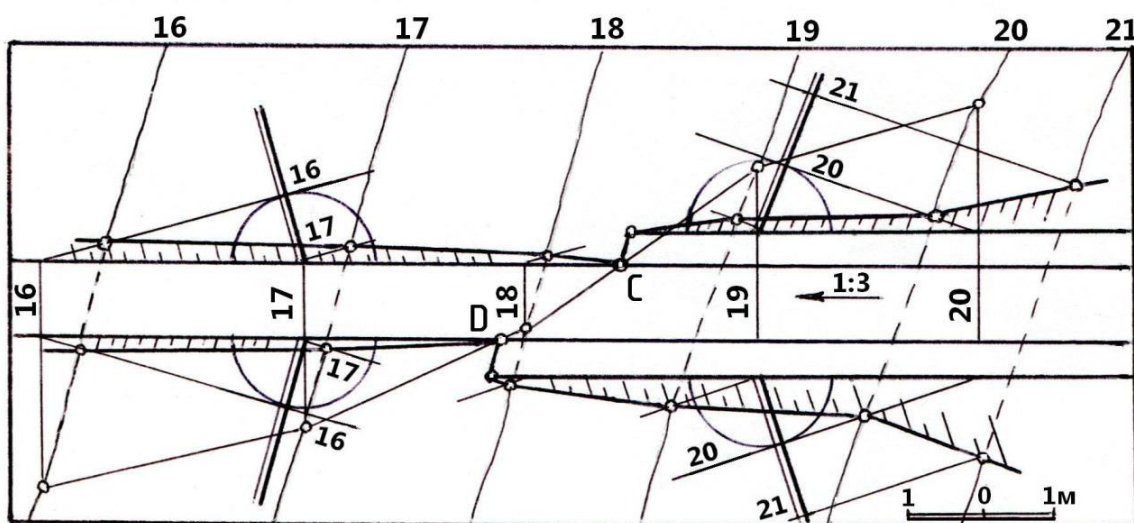


Рис. 1.77. Побудова меж земляних робіт трьох укосів, що примикають до нахиленого полотна дороги

горизонталі конусів.

Розглянемо приклади побудови меж земляних робіт суміжних земляних укосів, які примикають до споруди.

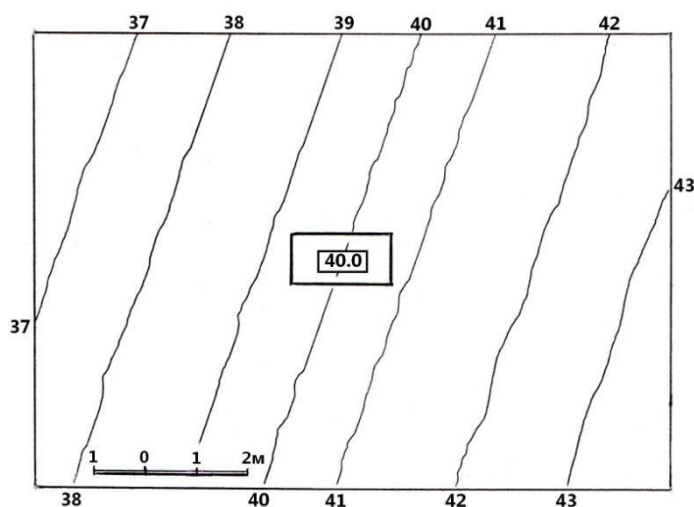


Рис. 1.78. До побудови меж земляних робіт укосів будівельного майданчика

На рис. 1.78 наведено умову задачі на визначення меж земляних робіт будівельного майданчика (ухил земляних укосів 1:1, ширина смуг під кювети 0,3 м). На рис. 1.79 показано перший етап розв'язування задачі, а саме, визначення точок нульових робіт *A* і *Б*. Зліва від них до майданчика прилягають три укоси насипу, а справа – три укоси виїмки, що примикають до

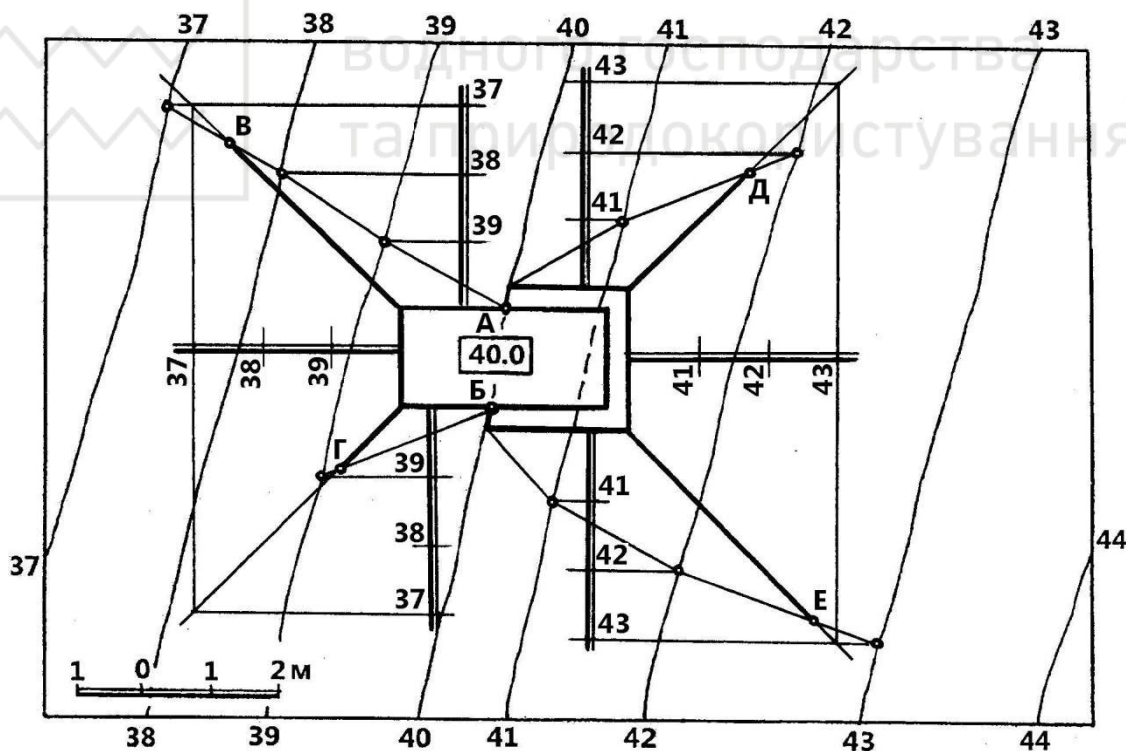


Рис. 1.79. Побудова точок нульових робіт та ліній перетину суміжних укосів

кювету. Крім цього, на даному рисунку показано побудову ліній перетину укосів між собою. Детальніше зупинимося на цих побудовах. Виконаємо градування укосів. Оскільки сторони майданчика є горизонталями 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.

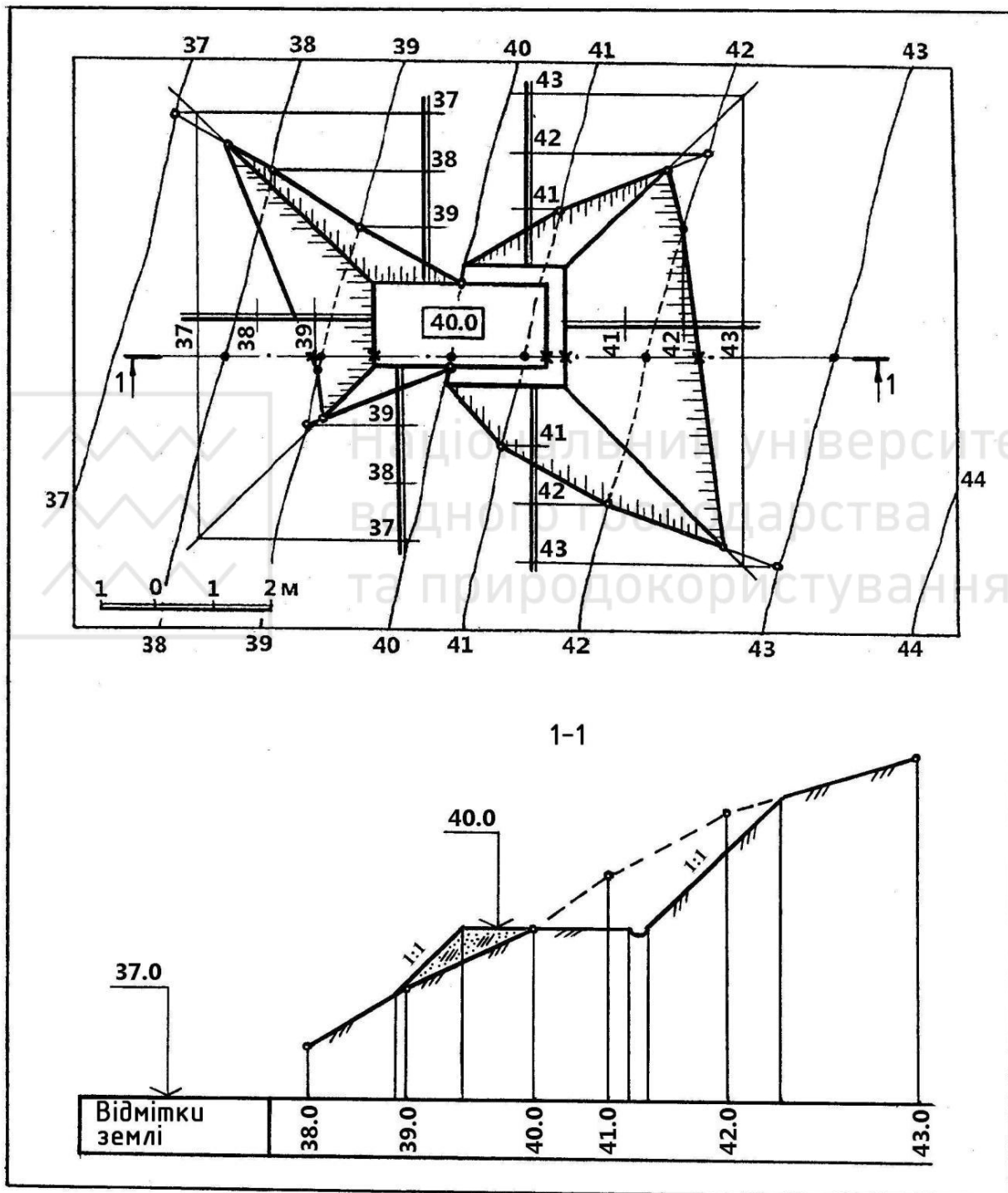


Рис. 1.80. Побудова меж земляних робіт укосів та профілю 1-1 земної поверхні і будівельного майданчика з укосами



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. 1.79 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. 1.80 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 відкладати вертикальні відстані, а лінія профілю не 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.

1.5.3. Взаємний перетин поверхонь

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

Побудова лінії взаємного перетину двох поверхонь у проекціях 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 проекції 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.

1.5.3.1. Визначення точок нульових робіт

Побудову меж земляних робіт починають з визначення точок нульових робіт – точок перетину лінії контура споруди із земною поверхнею. Тому, перш

ніж приступити до побудови лінії взаємного перетину поверхонь, слід розглянути відомі способи знаходження точок нульових робіт.

На рис. 1.62 точку перетину прямої лінії із земною поверхнею визначено способом профілю. На рис. 1.66 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

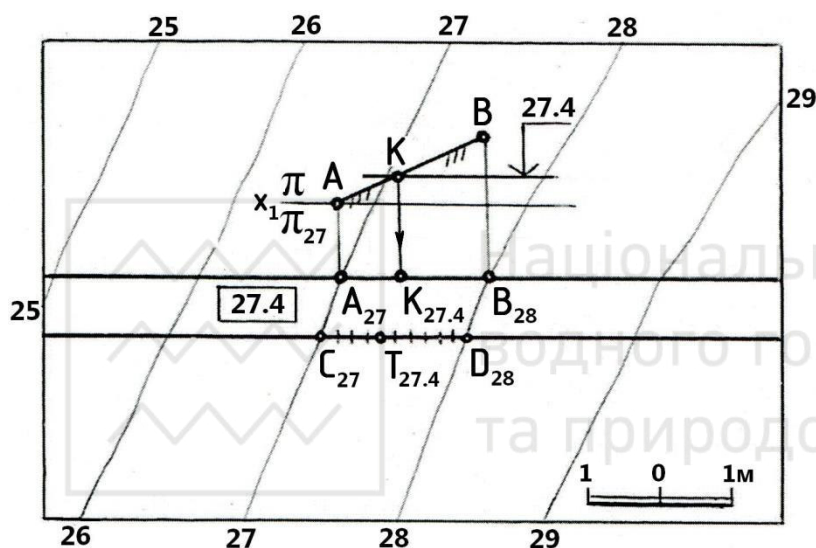


Рис. 1.81. Визначення точок нульових робіт способом профілю та прямо пропорційного ділення

позначками. На рис. 1.81 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. 1.62. Відмінність полягає в тому, що бровка дороги є 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. 1.82 показано три способи визначення точок нульових робіт на прикладі перетину бровок нахиленої частини полотна дороги із земною поверхнею.

Перший спосіб полягає в тому, що через бровку a проводиться допоміжна січна площина. Вона задається горизонталями 22 та 21, які проведені через точки бровки з числовими позначками 22 та 21 до їх перетину на плані в точках A_{21} та B_{22} з горизонталями земної поверхні, що мають такі ж числові позначки.

Проекція $A_{21}B_{22}$ лінії перетину допоміжної площини із земною поверхнею перетинає на плані лінію бровки a в точці K , яка є проекцією шуканої точки перетину бровки a із земною поверхнею, тобто точка K – точка нульових робіт на бровці a .



Існує інший спосіб знаходження точок нульових робіт, при якому шукана

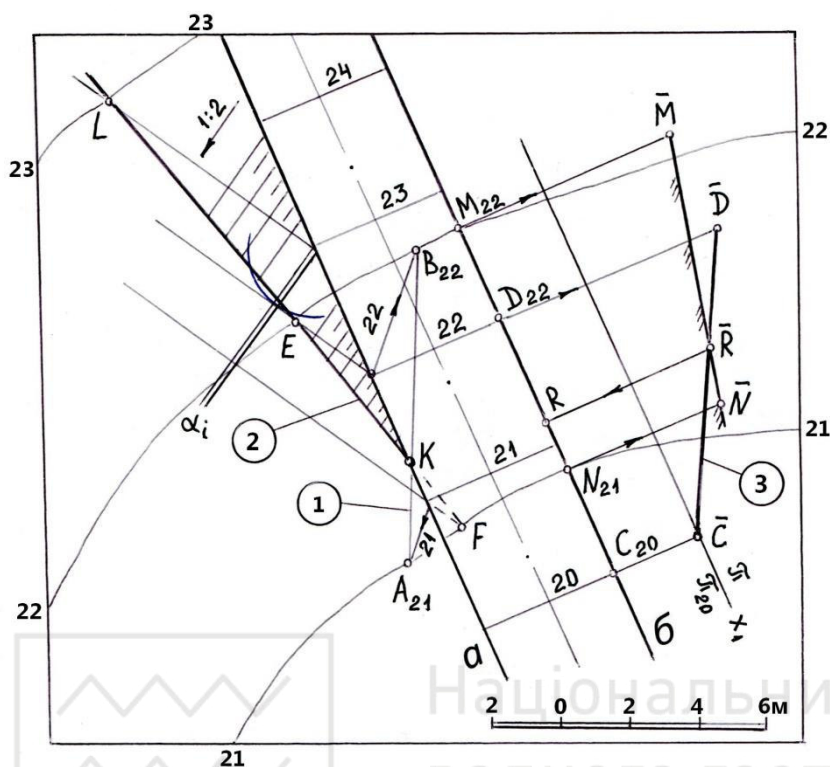


Рис. 1.82. Визначення точок нульових робіт способом допоміжних площин, побудови меж земляних робіт та профілю

точка K перетину бровки a із земною поверхнею знаходиться як точка перетину лінії межі земляних робіт укосу α з лінією бровки a . Площина укосу α перетинає землю поверхню на плані по лінії LEF , але лінія EF перетинає бровку a в точці K , яка є проекцією точки нульових робіт на бровці a .

В третьому випадку точка нульових робіт на бровці b визначена

способом профілю. Цей спосіб, як і показано на рис. 1.62,

полягає у побудові профілю бровки b та профілю земної поверхні при проведенні вертикальної січної площини через бровку b .

Вертикальний масштаб при побудові профілю збільшений у 2 рази порівняно з масштабом плану. В системі площин 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. 1.72, 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 бровки дороги.



На рис. 1.66, 1.72, 1.81, 1.82 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. 1.83 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. 1.83 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

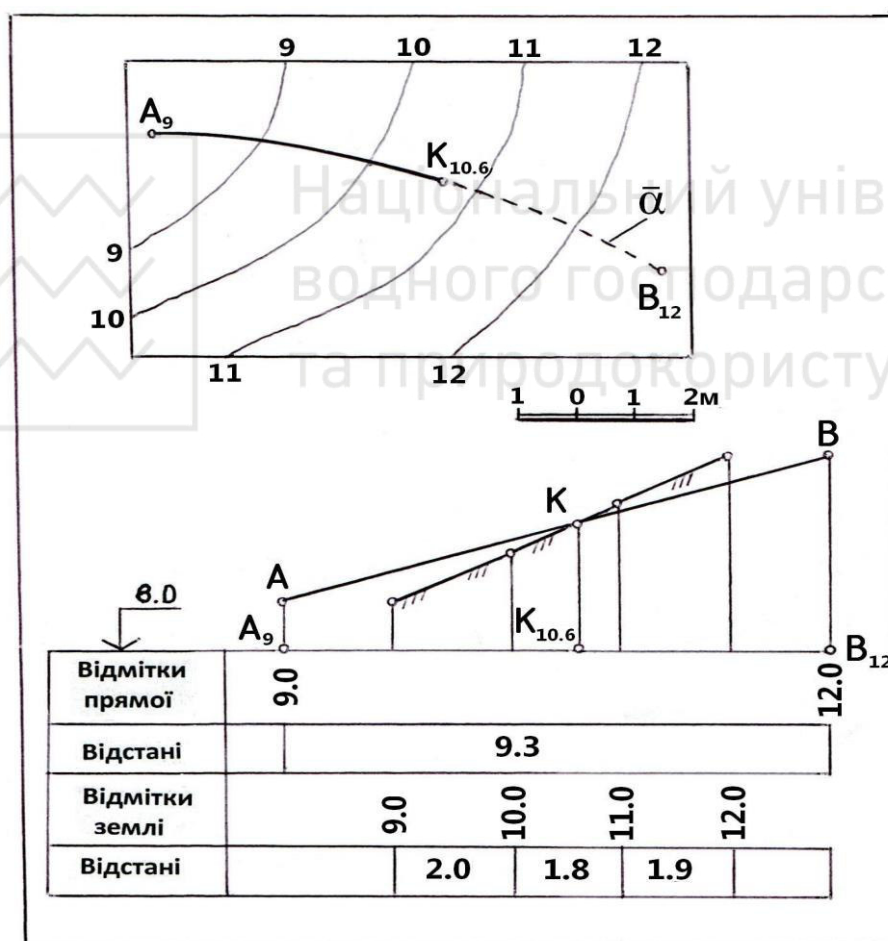


Рис. 1.83. Визначення точки перетину кривої лінії із землею поверхнею способом профілю

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 застосовують і спосіб горизонталей, що

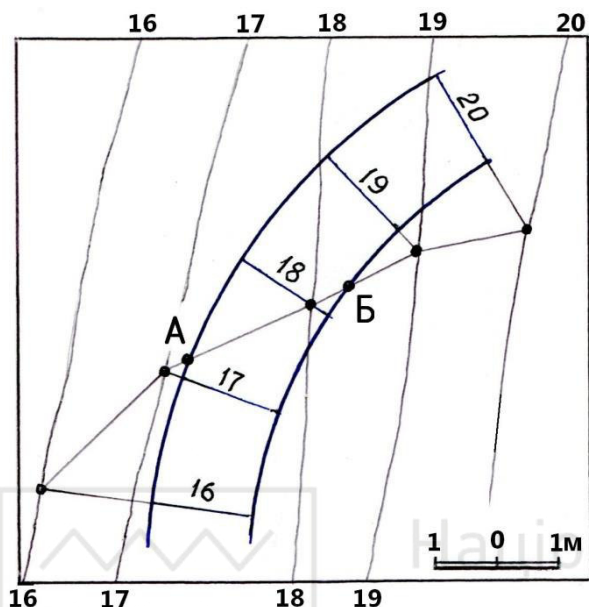


Рис 1.84. Визначення точок нульових робіт криволінійних бровок нахиленого полотна дороги способом горизонталей

розглянуто на рис. 1.72 для прямолінійної бровки.

На рис. 1.84 способом горизонталей побудовані точки нульових робіт *A* і *B* криволінійних бровок нахиленого полотна дороги. Точки *A* і *B* – точки перетину бровок дороги з лінією перетину площини, яку проведено через полотно дороги, із землею поверхнею.

Інші способи – січних площин (поверхонь) і побудови меж земляних робіт – для криволінійної лінії контура

споруди є менш поширеними.

На рис. 1.85 показано визначення точок нульових робіт та меж земляних

робіт на криволінійній нахиленій ділянці дороги. Ухили укосів 1:1.

Точки нульових робіт *K* і *T* бровок полотна дороги визначені способом профілю. Більш детально це показано на рис. 1.86.

Частина споруди розміщена у виїмці, тому для стоку дощових і талих вод робиться, як правило, кювет. Для цього на рис. 1.85 креслять смугу шириною 0,5 м, від якої будують укоси виїмки.

Поверхні укосів, що є криволінійними поверхнями однакового ухилу, розглянуті на рис. 1.51. Горизонталі укосів будують аналогічно прикладу, наведеному на рис. 1.52, з урахуванням особливостей побудови горизонталей в укосах насипу та виїмки, показаних на рис. 1.75 та рис. 1.76. В укосах насипу та виїмки горизонталі укосів є дотичними до горизонталей (кіл) прямих колових конусів, радіуси яких визначають за формулою (1.2), причому в укосах виїмки використовують верхню полу конусів.

На рис. 1.87 показано побудову точок перетину горизонталей 17 укосів насипу та горизонталей 18 укосів виїмки із землею поверхнею. Кола конусів, до яких ці горизонталі є дотичними, на рис. 1.85 не показані, а на рис. 1.87 зображені штриховою лінією.

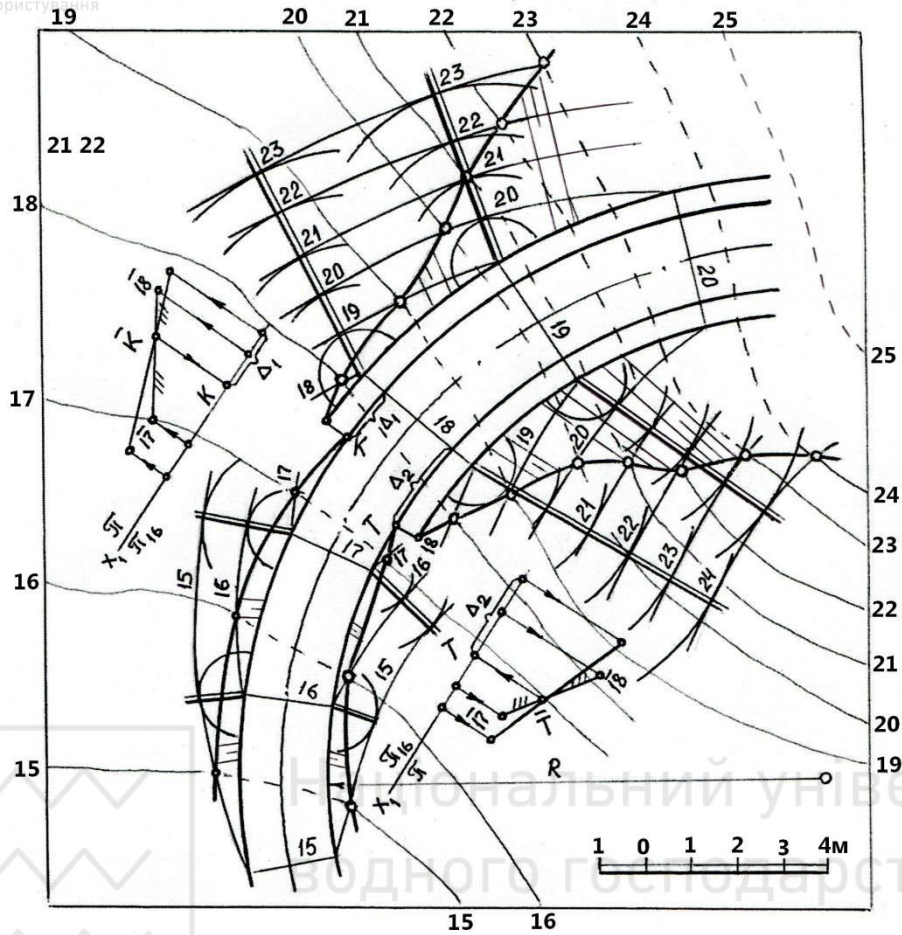


Рис. 1.85. Визначення точок нульових робіт та меж земляних робіт укосів, що примикають до криволінійної нахиленої ділянки дороги

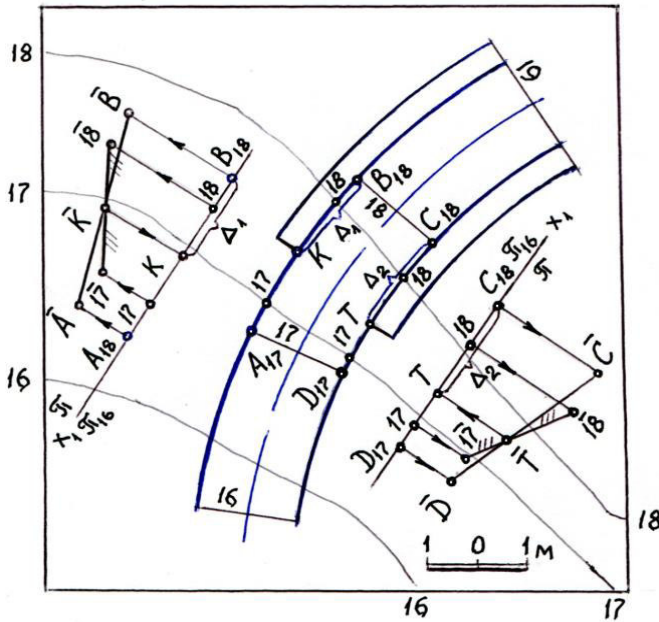


Рис. 1.86. Визначення точок нульових робіт способом профілю (доповнення до рис. 1.85)

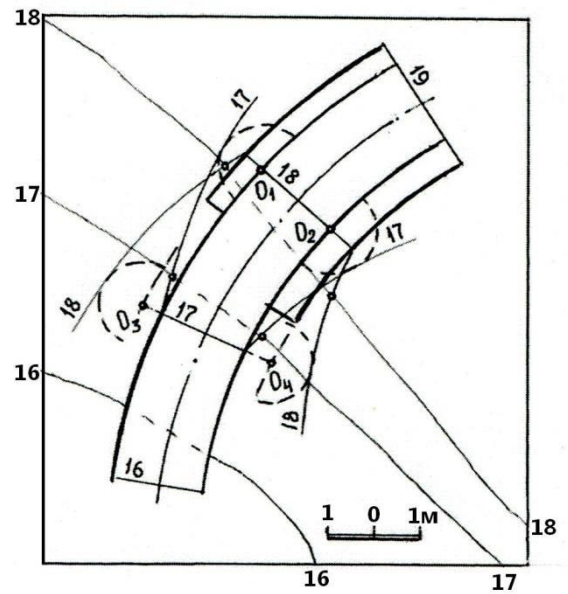


Рис. 1.87. Визначення точок перетину горизонталей 17 і 18 укосів із землею поверхнею (доповнення до рис. 1.85)



1.5.3.2. Побудова меж земляних робіт греблі

На рис. 1.88 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 $R = 25,0\text{ м}$. 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.

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 проградувавши 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. 1.89.

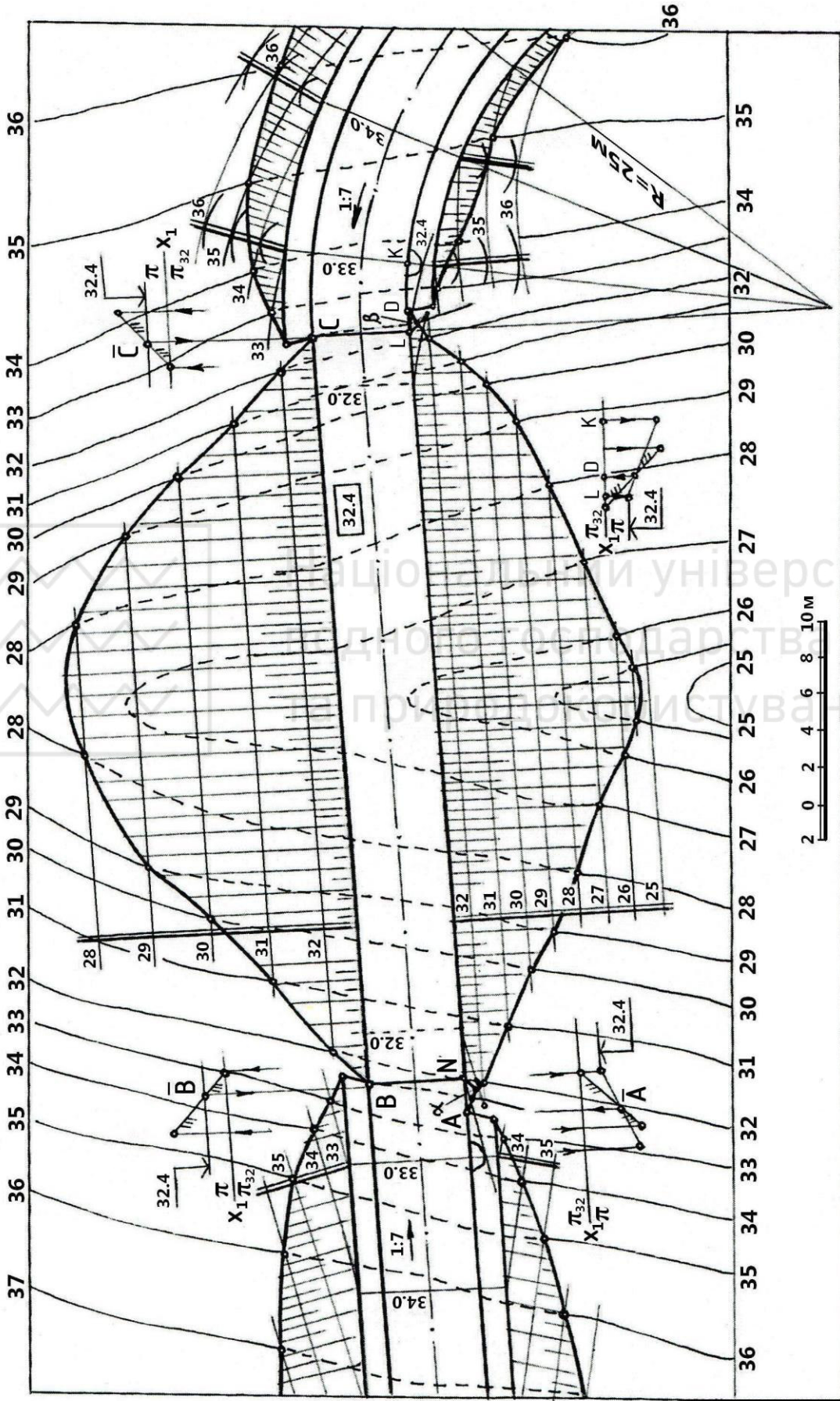


Рис. 1.88. Побудова меж земляних робіт греблі

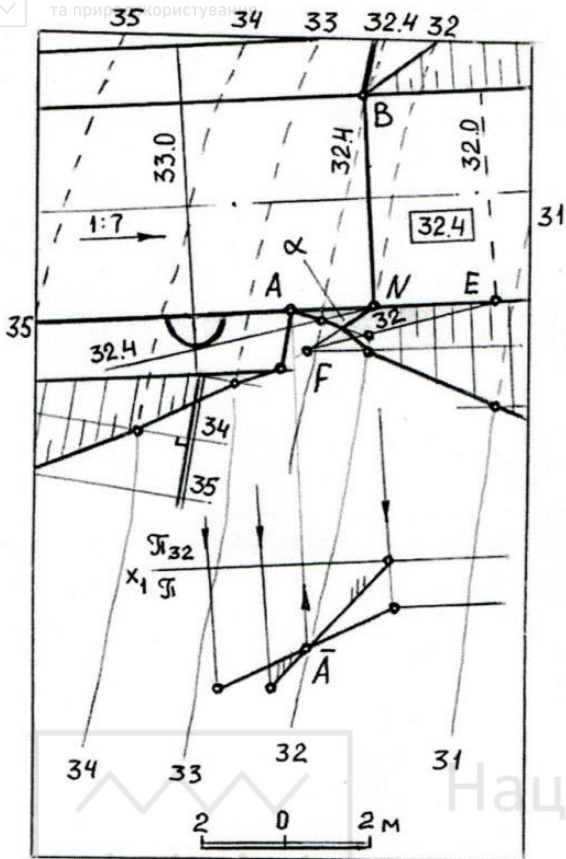


Рис. 1.89. Побудова меж земляних робіт укосів α та основного (доповнення до рис. 1.88)

Спочатку будуємо теоретичну лінію перетину укосів α та основного укосів. 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 укосів α , паралельно горизонталі 32.4 цього укосів. Останню горизонталь проведено з точки N як дотичну до горизонталі конуса з числовою позначкою 32.4, вершина якого знаходиться в точці нижньої бровки в'їзду з числовою позначкою 33. Горизонталь конуса згідно з (1.2) має радіус $R = h \cdot l = (33 - 32,4) \cdot 1,5 = 0,9i$. Лінія NF і є теоретичною лінією перетину

укосів α та основного.

Далі будуємо лінію перетину укосів α із землею поверхнею. Вона проходить через точку A та точку перетину горизонталей 32.4 укосів α та земної поверхні (горизонталь 32.4 земної поверхні додатково побудовано на плані), а також точку перетину горизонталей 32 укосів α та основного. Остання точка знаходиться за межами укосів α . Ця лінія перетинає NF в точці, в якій водночас перетинаються межі земляних робіт укосів α та основного, а також їх лінія перетину. Таким чином, остаточно визначені контури укосів α та основного укосів в лівій його частині.

Аналогічно визначаємо лінію перетину

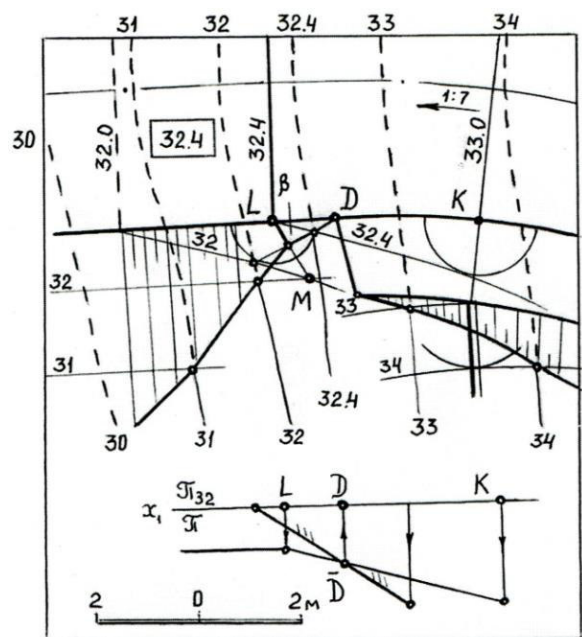


Рис. 1.90. Побудова меж земляних робіт укосів α та основного (доповнення до рис. 1.88)



укосу β , який є криволінійною поверхнею однакового ухилу, з основним укосом (рис. 1.90). Виконано ті самі побудови, що і при побудові лінії перетину укосу α з основним укосом, за винятком того, що горизонталі укосу β проведені не прямими лініями, як на рис. 1.89, а кривими (LM – теоретична лінія перетину укосу β та основного укосу).

4. Градуємомо 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 (1.1) $x = h \cdot l = (33 - 32,4) \cdot 7 = 4,2i$, 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 по осі в'їздів і дорівнює інтервалу, тобто 7 м.

5. Градуємомо бокові укоси виїмки в'їздів аналогічно до прикладів, які розглянуті на рис. 1.22 та рис. 1.85, причому укоси виїмки прямолінійного в'їзду будуть площинами, а укоси виїмки криволінійного в'їзду – криволінійними поверхнями однакового ухилу.

1.5.3.3. Побудова меж земляних робіт будівельного майданчика

На рис. 1.91 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 майданчика та в'їзду на нього, позначені цифрами I ... II в кружечках.

Пояснення до розв'язування даної задачі.

1. Градування укосів 1, 9 та 6, 10 насипу, градування 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. 1.80.

2. Градування укосу 3 та визначення ліній перетину його з укосами 4 та 11 виконано аналогічно до прикладу, показаного на рис. 1.64. Проте в прикладі на рис. 1.64 перетинаються укоси насипу, а в даному прикладі – укоси виїмки, і укіс 3 є поверхнею прямого колового конуса, розміщеного вершиною донизу (верхня пола конуса).

Кутові точки ліній перетину укосу 3 з укосами 4 та 11 знаходяться як в прикладі, що зображений на рис. 1.64 – горизонталі укосу 3 продовжено до перетину з наступною горизонталлю земної поверхні.

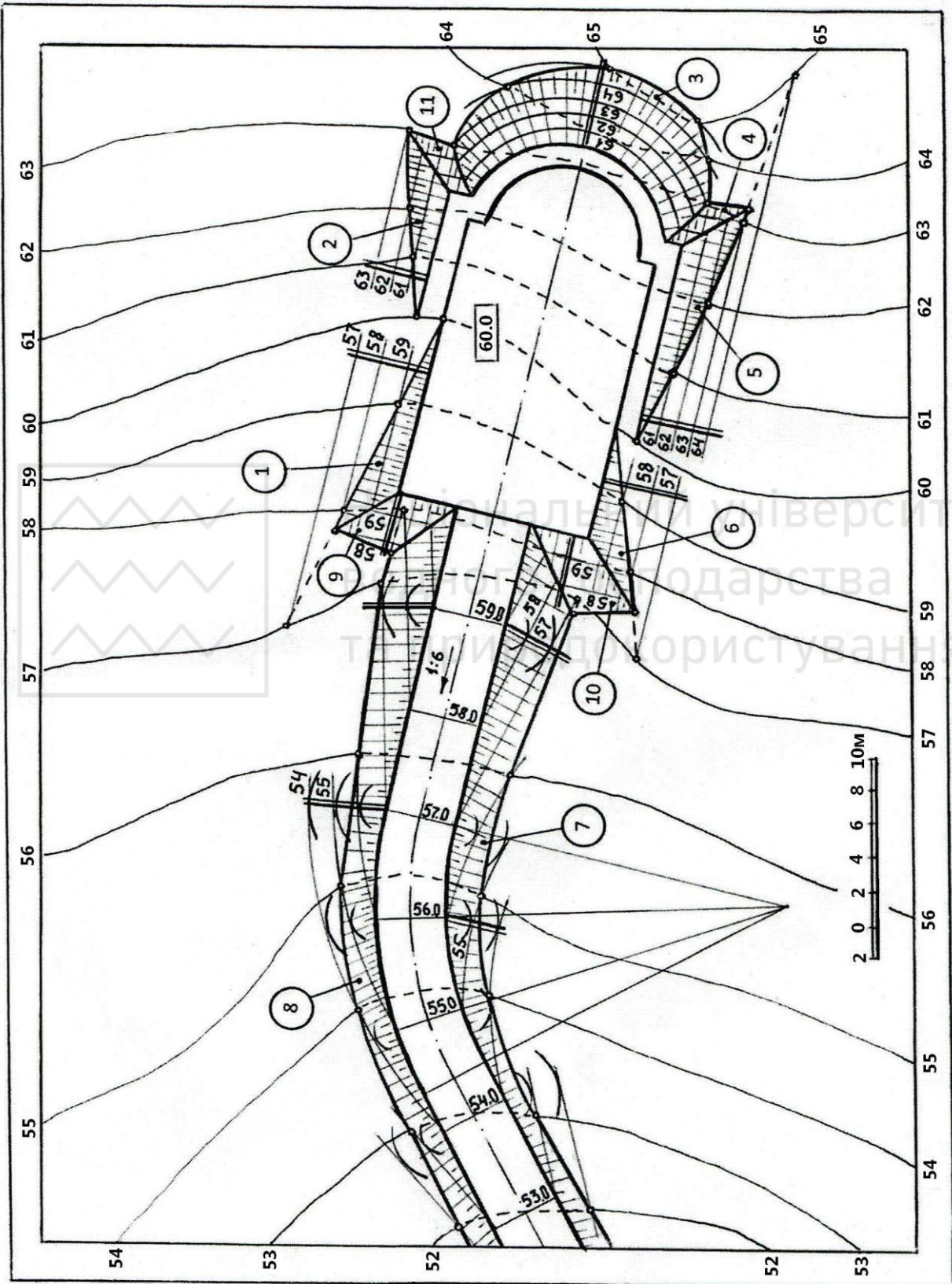


Рис.1.91. Побудова меж земельного майданчика з в'їздом



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. 1.72 та 1.85.

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. Кутові точки ліній перетину суміжних укосів визначаємо як в прикладі, наведеному на рис. 1.80.





Питання для самоконтролю до розділу 1

До параграфа 1.1

1. В чому полягає суть методу проєкцій з числовими позначками?
2. Чим забезпечується оберненість креслень в проєкціях з числовими позначками?
3. Назвіть переваги і недоліки методу проєкцій з числовими позначками.
4. Що називається планом?
5. Як відносно площини нульового рівня розміщені точки A_3 , B_3 і C_0 ?
6. Що називається масштабом?
7. Які масштаби використовують на планах?

До параграфа 1.2

1. Що називається закладанням прямої лінії?
2. Дайте означення терміну «підйом прямої лінії».
3. Що називається нахилом прямої лінії?
4. Дайте означення терміну «інтервал прямої лінії».
5. Яким чином зв'язані між собою ухил та інтервал прямої?
6. Що означає проградуювати пряму?
7. В чому полягає суть градуювання прямої аналітичним способом?
8. В чому полягає суть градуювання прямої способом профілю?
9. В чому полягає суть градуювання прямої способом пропорціонального ділення?

До параграфа 1.3

1. Якими геометричними фігурами може бути задана площина на плані?
2. Що називається лінією найбільшого уклону площини?
3. Що називається масштабом ухилу площини?
4. Як визначають кут ухилу (падіння) площини?
5. Чи визначає масштаб ухилу площини її положення в просторі?
6. Що називається кутом простягання площини?
7. Що приймають за напрям простягання площини?
8. Чи дозволяє задання площини масштабом ухилу визначити кут її ухилу до основної площини?
9. Яким чином на плані можна позначити горизонтальну ділянку або майданчик?
10. Що означає проградуювати площину?
11. Наведіть формулу, за якою обчислюються радіуси горизонталей конуса при градуюванні площини.

До параграфа 1.4

1. Які ознаки паралельності площин в проєкціях з числовими позначками?
2. Наведіть послідовність побудови лінії перетину двох площин.



3. Назвіть найбільш поширені способи визначення лінії перетину двох площин в проекціях з числовими позначками.
4. В чому полягає суть способу горизонталей при визначення лінії перетину двох площин в проекціях з числовими позначками?
5. В чому полягає суть способу профілю при визначення лінії перетину двох площин в проекціях з числовими позначками?
6. Назвіть послідовність дій, з яких складається загальний алгоритм визначення точки перетину прямої з площиною.
7. В чому полягає суть способу горизонталей при визначенні точки перетину прямої з площиною в проекціях з числовими позначками?
8. В чому полягає суть способу профілю при визначенні точки перетину прямої з площиною в проекціях з числовими позначками?
9. Дайте означення поверхні однакового ухилу.
10. В який геометричний об'єкт перетворюється поверхня однакового ухилу, якщо її напрямна є прямою лінією?
11. Як зображують на планах земну поверхню?
12. Що називається профілем земної поверхні?

До параграфа 1.5

1. Назвіть метод, на якому ґрунтується побудова лінії перетину поверхні з площиною.
2. Наведіть послідовність побудови лінії перетину поверхні з площиною.
3. Що називають точками нульових робіт?
4. Що називають межами земляних робіт?
5. Як проводять бергштрихи в земляних укосах?
6. В чому полягає суть способу горизонталей при побудові точок перетину прямої з поверхнею в проекціях з числовими позначками?
7. В чому полягає суть способу профілю при побудові точок перетину прямої з поверхнею в проекціях з числовими позначками?
8. Навести послідовність побудови лінії перетину поверхонь.
9. Які способи використовують для визначення точок нульових робіт.



Розділ 2. Моделювання геометричних об'єктів технологічними методами комп'ютерної графіки та їх застосування для зображення земляних споруд

2.1. Основи роботи в AUTOCAD 2015

2.1.1. Загальні відомості про AutoCAD

AutoCAD – система автоматизованого проектування (САПР) існує з 1982 року. В основі її – спроба перейти від надзвичайно дорогих мейнфреймів і міні-комп'ютерів, що коштували десятки тисяч доларів, до програм, що працюють на відносно недорогих мікрокомп'ютерах (так тоді називали настільні персональні комп'ютери), які коштували декілька тисяч доларів.

AutoCAD призначений перш за все для створення креслеників. Кресленики, створені з її допомогою, повинні відповідати державним стандартам, встановленим до різних видів креслярської продукції, які традиційно виконували вручну і часто роблять так і тепер. Безумовно, капіталовкладення в технологію AutoCAD більші, ніж витрати на олівці і папір; цикл навчання триваліший: слід опанувати і комп'ютер, і саму систему AutoCAD. Навіщо ж тоді потрібний AutoCAD?

Переваги використання AutoCAD:

Точність. Викреслювати лінії, кола й інші фігури з точними розмірами набагато простіше в AutoCAD, ніж на папері за допомогою креслярських інструментів.

Простота зміни креслеників. Виправляти кресленик на екрані комп'ютера набагато легше, ніж на папері. Так після змін, зроблених у AutoCAD, на кресленнику не залишається ворсу, пилу від гумки і плям від олівцевого грифеля.

Продуктивність. За допомогою AutoCAD креслярські роботи виконують значно швидше, ніж вручну, особливо в тих випадках, коли один кресленик містить декілька однакових фрагментів (наприклад, кресленик багатоповерхової будівлі).

«Чому в змаганні з іншими САПР перемогла саме AutoCAD?» Можна відповісти так: «AutoCAD стала колицкою цілої індустрії програмно-технічних продуктів». Компанія Autodesk, розробник AutoCAD, допомогла цьому процесу, створивши низку програмних інтерфейсів до AutoCAD, які стали використовувати незалежні компанії для розробки власних додатків. Одні з цих продуктів отримали визнання, інші невідомі, але суть у тому, що Autodesk уважно стежить за можливостями розширення AutoCAD. Деякі додатки,



створені незалежними компаніями, настільки якісні, що Autodesk купує їх, а потім випускає в складі чергової версії AutoCAD. Кожний новий програмний інтерфейс стимулює видання книг, появу навчальних курсів, розробки додаткових програм, навіть виникнення нових ідей і підходів. У результаті, якщо порівнювати «закінчені продукти», тобто не тільки програмне ядро, таке як AutoCAD, але і всі доповнення, розширення, навчальні курси, книги і так далі, то система AutoCAD є поза конкуренцією.

Серед інших САПР AutoCAD вигідно вирізняється значними можливостями з налаштування інтерфейсу, створення власних команд, автоматизації процесів проектування. AutoCAD має великий ресурс у 3D - моделюванні, а вбудована мова Autolisp надає можливості автоматизації проектування.

AutoCAD – найпопулярніше у світі середовище автоматизованого проектування, обране багатьма розробниками як базова графічна платформа для створення машинобудівних, архітектурних, будівельних, геодезичних програм і систем інженерного аналізу.

AutoCAD – найпоширеніша система автоматизованого проектування САПР, що функціонує в середовищі MS Windows та володіє традиційними, перевіреними часом інструментами інженерної графіки, тривимірного моделювання та візуалізації, постійно доповнюється новими можливостями. Платформа AutoCAD забезпечує вражаюче підвищення продуктивності праці в різних галузях діяльності, які пов'язані з точним графічним представленням результатів, – від астрономічних спостережень до розкрою одягу.

Упродовж багатьох років розробники вдосконалюють AutoCAD з урахуванням потреб фахівців різного профілю, роблять продукт ще більш гнучким і зручним у використанні. Нові версії AutoCAD не просто забезпечують проектувальника комп'ютерними засобами для креслення – вони дозволяють йому творити, використовувати всі можливості для роботи з двовимірною графікою і моделювання у віртуальному тривимірному просторі.

Основу продукту становить досконала система створення різних двовимірних графічних об'єктів-примітивів та управління такими об'єктами: лініями, розмірами, текстами, штрихуваннями тощо. В AutoCAD також є широкі можливості для створення та управління тривимірними об'єктами: елементарними формами, поверхнями різних типів тощо.

Всі об'єкти існують в єдиному віртуальному тривимірному просторі з координатами X, Y, Z. Проектувальник-користувач самостійно вибирає вид, проекцію, характер подання створених об'єктів.



Важливою перевагою AutoCAD є наявність безлічі способів та інструментів вирішення однієї і тієї ж задачі. Це надає програмі необхідної гнучкості.

Складні типи об'єктів і різноманітні дії з ними визначаються спеціальними програмними модулями (ARX-файлами, LISP-файлами).

Під час вирішення проектних завдань потрібен показ об'єктів у різних положеннях: у вигляді креслярських ліній, з демонстрацією накладених текстур матеріалів тощо. Для цього передбачено спеціальну систему візуального представлення, що взаємодіє з графічним адаптером-прискорювачем для користувача. Така взаємодія дозволяє представляти об'єкти з реалістичним розфарбуванням, імітувати «ручну» графіку, надаючи високу виразність проектам.

AutoCAD досконало реалізує технології «зв'язування» розподілених даних і окремих файлів. Користувач може керувати як наборами файлів, які складають проект, так і окремими дрібнішими частинами файлів (аркушами, видовими екранами), що дозволяє організовувати роботу як окремого проектувальника, так і проектних колективів.

Особливістю роботи AutoCAD є виконання певних процедур, що передбачають чітку і узгоджену послідовність операцій: відстеження графічних дій на робочому столі (екрані), роботу з кнопками і колесом мишки, введення значень з клавіатури. У сучасному AutoCAD робота з клавіатурою і мишкою зведена до необхідного мінімуму, а пріоритет відданий відстеженню дій на екрані. Користувач повинен чітко уявляти собі кінцевий результат своєї роботи – тоді для досягнення цього результату він зможе використовувати різноманітні можливості AutoCAD.

Всі користувачі AutoCAD розпочинають роботу, спираючись на власні навички виконання креслень. Інструменти креслення AutoCAD – найбільш точні, зручні та досконалі серед інструментарію всіх САПР: їх вдосконалення триває вже кілька десятків років. Основою інструментів креслення є система інтелектуального об'єктного відстеження та геометричних «прив'язок», що забезпечує абсолютну точність побудов. Діючи узгоджено з кнопками миші та інструментами навігації, вони утворюють відомий так званий «електронний кульман» AutoCAD.

Інструменти креслення розміщують у зручній ієрархії: найпростіші графічні примітиви (точка, відрізок, дуга, полілінія, сплайн тощо), найпростіші двовимірні об'єкти, що складаються з примітивів (штрихування, розміри, тексти тощо), об'єкти «входження» (блоки, растрові зображення, зовнішні посилання), складні параметричні об'єкти (динамічні блоки, об'єкти додатків).



Передбачені найрізноманітніші методи зміни та редагування вже розміщених графічних об'єктів.

Усі кресленики і схеми на 50-90% складаються з типових графічних елементів. В AutoCAD традиційно розвинені засоби, які дозволяють записати будь-який набір графічних об'єктів у спеціальну бібліотеку всередині документа і використовувати вставку вже готового набору, який називають блоком AutoCAD. Можна використовувати прості блоки, що оптимізують роботу з креслеником, або сконструювати складний інтелектуальний об'єкт, що містить накладені математичні залежності між геометричними компонентами блоку. Такий блок називають динамічним.

3D-модельовання в AutoCAD дозволяє проектувальнику бути впевненим, що його розробка адекватно відображає ідею. Процес створення і редагування тривимірних моделей в AutoCAD одночасно логічний і інтуїтивний. Він дає спеціалісту можливість скористатися професійними знаннями в галузі нарисної і аналітичної геометрії, існуючою проектною методологією створення виробів із деталей, конструкцій з елементів тощо. У програмі реалізовано різний математичний підхід до формування тривимірних об'єктів: існують каркасні об'єкти (звичайні 2D-примітиви з атрибутом координати Z), суцільні тіла (використовують математику «твердого тіла» ACIS, розроблену Spatial Technology), традиційні топологічні поверхні, «твердотільні» полігональні поверхні (використовують математику «твердого тіла» ACIS) для взаємодії з «твердими» тілами. Тривимірні об'єкти можуть створювати безпосередньо або шляхом перетворення простих двовимірних об'єктів креслення (відрізків, дуг, поліліній, сплайнів) або імпортуватися з інших програм.

Основні системні вимоги для роботи з AutoCAD 2015

Для 32-розрядної версії AutoCAD 2015

- для установки: підключення до Інтернету або DVD-привод;
- для Windows 7: процесор Intel Pentium 4 або двоядерний процесор AMD Athlon з тактовою частотою 3 ГГц або вище, з підтримкою SSE2;
- 2 ГБ оперативної пам'яті (рекомендовано 4 ГБ);
- Microsoft Windows 8 Standard, Enterprise або Professional, Windows 7 Enterprise, Ultimate, Professional або Home Premium або Windows XP Pro або Home (SP3 або вище);
- Microsoft Internet Explorer 7.0 або вище;
- 6 ГБ на жорсткому диску для установки;
- для Windows XP: процесор Pentium 4 або двоядерний процесор AMD Athlon з тактовою частотою 1,6 ГГц або вище, з підтримкою SSE2;
- монітор з роздільною здатністю не менше 1024 x 768 і підтримкою режиму true color (рекомендовано 1600 x 1050 і вище);



Для 64-розрядної версії AutoCAD 2015

- відеоадаптер класу робочих станцій з пам'яттю не менше 128 МБ, який підтримує екранну роздільну здатність 1280 x 1024, режим true color, Pixel Shader 3.0 або вище, Microsoft Direct3D;
 - Internet Explorer 7.0 або вище;
 - не менше 4 ГБ оперативної пам'яті;
 - Microsoft Windows 8 Standard, Enterprise або Professional, Windows 7 Enterprise, Ultimate, Professional або Home Premium або Windows XP Pro (SP2 або вище);
 - процесор AMD Athlon 64, AMD Opteron, Intel Xeon з підтримкою Intel EM64T або Intel Pentium 4 з підтримкою Intel EM64T (усі – з підтримкою SSE2);
 - 6 ГБ на жорсткому диску для установки;
 - додатково 6 ГБ на жорсткому диску, крім вільного простору, необхідного для установки;
 - 2 ГБ оперативної пам'яті (рекомендовано 4 ГБ);
- Додаткові вимоги для 3D моделювання (конфігурації):
- процесор Pentium 4 або Athlon з тактовою частотою 3 ГГц або вище, або двоядерний процесор Intel або AMD з тактовою частотою 2 ГГц або вище;
 - монітор з роздільною здатністю не менше 1024 x 768 і підтримкою режиму true color (рекомендовано 1600 x 1050 і вище);
- Для установки: підключення до Інтернету або DVD-привод.

2.1.2. Перший запуск AutoCAD

Після установки AutoCAD клінемо по ярлику на робочому столі і запустимо систему. При відкритті з'являється сторінка New Tab (нова вкладка). Вона з'являється після запуску AutoCAD, коли ще не відкрито жодного кресленника, а також під час створення нового аркуша кресленника. Сторінка складається з двох накладених один на одного фреймів: Learn (навчання) та Create (створення), рис. 2.1.

Сторінка Create (створення), яка відображається за замовчуванням, служить пусковою панеллю, що забезпечує доступ до файлів-зразків, останніх файлів, шаблонів, до відновлення продукту і онлайн-спільноти. Вона розділена на три колонки: Get Started (початок роботи), Recent Documents (останні документи) і Connect (підключення).

Використовуючи інструмент Start Drawing (початок побудови) в колонці Get Started (початок роботи), можна швидко приступити до створення нового кресленника на основі шаблону, встановленого за замовчуванням, або з вибрати шаблон зі списку, де вони впорядковані за групами. Останній використаний шаблон стає новим шаблоном за замовчуванням. Інші інструменти в цій

колонці дозволяють відкривати існуючі кресленики і підшивки, завантажувати нові шаблони з Інтернету і вивчати зразки креслеників.

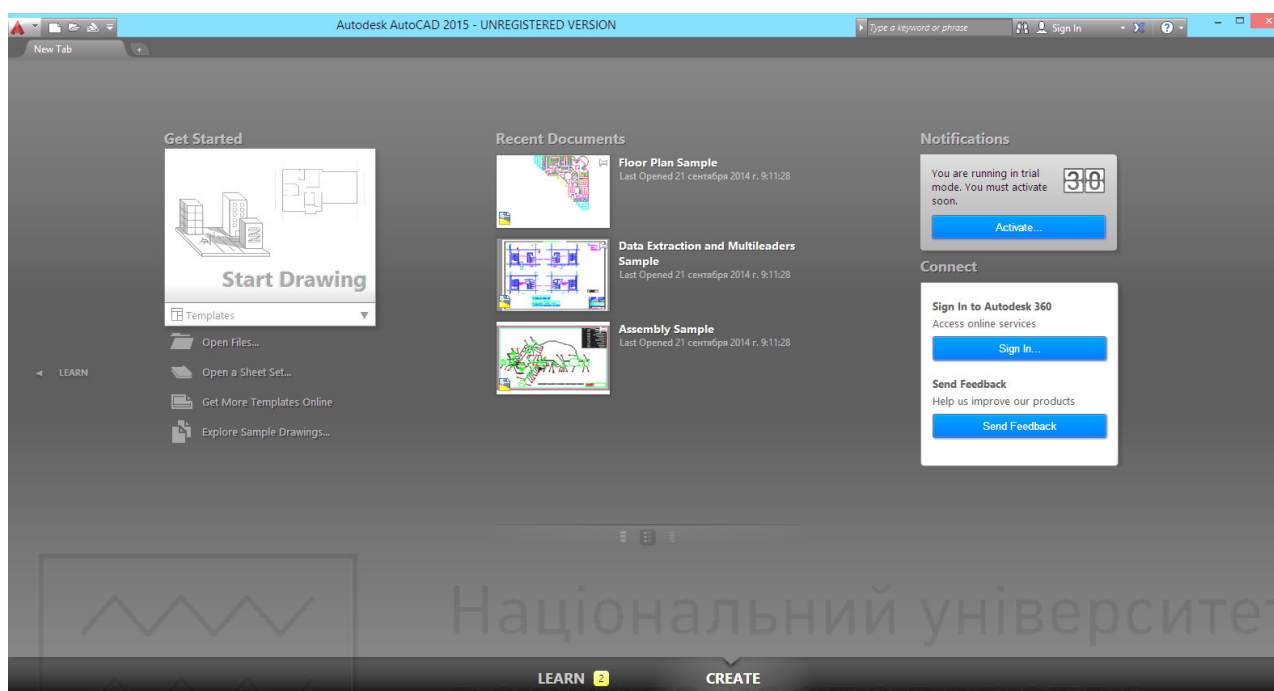


Рис. 2.1. Сторінка New Tab (нова вкладка) AutoCAD 2015

Колонка Recent Documents (останні документи) призначена для перегляду і відкриття останніх креслеників, з якими працювали. Якщо до якого-небудь кресленика користувач звертається регулярно, його можна закріпити в списку. За допомогою значків, розміщених внизу колонки, можна вибрати режим попереднього перегляду останніх креслеників: мініатюри, мініатюри з текстом або тільки текст.

У колонці Connect (підключення) відображаються сповіщення, наприклад, про апаратне прискорення, демо-період або про те, де можна скачати довідкові файли для автономного використання. Ця колонка також дозволяє звертатися до сервісів Autodesk® 360 і відправляти відгуки про продукт безпосередньо в Autodesk.

Із сторінки Create (створення) можна перейти до сторінки Learn (навчання), клацнувши по її назві в лівій або нижній частині сторінки. Повернення на сторінку Create (створення) здійснюється натисканням на її назву в правій або нижній частині сторінки.

На сторінці Learn (навчання) розміщені інструменти, які допоможуть користувачу освоїти AutoCAD 2015. Вона розділена на три колонки: New Features (нові можливості), Getting started video (відео про початок роботи) і Tip / Online Resources (порада / ресурси в Інтернеті).



2.1.3. Створення та відкриття файлу

Створимо новий файл:

- 1) натиснемо лівою кнопкою миші на літеру *A* (у версії AutoCAD 2015 – це червона піраміда) в лівому верхньому кутку екрана (рис. 2.2);
- 2) далі натиснемо на кнопку New (новий).

Діалогове вікно (рис. 2.3) можна відкрити натисканням комбінації клавіш <Ctrl +N>.

У діалоговому вікні виконаємо такі дії:

- 1) виберемо шаблон acadiso (acadiso – це порожній шаблон AutoCAD, у якому за одиницю вимірювання приймають міліметри; якщо вибрати шаблон acad, одиницями виміру будуть дюйми);
- 2) натиснемо кнопку Open (відкрити).

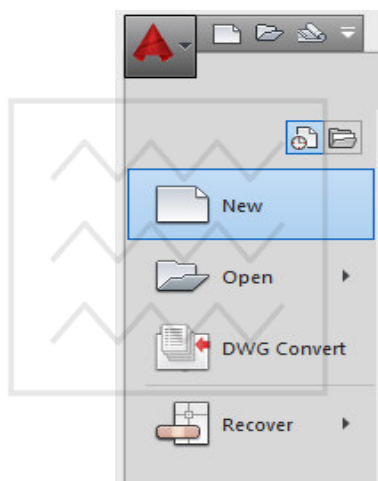


Рис. 2.2. Створення нового файлу

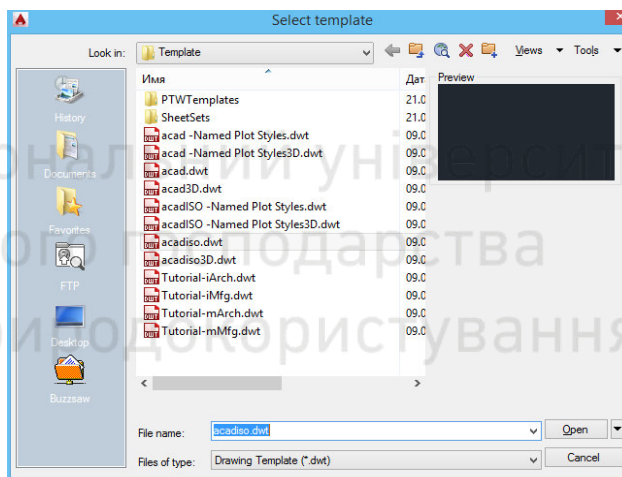


Рис. 2.3. Відкриття нового файлу

Процедура відкриття файлу аналогічна створенню нового файлу (натиснемо лівою кнопкою миші на букву *A* в лівому верхньому кутку екрана, а потім – на кнопку Open (відкрити). З'являється діалогове вікно, виберемо в ньому потрібний файл і натиснемо кнопку Open (відкрити). Викликати діалогове вікно відкриття файлів можна також за допомогою комбінації <Ctrl + O> .

Кресленики в AutoCAD мають формат (розширення) dwg , шаблони – dwt , стандарти – dws. Якщо ви працюєте у версії 2013 або 2014, то відкриєте файл, який створений у будь-якій з попередніх версій, а якщо, скажімо у 2010, то файли, створені у пізніших версіях, в ній не відкриються.

2.1.4. Інтерфейс AutoCAD 2015

Сучасний інтерфейс AutoCAD 2015 виконаний у темних тонах і включає

в себе стрічку, рядок стану і палітри. Застосування нової темної кольорової гама в поєднанні з традиційно темним простором моделі мінімізує контрастність між простором кресленника і розташованими поруч інструментами, знижуючи навантаження на очі.

Спадаюче меню Workspace Switching (робочий простір) на панелі швидкого доступу в AutoCAD 2015 відключено. Активувати його або перемикати можна за допомогою керуючого елемента в рядку стану (рис. 2.4).

Існує 4 види робочих просторів: Drafting and Annotation (рисування та анотації) (рис. 2.5); 3D Basics (3D основне) (рис. 2.6); 3D Modeling (3D моделювання) (рис. 2.7); AutoCAD Classic (класичний AutoCAD) (рис. 2.8).

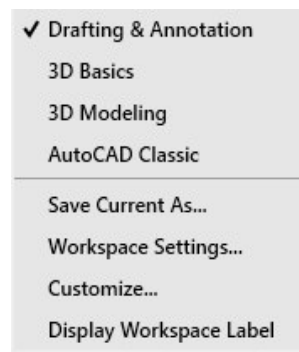


Рис. 2.4. Вибір робочого простору (Workspace Switching)

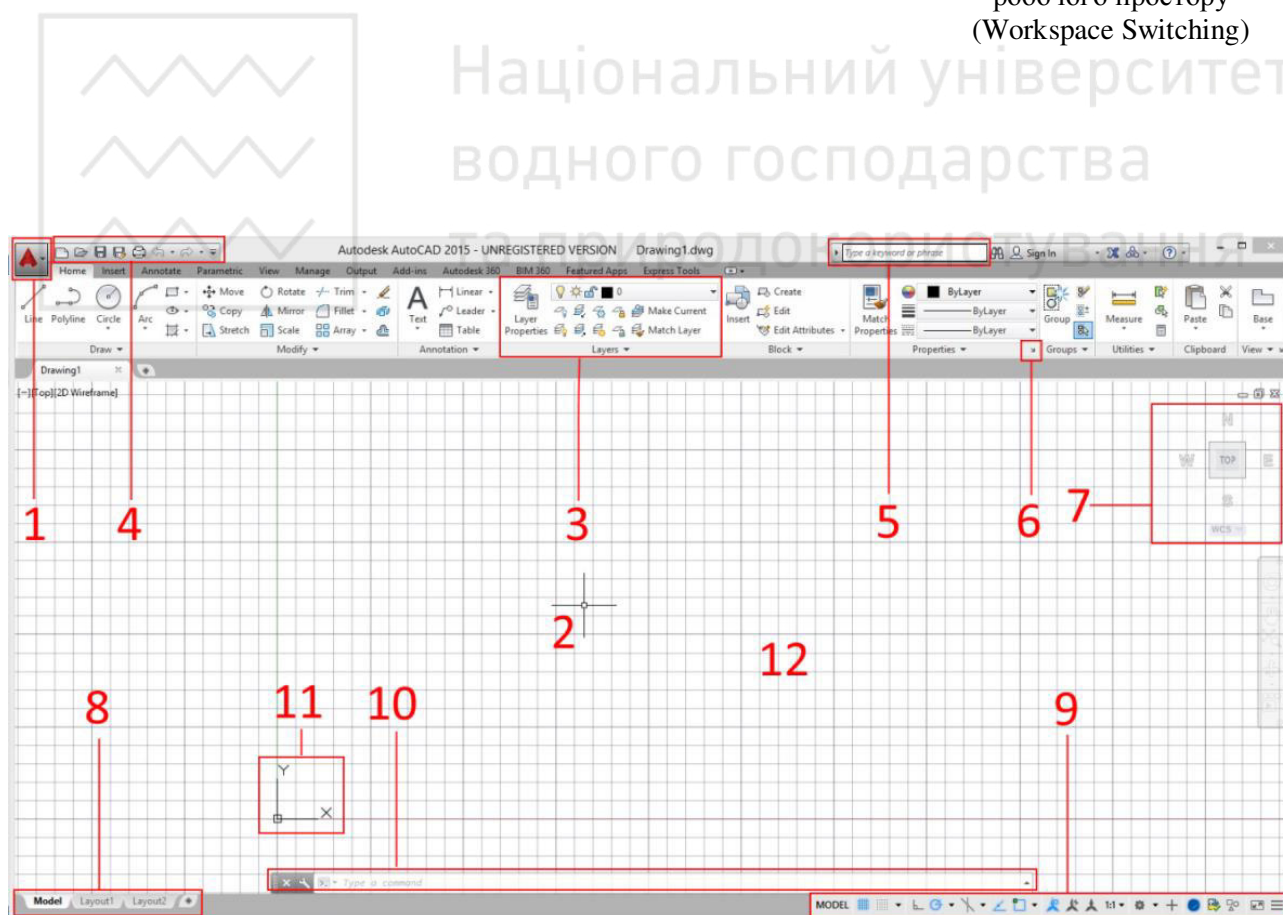


Рис. 2.5. Робочий простір Drafting and Annotation (рисування та анотації)

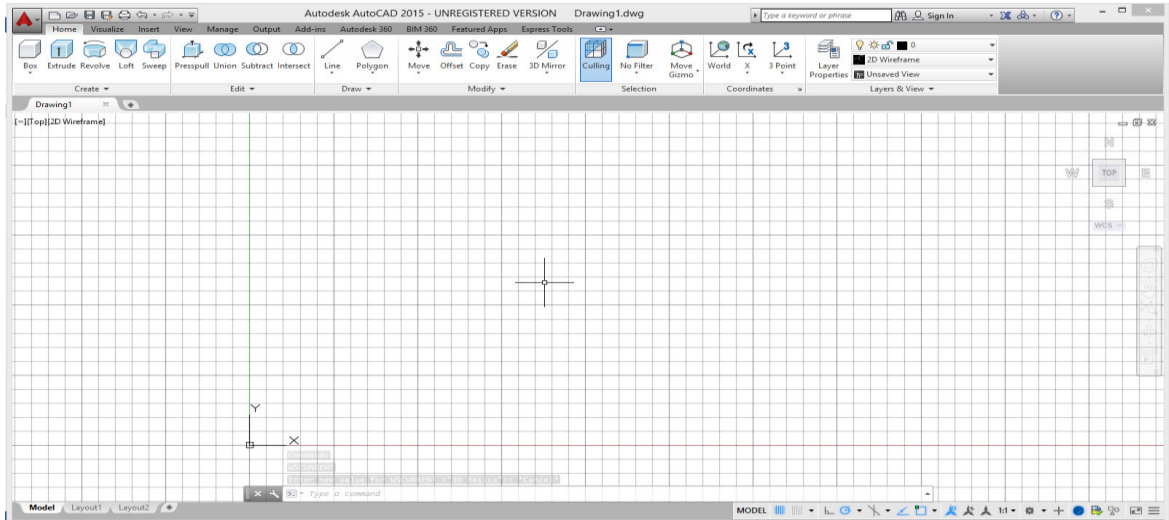


Рис. 2.6. Робочий простір 3D Basics (3D основне)

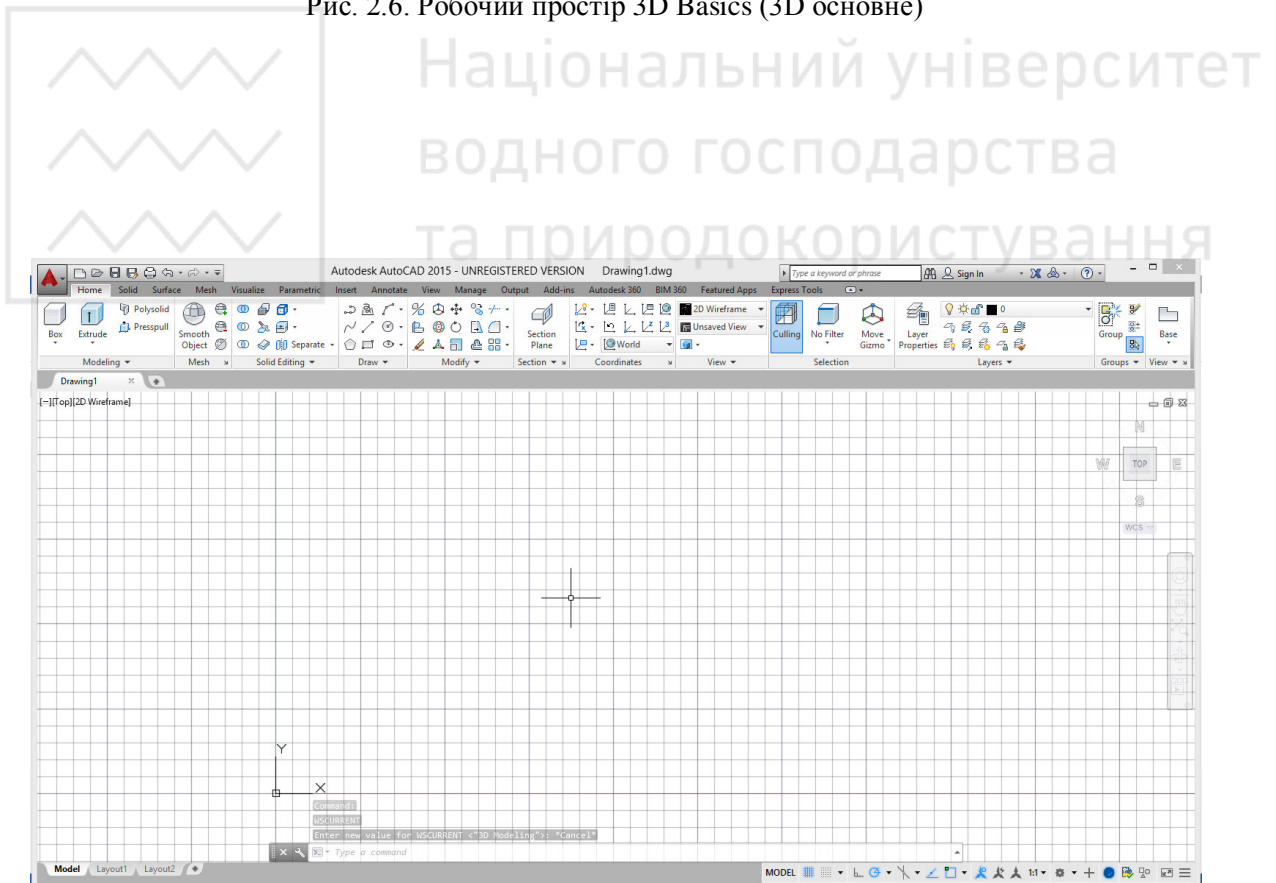


Рис. 2.7. Робочий простір 3D Modeling (3D моделювання)

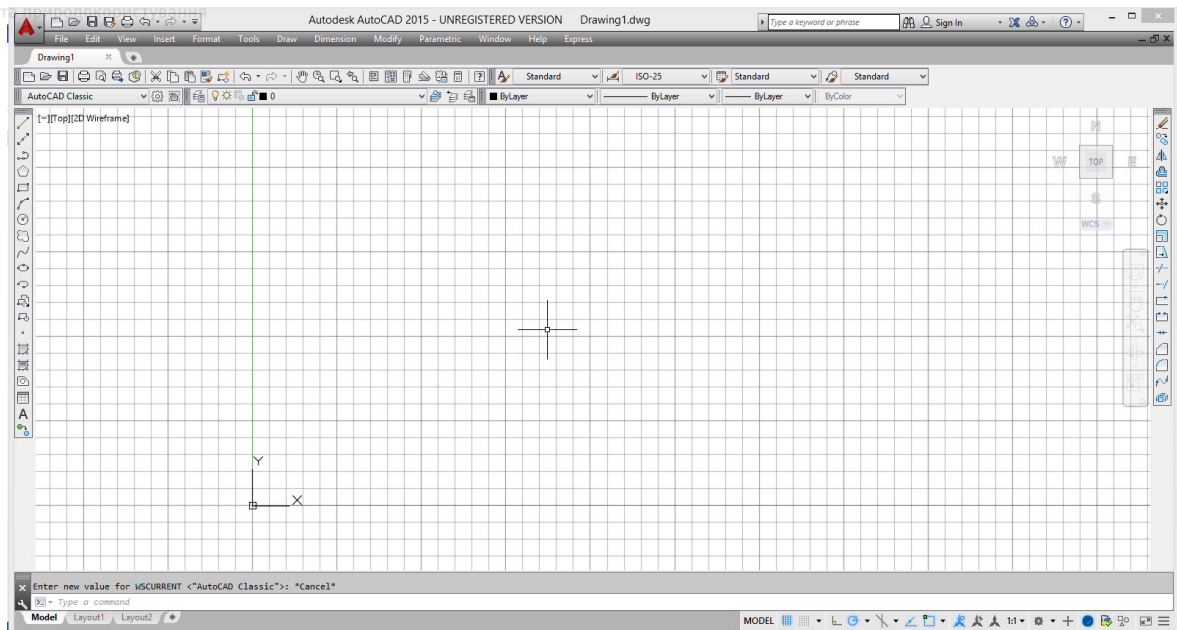


Рис. 2.8. Робочий простір AutoCAD Classic (класичний AutoCAD)

Більшість команд у AutoCAD можна викликати двома способами:

- 1) натискнувши лівою кнопкою миші по стрічці (3);
- 2) увівши ім'я команди в командний рядок (10);

Крім команд, у AutoCAD існує багато режимів, що змінюють процес креслення об'єктів, а також змінюють зовнішній вигляд. Ці режими включають за допомогою спеціальних панелей.

Розміщення елементів інтерфейсу AutoCAD 2015 на екрані таке (рис. 2.5):

- 1) кнопка виклику меню додатків;
- 2) графічний курсор;
- 3) Ribbon (стрічка) – на ній розміщено практично всі команди AutoCAD;
- 4) меню швидкого запуску – містить команди, які повинні бути завжди під рукою (створення нового файлу, зберегти, друк тощо.);
- 5) довідкова система AutoCAD;
- 6) кнопка виклику додаткового діалогового вікна;
- 7) View cube (видовий куб) – дає можливість перемикатися між видами тривимірного простору;
- 8) перемикання між простором моделі (нескінченна область, в якій виконують креслення і моделювання об'єктів з можливим їх друком) і простором аркуша (область призначена для друку аркушів та є за змістом аналогом звичайного аркуша паперу вибраного формату);
- 9) допоміжна панель – дозволяє здійснювати перемикання між аркушами, налаштування масштабу анотацій та ін.;
- 10) командний рядок – призначений для введення команд і виведення повідомлень системи AutoCAD;



11) декартова система координат (XY);

12) графічна область.

2.1.5. Системи координат

Введення координат є одним з основних питань під час роботи з системою. Усього у AutoCAD можна виділити три типи координатного введення. При цьому використовують як декартову систему координат, так і полярну.

Візуальні координати. Цей спосіб введення є найпростішим: координати точок користувач може вводити безпосередньо натисканням миші в просторі моделі.

Наприклад, після виклику команди LINE (відрізок) можна викреслювати відрізки прямих ліній. Для цього потрібно натиснути лівою кнопкою миші в межах області простору моделі. Завершити команду можна, натиснувши клавішу <Enter> або <Esc>. Цей спосіб добре зарекомендував себе при ескізнному проектуванні, яке не потребує точних побудов. Підвищити точність цього способу введення можна вмиканням режиму Osnap (об'єктна прив'язка).

Абсолютні координати. Абсолютними координатами можуть виступати як декартові (XYZ), так і полярні координати. Особливістю абсолютної системи координат є те, що вона має фіксований початок відліку (точку 0,0), відносно якої і відбуваються всі побудови. Точку в декартовій системі задають двома координатами на площині, наприклад: 4, 3; -3, 2 (рис. 2.9). Тут перша цифра – це координата x, друга – координата y. Якщо необхідно задати точку в тривимірному просторі, то додають координату z (за замовчуванням $z = 0$): 3, -5.25, 9. Координати можуть бути як цілими числами, так і дробовими.

У полярних координатах вказують кут повороту і відстань до точки (рис. 2.10). При цьому в AutoCAD використовують такий тип запису: відстань <

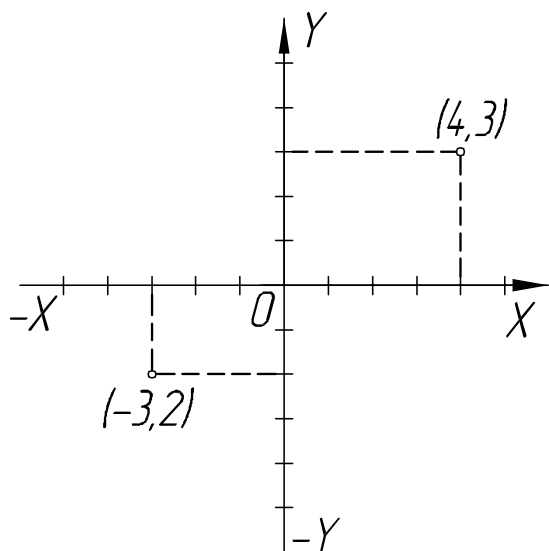


Рис. 2.9. Абсолютні координати

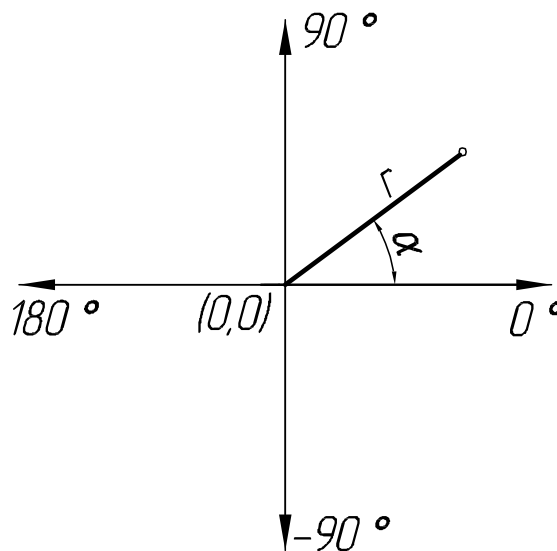


Рис. 2.10. Полярні координати

кут. Наприклад: $5.25 < 60$. Це означає, що точка знаходиться на прямій, проведеній під кутом 60^0 на відстані 5.25 о.д. від початку відліку. Якщо потрібно ввести координату z ($z = 10$), то її вказують таким чином: $5.25 < 60, 10$.

Відносні координати. Точкою відліку для відносних координат є остання введена точка. Для позначення відносних координат служить символ @. Запис відносних декартових координат такий: @ x, y, z. Якщо побудови відбуваються в площині (XY), то z можна не вказувати. Запис відносних полярних координат: @ відстань <кут, (z).

2.1.6. Графічні примітиви

Будь-який кресленик, навіть найскладніший, формується з сукупності елементарних об'єктів. До них належать відрізки, кола, дуги тощо. В системі AutoCAD такі об'єкти називають графічними примітивами. Для розміщення об'єкта у вікні кресленика викликають відповідну команду, задають координати точок і необхідні параметри.

Щоб приступити до створення будь-якого примітиву, необхідно скористатися одним з таких способів.

Напевно, найпростіше викликати команди побудови примітивів за допомогою кнопок на вкладці Home (основна) у групі Draw (креслення) або на панелі інструментів Draw (креслення), яка за замовчуванням розміщена ліворуч у вертикальному положенні (якщо роботу виконують в робочому просторі AutoCAD Classic (класичний AutoCAD), рис. 2.11. Також можна будувати примітиви, використовуючи панель Tool Palettes (інструментальні палітри). Кнопки для виклику команд створення геометричних об'єктів розміщено на вкладці Draw (креслення).



Рис. 2.11. Меню Draw (креслення)

Щоб налаштувати робочу область найзручнішим способом для креслення двомірних об'єктів, натисніть на кнопки Workspace Switching (перемикання робочого простору) у правій частині рядка стану та виберіть пункт Drafting and Annotation (рисунання та анотації).

Line (відрізок). У процесі створення примітивів користувачеві необхідно задавати точки, а програма, використовуючи координати цих точок, створює об'єкти. Наприклад, щоб отримати відрізок, необхідно вказати координати його початкової та кінцевої точок.

Побудуємо трикутник (рис. 2.12), використовуючи абсолютні координати. Активуємо команду line (відрізок). Введемо координати першої точки (50, 50) в

командний рядок і натиснемо <Enter>. Потім координати інших точок і замкнемо фігуру, ввівши в командний рядок close (c):

Specify first point: 50, 50 <Enter>

Specify next point: 100, 50 <Enter>

Specify next point: 50, 150 <Enter>

Specify next point: c <Enter>

Undo (скасування дії). Для того щоб скасувати будь-яку попередню дію, існує 3 способи:

1) натиснути на кнопку Undo (скасування дії) в рядку швидкого запуску;

2) натиснути комбінацію <Ctrl> + <Z> ;

3) ввести в командний рядок: u.

Найзручнішим є другий спосіб, тому що це універсальна комбінація скасування для програм у Windows.

Накреслимо ромб (рис. 2.13) у відносних координатах.

Перехід до них здійснюють за допомогою символу @. Активуємо команду line (відрізок). Введемо абсолютні координати першої точки в командний рядок, потім відносні координати інших точок і замкнемо фігуру:

Specify first point: 200, 50 <Enter>

Specify next point: @30, 30 <Enter>

Specify next point: @-30, 30 <Enter>

Specify next point: c <Enter>

Накреслимо трапецію (рис. 2.14), використовуючи полярний ввід координат, який має такий вигляд: @ довжина лінії < кут в градусах. Активуємо команду line (відрізок). Введемо абсолютні координати першої точки. Далі введемо полярні координати інших точок. Добудуємо останню лінію, замкнувши фігуру:

Specify first point: 150, 125.5 <Enter>

Specify next point: @60<45 <Enter>

Specify next point: @-100<0 <Enter>

Specify next point: @60<-45 <Enter>

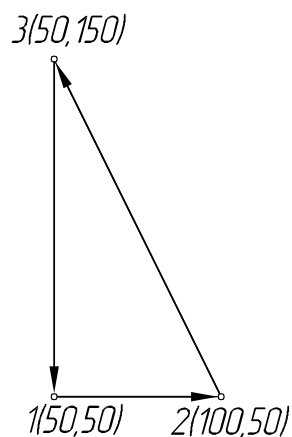


Рис. 2.12. Побудова трикутника з використанням абсолютних координат

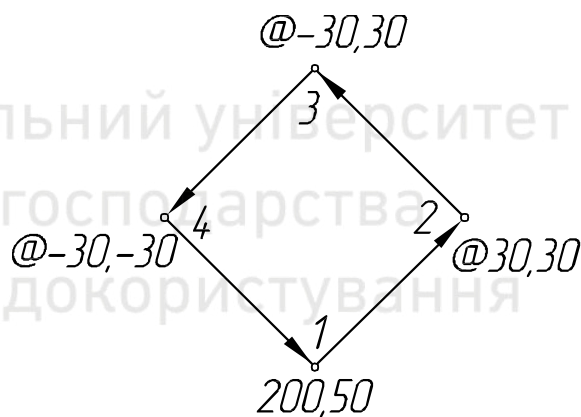


Рис. 2.13. Побудова ромба з використанням відносних координат

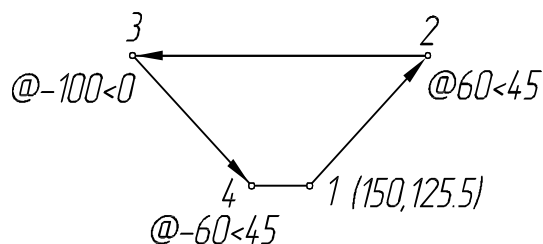


Рис. 2.14. Побудова трапеції з використанням полярних координат

Specify next point: c <Enter>

Polyline (полілінія). Полілінія – це єдиний об’єкт, що складається з відрізків і дуг (сегментів). Розглянемо порядок побудови полілінії (рис. 2.15) на прикладі викреслювання літери М:

1. Викликаємо команду PLINE.
2. Specify start point: Вказуємо першу точку.
3. На запит: Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length /Undo / Width:Наступна точка або [Дуга / напівширина / довжина /відмінити / ширина]: Вкажемо інші точки.

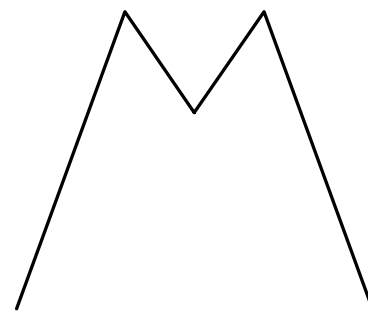


Рис. 2.15. Побудова полілінії

Після завершення побудови потрібно натиснути клавішу <Enter> або <Esc>.

Polygon (полігон). За допомогою команди POLYGON (полігон) в AutoCAD можна будувати правильні багатокутники (рис. 2.16), тобто багатокутники, у яких всі сторони і кути рівні. Побудова може здійснюватися одним з таких способів:

- 1) за центром багатокутника і радіусом вписаного (Circumscribed) кола;
- 2) за центром багатокутника і радіусом описаного (Inscribed) кола;
- 3) за довжиною однієї сторони (Edge) і її положенням.

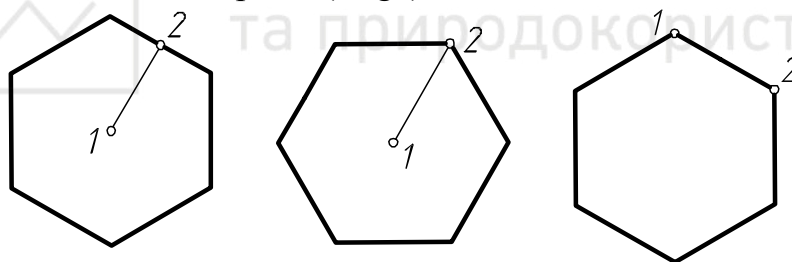


Рис. 2.16. Побудова багатогранників за допомогою команди Polygon

Після виклику команди Polygon (полігон) в командному рядку з’явиться запит: Enter number of side <4>: (Число сторін <4>).

У відповідь на нього слід ввести кількість сторін, які повинні бути у багатокутника: <6>.

Наступний запит: Specify center of polygon or [Edge]: (вказіть центр багатокутника або [Сторона]).

Слід задати центр багатокутника або перейти в режим побудови «за однією стороною». При переході в режим «за однією стороною» необхідно послідовно вказати дві точки – початок і кінець однієї з сторін багатокутника.

Якщо вказати центр багатокутника, то наступним кроком необхідно задати радіус кола – вписаного або описаного: Enter an option [Inscribed in circle /



Circumscribed about circle] <I>: (задайте опцію розміщення [Вписаного в коло / Описаного навколо кола]).

Далі потрібно буде ввести значення радіуса кола: Specify radius of circle: (радіус кола).

Правильний багатокутник буде побудовано.

Arc (дуга). Існує декілька способів побудови дуги:

- за трьома точками;
- за точками початку, центру і кінця;
- за початковою точкою, центром і внутрішнім кутом;
- за початковою точкою, центром і довжиною хорди;
- за початковою, кінцевою точками та внутрішнім кутом;
- за початковою, кінцевою точками та напрямком дотичної в початковій точці;
- за початковою, кінцевою точками та радіусом;
- за центральною, початковою точками та кінцевою точками;
- за центральною, початковою точками та внутрішнім кутом;
- за центральною, початковою точками і довжиною хорди;
- за дотичною до останнього накресленого відрізка або дуги.

Побудова дуги (рис. 2.17) за трьома точками:

1. Після виклику команди ARC (дуга) необхідно вказати початкову точку дуги або [Центр]:

(Specify start point of arc or [CEnter] :) – вказуємо початкову точку дуги.

2. На запит: Specify second point of arc or [CEnter / ENd]: (друга точка дуги або [Центр / Кінець]) – вказуємо другу точку дуги.

3. На запит: Specify end point of arc: (кінцева точка дуги) – вказуємо третю (кінцеву) точку дуги.

У результаті отримаємо дугу, яка задана трьома точками.

Circle (коло). Після відрізка коло (разом з дугою) є найпоширенішим графічним примітивом. Викликати команду Circle (коло) можна або з командного рядка, або зі стрічки. Так само як і при побудові лінії, нам потрібно вказати 2 точки. Перша точка – це центр кола, друга – відстань від центру до дуги кола, тобто радіус. Точку і радіус можна вказати як на екрані, так і координатним способом.

Є кілька способів побудови кола в AutoCAD:

- 1) за центральною точкою і радіусом;
- 2) за центральною точкою і діаметром;

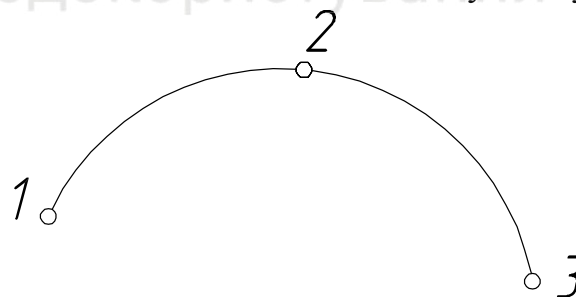


Рис. 2.17. Побудова дуги за трьома точками



- 3) за двома кінцевими точками діаметра;
- 4) за трьома точками;
- 5) за заданим радіусом дотично до двох об'єктів;
- 6) дотично до трьох об'єктів.

Накреслимо коло (рис. 2.18) з центром у точці 135,70 і радіусом 30. Для цього:

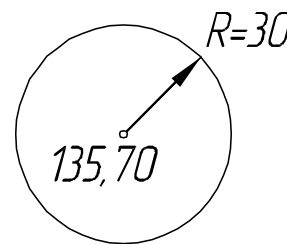


Рис. 2.18. Побудова кола за його центром і радіусом

- 1) викликаємо команду Circle (коло);
- 2) вводимо координати центру в командний рядок, натискаємо <enter>;

Specify center point for circle: 135, 70

- 3) вводимо радіус, натискаємо <Enter>:

Specify radius of circle or [Diameter]: 30.

Ellipse (elinc). Еліпс – геометричне місце точок, рівновіддалених від двох фіксованих точок, які називають фокусами.

Для побудови еліпса необхідно включити режим Polar tracking (полярне відстеження) або Ortho mode (орто-режим).

Алгоритм побудови еліпса (рис. 2.19) за центральною точкою і двома осями такий:

- 1) викликаємо команду ELLIPSE;
- 2) на запит системи: Specify axis endpoint of ellipse or [Arc / Center]: (вибираємо опцію Center) C;

- 3) Specify center of ellipse: (відзначаємо місце розміщення центру);

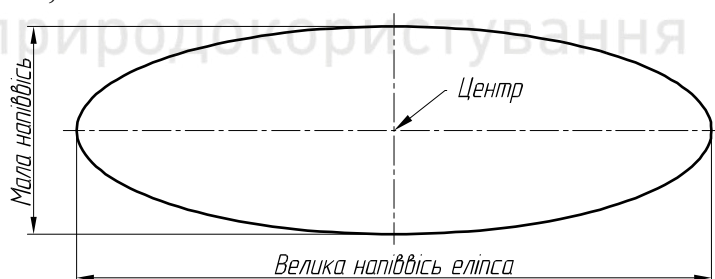


Рис. 2.19. Побудова еліпса

- 4) Specify endpoint of axis: (переміщуємо курсор праворуч від центру і вводимо довжину великої піввісі еліпса), наприклад 10;

- 5) Specify distance to other axis or [Rotation]: (переміщуємо курсор вище центру і вводимо розмір малої піввісі еліпса), наприклад 3.

Еліпс побудовано.

Elliptical Arc (еліптична дуга). Еліптичну дугу будують аналогічно еліпсу, кроки 3-5 ті ж самі, але в кінці вказують початковий і кінцевий кути.

1. Вводимо команду ellipse або вибираємо команду elliptical arc (еліптична дуга) на стрічці (в цьому випадку другий крок побудов пропускаємо).

2. На запити системи: Specify axis endpoint of ellipse or [Arc / Center]: Arc (вибираємо опцію дуга).

3. Specify axis endpoint of elliptical arc or [Center]: C (вибираємо опцію центр еліпса).



4. Specify center of elliptical arc: (відзначаємо місце розміщення центру).
5. Specify endpoint of axis: (вказуємо точку осі еліпса).
6. Specify distance to other axis or [Rotation]: (вказуємо точку іншої осі еліпса).
7. Specify start angle or [Parameter]: 0 (вводимо початковий кут дуги еліпса).
8. Specify end angle or [Parameter / Included angle]: 180 (кінцевий кут дуги еліпса).

Еліптичну дугу побудовано.

Spline (сплайн). Різноманіття форм ліній, які зустрічають у природі і техніці не завжди можна описати прямими лініями і дугами кіл. В AutoCAD складні лінії будують за допомогою команди SPLINE. Сплайн, кажучи математичною мовою, це крива, розділена на кінцеве число відрізків, кожний з яких описують певним поліномом (наприклад, парабола і гіпербола – це поліноми другого ступеня).

Є два методи побудови сплайнів.

1. «Fit» (визначувальні точки): вказують точки кривої. Чим їх більше, тим точніша крива.

2. «Control Vertices -CV» (керуючі вершини): побудова відбувається через дотичні до сплайна. Цей спосіб не так візуально явний для користувача, як перший, але іноді знаходить своє застосування.

Послідовність побудови сплайна (рис. 2.20) практично не відрізняється від побудови відрізка.

Алгоритм такий:

- 1) викликають команду SPLINE;
- 2) вибирають опцію «Method» («fit» або «CV»): Specify first point or [Method / Degree / Object]: M

Enter spline creation method [Fit / CV] <Fit>: F;

- 3) послідовно вказують точки кривої (на екрані або через координати): Specify first point or [Method / Knots / Object]: (вказуємо початкову)

Enter next point or [start Tangency / toLerance]: (вказуємо інші точки)

Enter next point or [end Tangency / toLerance / Undo / Close]: C;

- 4) завершують побудову, натиснувши <enter> або замкнувши криву (Close / c).

Зміну форми сплайна здійснюють за допомогою ручок. Виділивши сплайн (клік лівою кнопкою миші), отримуємо доступ до всіх зазначених при побудові вершин. Залишиться тільки поміняти їх місце розміщення. При цьому, якщо

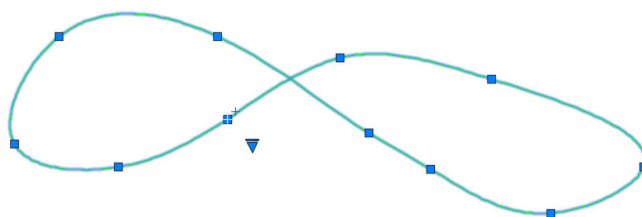


Рис. 2.20. Побудова сплайна

сплайн був побудований за методом «fit», при потребі можна перейти до методу «CV». Для цього необхідно клацнути по синій стрілці на екрані, яка спрямована вниз і вибрати там відповідний пункт.

2.1.7. Команди редагування креслень

Під час формування примітивів часто виникає потреба видозмінити існуючу модель, змінити існуючу графічну інформацію. Щоб змінити об'єкт (групу об'єктів), їх потрібно виділити. Розглянемо різні способи виділення об'єктів у контексті їх редагування.

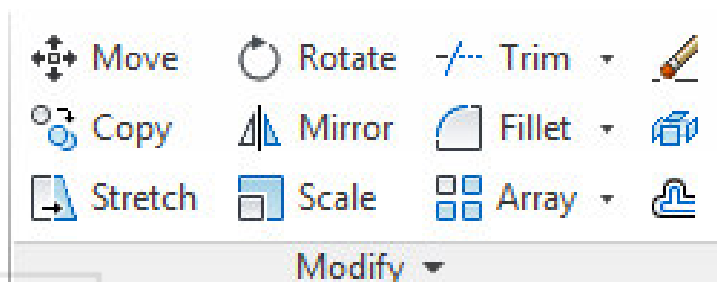


Рис. 2.21. Меню Modify (редагування)

Усі основні інструменти редагування знаходяться на вкладці Home (основна) у групі Modify (редагування) стрічки (рис. 2.21), а також в меню Modify (редагування) і на панелі інструментів Modify (редагування).

Move (переміщення об'єктів). За допомогою цієї команди можна переміщувати об'єкт або групу об'єктів (рис. 2.22).

Накреслимо лінію довільних розмірів і викличемо команду Move. Select objects : Виділимо лінію і натиснемо <enter>.

Specify base point or [Displacement] < ... > : Вказуємо на точку біля об'єкта (або введемо її координати). Ця точка буде базовою, а сам об'єкт переміщуватиметься разом з нею.

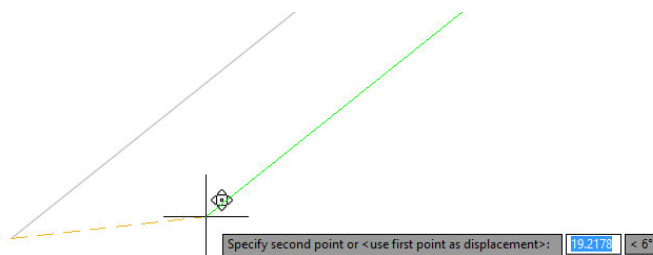


Рис. 2.22. Приклад застосування команди Move

Specify second point or <use first point as displacement> : Вказуємо на нове положення точки (або введемо нові координати).

Альтернативним і найбільш зручним способом виклику цієї команди є такий:

- 1) виділяємо об'єкт (клацнувши на ньому лівою кнопкою миші);
- 2) виділяємо одну з базових синіх точок (їх називають Grids (ручки) на відрізьку лівою кнопкою миші);
- 3) натискаємо <пробіл> 1 раз;



4) вказуємо на екрані нове положення натисканням лівої кнопки миші або вводимо нові координати точки і натискаємо <Enter>.

Rotate (поворот). За допомогою цієї команди можна повертати об'єкти. Накреслимо прямокутник довільних розмірів і викличемо команду *Rotate* (рис. 2.23).

Select objects: Виділимо прямокутник і натиснемо <Enter>

Specify base point: Вказуємо на точку (або введемо її координати), відносно якої буде відбуватися поворот.

Specify rotation angle or [Copy / Reference]: Введемо кут повороту 60 (напрямок проти годинникової стрілки зі знаком +) або вказуємо мишкою (приблизно).

Обертання об'єкта можна реалізувати іншим способом:

- 1) виділяємо об'єкт для повороту;
- 2) виділяємо точку, відносно якої відбудеться поворот;
- 3) натискаємо < пробіл > 2 рази;
- 4) вказуємо на екрані нове положення або вводимо кут повороту.

Scale (масштаб). Ця команда збільшує або зменшує розмір об'єкта відносно базової точки.

Select objects: Виділимо об'єкт і натиснемо <Enter>

Specify base point: Вказуємо на точку, відносно якої буде відбуватися масштабування.

Specify scale factor or [Copy / Reference]: Вводимо коефіцієнт масштабування (наприклад: 2 – збільшити в два рази, 0.5 – зменшити в два рази), натискаємо <Enter>.

Більш швидкий варіант виконання команди такий:

- 1) виділяємо об'єкт для масштабування;
- 2) виділяємо точку, відносно якої відбудеться масштабування;
- 3) натискаємо < пробіл > 3 рази;
- 4) у командний рядок вводимо масштабний коефіцієнт: наприклад 2.

Mirror (дзеркальна симетрія). За допомогою цієї команди можна дзеркально відобразити об'єкти щодо лінії симетрії (рис. 2.24). Накреслимо прямокутний трикутник з координатами вершин (0,0); (20; 20); (0; 20). Потім викличемо команду Mirror (дзеркальна симетрія).

Виконаємо такі дії у відповідь на запити в

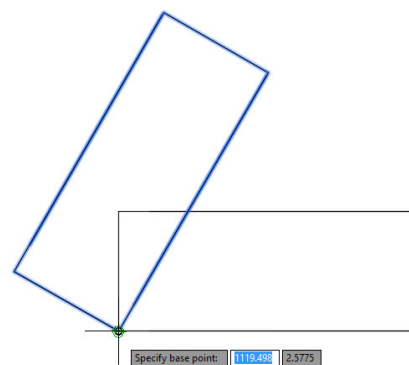


Рис. 2.23. Приклад застосування команди *Rotate*

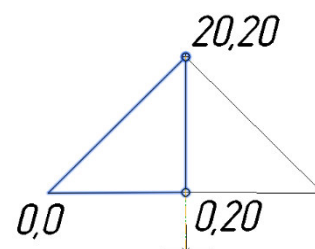


Рис. 2.24. Приклад застосування команди *Mirror*

командному рядку:

Select objects: Виділяємо об'єкт (трикутник), який буде дзеркально відображатися.

Specify first point of mirror line: Вводимо координати першої точки лінії симетрії: 0, 20.

Specify second point of mirror line:

Вводимо координати другої точки лінії симетрії: 20, 20.

Erase source objects? [Yes / No]: Тиснемо <enter>, якщо необхідно стерти вихідну лінію, вводимо Y і тиснемо <enter>.

Trim (обрізати). Ця команда здатна відсікати частину однієї лінії, яка виходить за межі іншої. Лініями можуть бути відрізки, полілінії, дуги, коло і, навіть, еліпси. Накреслимо вертикальний похилий відрізок (5) і горизонтальні 1-2, 3-4 приблизно так, як показано на рис. 2.25.

1. Викличемо команду обрізки – Trim (обрізати).

Command: `_TRIM` + <enter>

Current settings: Projection = UCS, Edge = None.

2. Тепер вказуємо лінію, відносно якої будуть обрізати інші лінії (у нашому випадку це лінія 5).

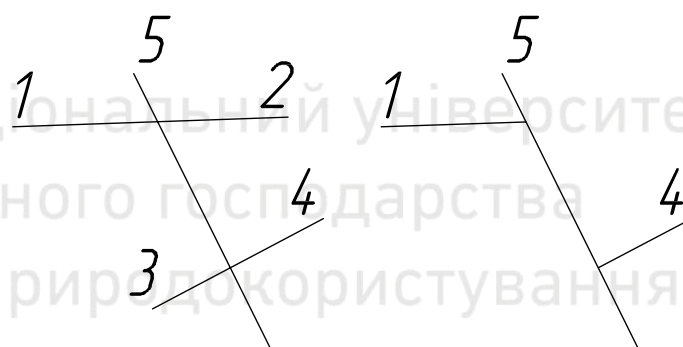


Рис. 2.25. Приклад застосування команди *Trim*

Select objects or <select all>:

Виділяємо лінію 5 лівою кнопкою миші + <enter>

3. На запит **Select object to trim or shift-select to extend or [Fence / Crossing / Project / Edge / eRase / Undo]:** Ми послідовно вказуємо лівою кнопкою миші на ті ділянки ліній, які ми хочемо видалити – в нашому випадку це відрізки 2 і 3. Кожен клік супроводжуватиметься видаленням відрізка.

4. Для завершення роботи команди натисніть <Enter>.

Extend (подовжити). Ця команда за дією та алгоритмом схожа на команду Trim (обрізати), але діє навпаки – вона подовжує одну лінію до перетину з іншою. Відповідно нам потрібно як мінімум дві лінії – перша буде незмінна, а друга повинна перетнути першу. У такому порядку їх також вказують і у процесі роботи команди.

2. Далі на запит – вказуємо вертикальну лінію 1.

Select objects or <select all>: 1 found, натискаємо <Enter>.

3. Тепер вказуємо лінії, які хочемо продовжити – горизонтальна лінія 2.

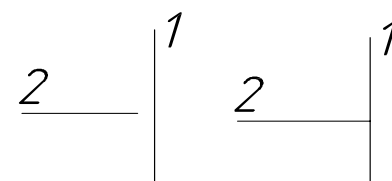


Рис. 2.26. Приклад застосування команди *Extend*



Select object to extend or shift-select to trim or [Fence / Crossing / Project / Edge / Undo]: Виділяємо її і тиснемо <Enter>.

Fillet (спряження). Плавні переходи прямої лінії в криву або кривої в іншу криву називають спряженням. Використавши цю команду до двох прямих і вказавши радіус, ми отримаємо спряження, однак, якщо вказати радіус, що дорівнює нулю, і вибрати 2 пересічні прямі, то ми отримаємо простий перетин. Спряження отримуємо, якщо вказати радіус і два кола.

Розглянемо алгоритм побудови спряження (галтелі) на прикладі двох ліній, що перетинаються (рис. 2.27). Опишемо послідовність побудови спряження.

Під час побудови спряжень двох кіл слід послідовно виділити два кола.

Chamfer (фаска). Фаска з'єднує дві прямі лінії третьою. Як правило, фаски будують під кутом 45 градусів, проте зустрічаються і фаски, які виконують під іншим кутом. Побудова фасок подібна до побудови спряжень (рис. 2.28).

1. Викличемо команду CHAMFER ;
2. Select first line or [Undo / Polyline / Distance / Angle / Trim / mEthod / Multiple]: Вибираємо опцію Distance - відстань;
3. Specify first chamfer distance <0.0000>: Введемо розмір фаски, наприклад 10;
4. Specify second chamfer distance <1.0000>: Другий розмір буде таким же, тому просто натиснемо <Enter>
5. Select first line or [Undo / Polyline / Distance / Angle / Trim / mEthod / Multiple]: Виділяємо першу лінію;
6. Select second line or shift-select to apply corner or [Distance / Angle / Method]: Виділяємо другу лінію.

Після цього фаску буде побудовано.

Array (масив). В AutoCAD існує 3 види масивів: полярний, прямокутний і лінійний.

Arrayolar (полярний масив) – це декілька однакових об'єктів, розміщених по колу навколо певної точки, яку називають центром масиву.

Алгоритм побудови полярного масиву (як об'єкт використовуємо коло):

- 1) викличемо команду Arrayolar;
- 2) на запит Select objects: (виділимо коло і натиснемо <Enter>);

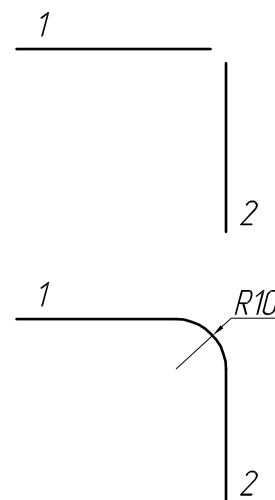


Рис. 2.27. Приклад побудови спряження

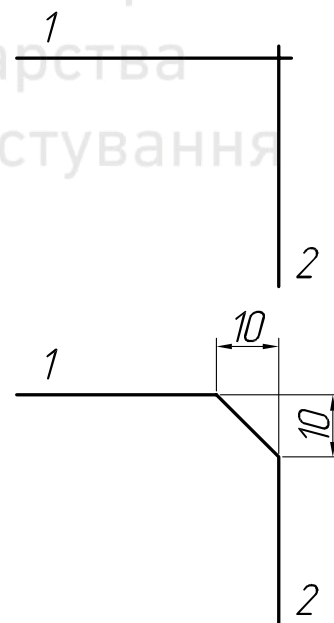


Рис. 2.28. Приклад побудови фаски

3) Specify center point of array or [Base point / Axis of rotation]: (вказуємо центральну точку масиву);

4) наступний запит: Select grip to edit array or [ASsociative / Base point / Items / Angle between / Fill angle / ROWs / Levels / ROTate items / eXit] <eXit>: однак тепер зручніше працювати не в командному рядку, а на стрічці (рис. 2.129).

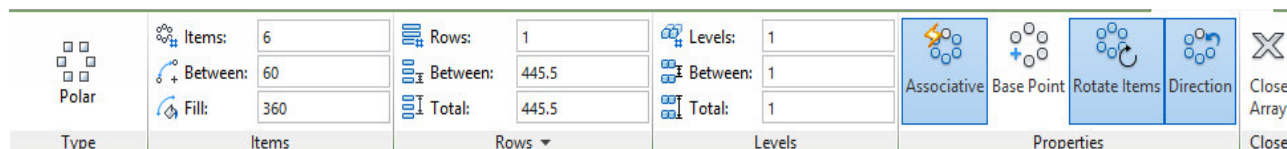


Рис. 2.29. Вікно для налаштування полярного масиву

Тут відображаються параметри масиву. В графі Items (кількість предметів в масиві) вводимо 6, а кут масиву Fill – 360. Ці параметри можна ввести і в командному рядку, вибравши опції Items або Fill angle.

5) натискаємо <Enter>.

Полярні масиви дуже зручно редагувати, достатньо клікнути лівою кнопкою на об'єкті масиву. На стрічці знову з'являться параметри масиву.

- У колонці Type відображається тип масиву;
- У колонці Items вводять число об'єктів, кут між об'єктами – Between, і кут масиву – Fill.

• У колонці Rows вказують число рядів і відстань між ними.

• У колонці Levels при значенні більше одного відбувається формування масиву в просторі, по осі z.

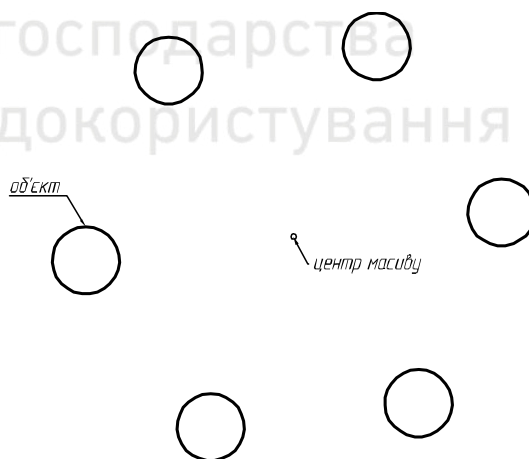


Рис. 2.30. Побудова полярного масиву

Редагувати масив можливо завдяки синім точкам у масиві. Ці виділені характерні точки називають ручками. Кожна з точок виконує свою роль:

- Центральна (квадратна) – використовують при зміні положення центра масиву .
- На об'єкті (у вигляді стрілки) – використовують при зміні кута масиву.
- На об'єкті (квадратна) – використовують при зміні радіуса масиву (відстані від об'єктів до центру).

Arrayrect (прямокутний масив) в AutoCAD – це кілька однакових об'єктів, які розташовані в ряд по горизонталі і вертикалі.

Алгоритм побудови прямокутного масиву (як об'єкт використовуємо коло), рис. 2.32:



- 1) викличемо команду Arrayrect;
- 2) Select objects: (виділимо коло і натиснемо <Enter>);
- 3) Select grip to edit array or [ASsociative / Base point / COUnt / Spacing / COlumns / Rows / Levels / eXit]: Потрібно вказати кількість рядів по вертикалі (Rows), по горизонталі (Columns) і відстань між об'єктами. Зробити це можна, використовуючи стрічку (рис. 2.31), мишкою за допомогою ручок або використовуючи командний рядок.

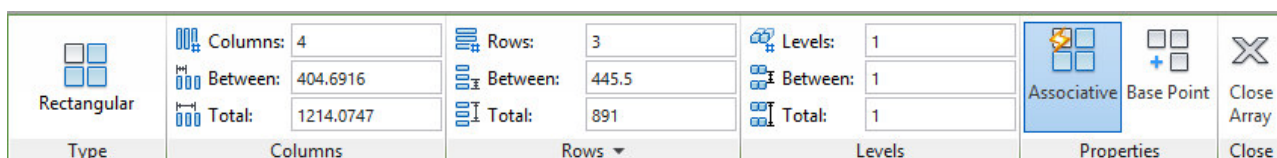


Рис. 2.31. Вікно для налаштування прямокутного масиву

Заповнимо відповідні поля.

- Поле Columns (стовпці).

Columns (число стовпців): 4

Between (відстань між об'єктами): 80

- Поле Rows (рядки).

Rows (число рядків): 3

Between (відстань між об'єктами): 90

Arraypath (лінійний масив). Цей вид масиву

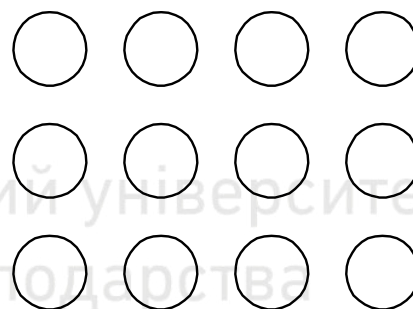


Рис. 2.32. Побудова прямокутного масиву

з'явився у 2012 версії AutoCAD. Задум такий – копіюємо об'єкт певним чином уздовж лінії. Цією лінією може бути дуга, полілінія або сплайн. Лінійний масив також може бути створений в тривимірному просторі.

Алгоритм побудови лінійного масиву (як об'єкт використаємо коло, а шляхом буде дуга), рис. 2.33:

- 1) викликаємо команду Arraypath;
- 2) Select objects: (виділяємо коло і тиснемо <enter>);

3) Type = Path Associative = Yes

Select path curve: (виділяємо дугу – масив сформовано);

- 4) Select grip to edit array or [ASsociative / Method / Base point / Tangent direction / Items / Rows / Levels / Align items / Z direction / eXit] <eXit>:

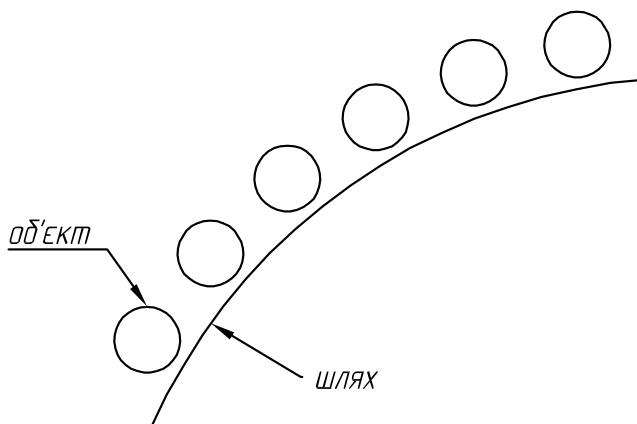


Рис. 2.33. Побудова лінійного масиву

Можливі такі варіанти укавання

відстані між об'єктами (їх кількості):

- Клацнути на «Ручці» і мишею керувати відстанню між об'єктами (або ввести його вручну в командний рядок)
- Ввести відстань в поле Items | Between на стрічці (рис. 2.15).

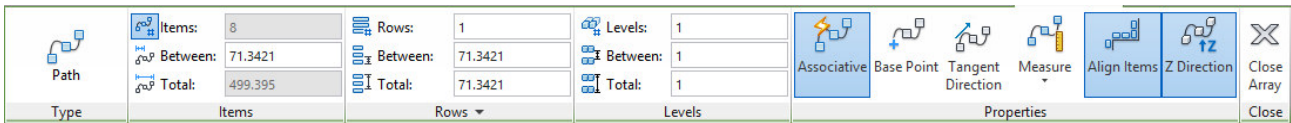


Рис. 2.34. Вікно для налаштування лінійного масиву

- Ввести в командний рядок Items;

З'являться запити:

- Specify the distance between items along path or [Expression] <0.8217>:
- Ввести відстань між об'єктами і натиснути <Enter>;

Maximum items = 5

Specify number of items or [Fill entire path / Expression] <5>:

Ввести число об'єктів;

5) для створення масиву і виходу з установок натисніть <Enter>.

Створений масив можна відредагувати аналогічним способом. Зверніть увагу на панель Rows стрічки, з її допомогою можна створити кілька рядів об'єктів уздовж кривої. За допомогою панелі Levels можна створити ряд об'єктів і по осі z (в просторі).

2.1.8. Динамічна система координат

Динамічну систему координат (DUCS) використовують в тих випадках, коли система координат користувача (UCS) необхідна для одноразового використання в процесі створення плоскої поверхні або грані твердотільної моделі.

Значки відображення UCS на екрані представлені на рис. 2.35.

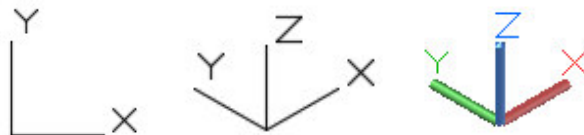


Рис. 2.35. Значки відображення UCS

Вісь x DUCS направляють уздовж ребра грані тіла в бік правої половини екрану, вісь y розміщена в площині грані і перпендикулярна до осі x, утворюючи праву систему координат. Динамічну систему координат створюють лише під час виконання команди і активують натисканням на кнопку DUCS в рядку стану або натисканням клавіші <F6>.



Після завершення побудови об'єкта і повернення програми в командний режим DUCS зникає, а активною стає UCS.

Алгоритм використання DUCS:

- 1) виклик команди, яка буде створювати плоский або просторовий об'єкт (побудуємо коло на похилій грані трикутної призми);
- 2) активувати кнопку DUCS в рядку стану;
- 3) перемістити курсор над плоскою гранню об'єкта, на якій буде розміщуватись площина ху DUCS;
- 4) після виділення країв грані слід прив'язатися до точки, яка стане початком DUCS;
- 5) побудуйте об'єкт в DUCS.

Результати використання динамічної системи координат представлено на рис. 2.36.

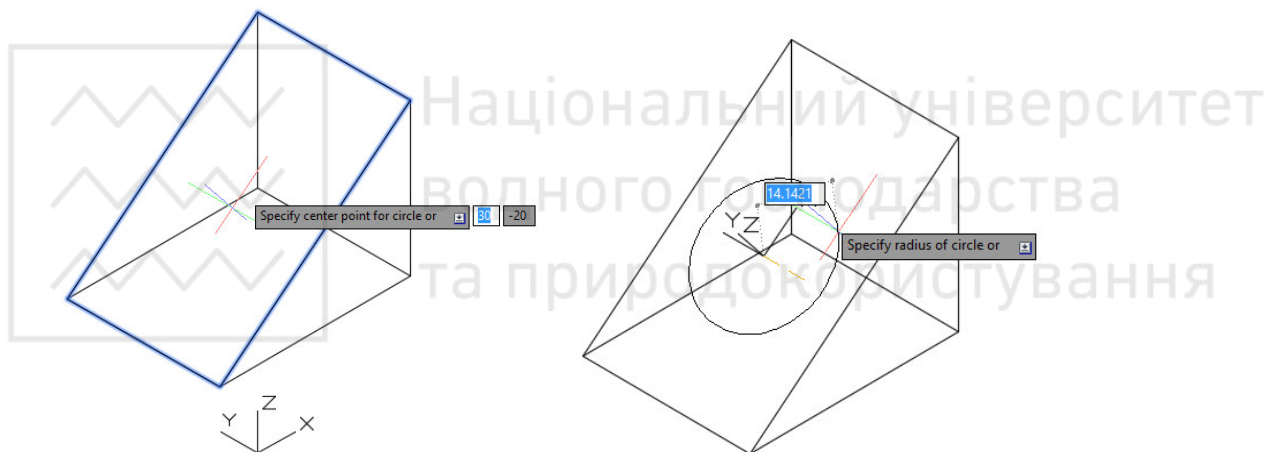


Рис. 2.36. Етапи використання DUCS

2.1.9. Об'єктна прив'язка

Побудова об'єктів у AutoCAD за координатами не завжди зручна, а візуальне введення – неточне. Вирішити цю проблему може режим Object snap (об'єктна прив'язка). Вибравши один або кілька варіантів режиму, система автоматично здійснює прив'язку курсора миші до найближчої точки із заданою властивістю.

Перерахуємо можливі методи (типи) об'єктної прив'язки, з назви яких зрозуміло, до якої точки об'єкта вони встановлюють прив'язку: Endpoint – кінцева точка, Midpoint – серединна точка, Center – центр (кола), Node – вузлова точка), Quadrant – точка квадранта (точка перетину координатних осей з колом або дугою), Intersection – точка перетину, Extension – продовження, Insertion – точка вставки, Perpendicular – перпендикулярно лінії, Tangent – дотична до лінії, Nearest – найближча, Apparent intersection віртуальний

перетин, Parallel – паралельно до лінії. Поруч з кожним елементом розміщено невеликий рисунок, який демонструє, як виглядатиме маркер при включенні даного режиму об’єктної прив’язки.

У більшості випадків об’єктна прив’язка значно спрощує створення креслеників, проте виникають такі ситуації, коли постійне застосування покажчика до тієї чи іншої точки лише заважає роботі. Тоді краще вимкнути прив’язку, натиснувши клавішу F3 або кнопку Object Snap (об’єктна прив’язка) в рядку стану. Якщо прив’язка до точок на кресленику застосовується нечасто, то можна використовувати разову об’єктну прив’язку. Для цього включається конкретний режим об’єктної прив’язки тільки для того, щоб вказати за її допомогою розміщення однієї точки. Коли програма запропонує задати координати чергової точки, слід натиснути правою кнопкою миші на графічній області, утримуючи клавішу Shift. На екрані з’явиться контекстне меню (рис. 2.37), в якому можна вибрати потрібний режим об’єктної прив’язки для вказування координат тільки однієї точки.



Рис. 2.37. Меню Object snap (об’єктна прив’язка)

Endpoint (кінцева точка).

На першому рисунку слід побудувати фігуру до трикутника (рис. 2.38). Для цього необхідно включити прив’язку Endpoint.



Рис. 2.38. Застосування режиму об’єктної прив’язки Endpoint

1. Активуємо команду line (відрізок).

2. Shift + Права кнопка миші > Вибираємо в меню Endpoint > Вказуємо лівою кнопкою миші біля нижньої правої вершини.

3. Shift + Права кнопка миші > Вибираємо в меню Endpoint > Вказуємо лівою кнопкою миші біля верхньої правої вершини або просто тримаємо включеною постійну прив’язку Endpoint і натискаємо біля вершин трикутника.

Midpoint (середина точка). Побудуємо коло з центром у середині відрізка (рис. 2.39).

1. Активуємо команду Circle (коло).

2. Shift + Права кнопка миші > Вибираємо в меню Midpoint > Вказуємо лівою кнопкою миші

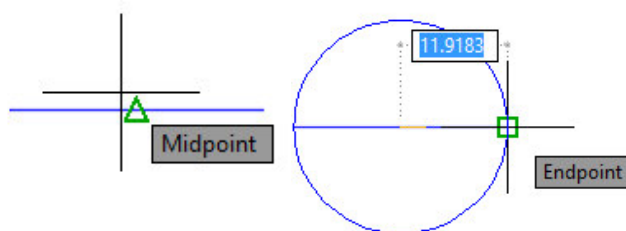


Рис. 2.39. Застосування режиму об’єктної прив’язки Midpoint

поблизу середини лінії;

3. Shift + Права кнопка миші> Вибираємо в меню Endpoint> Вказуємо лівою кнопкою миші біля правої вершини відрізка.

Quadrant i Center (точка квадранта і центр кола). За допомогою цих прив'язок впишемо багатокутник у центр кола (рис. 2.39).

1. Активуємо команду line (відрізок).

2. Shift + Права кнопка миші> Вибираємо в контекстному меню Center> Вказуємо лівою кнопкою миші близько центру кола.

3. Shift + Права кнопка миші> Вибираємо в меню Quadrant> Вказуємо лівою кнопкою миші біля точки 1 (кут 0 градусів).

4. Shift + Права кнопка миші> Вибираємо в меню Quadrant> Вказуємо лівою кнопкою миші біля точки 2 (-90 градусів).

5. Аналогічним способом з'єднаємо точки 2-3, 3-4.

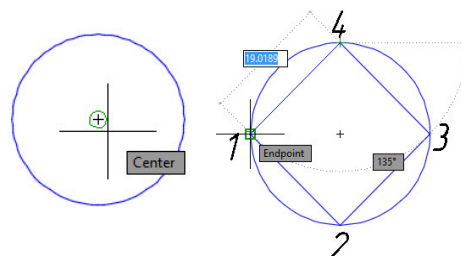


Рис. 2.40. Застосування режиму об'єктної прив'язки *Quadrant i Center*

Perpendicular (перпендикулярно до лінії). З'єднаємо ромб із похилою лінією перпендикуляром (рис. 2.41).

1. Активуємо команду line (відрізок).

2. Shift + Права кнопка миші> Вибираємо в контекстному меню Midpoint> Вказуємо лівою кнопкою миші біля середини квадрата (точка 1).

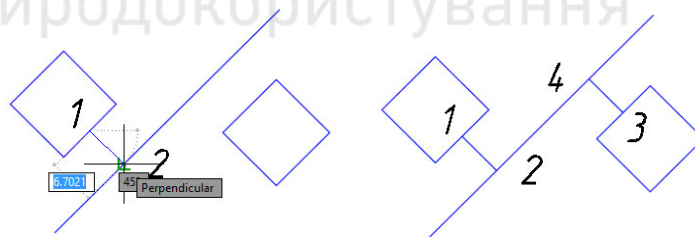


Рис. 2.41. Застосування режиму об'єктної прив'язки *Perpendicular*

3. Shift + Права кнопка миші>

Вибираємо в контекстному меню Perpendicular> Вказуємо лівою кнопкою біля лінії (точка 2).

4. Аналогічно, встановлюючи прив'язки Midpoint і Perpendicular, креслимо лінію 3-4.

Tangent (дотична до лінії).

Побудуємо дотичну до двох кіл (рис. 2.42).

1. Активуємо команду line (відрізок).

2. Shift + Права кнопка миші> Вибираємо в контекстному меню Tangent> Вказуємо лівою кнопкою на верхній частині кола (точка 1).

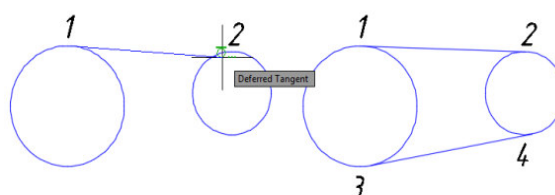


Рис. 2.42. Застосування режиму об'єктної прив'язки *Tangent*



3. Shift + Права кнопка миші> Вибираємо в контекстному меню Tangent>

Вказуємо лівою кнопкою миші на верхній частині іншого кола (точка 2).

4. Аналогічно, встановлюючи прив'язку Tangent, креслимо лінію 3-4.

2.1.10. Робота з шарами і їх властивостями

AutoCAD надає можливість об'єднувати лінії, текст та інші примітиви в групу, яку і називають шаром. Шарам можна міняти колір, встановлювати тип і товщину ліній, вимикати, заморожувати. Наявність шарів істотно полегшує роботу з креслеником.

Команди для роботи шарами знаходяться на панелі Layers (вкладка Home). У третьому рядку зверху можна вибрати поточний шар, а також змінити властивості шару, клацнувши на одну з іконок (рис. 2.43).

1. On/off – Вмикає / вимикає видимість шару.

2. Freeze –

заморожування шару.

Також приховує шар, але на відміну від попереднього режиму не дає можливості заморозити поточний шар.

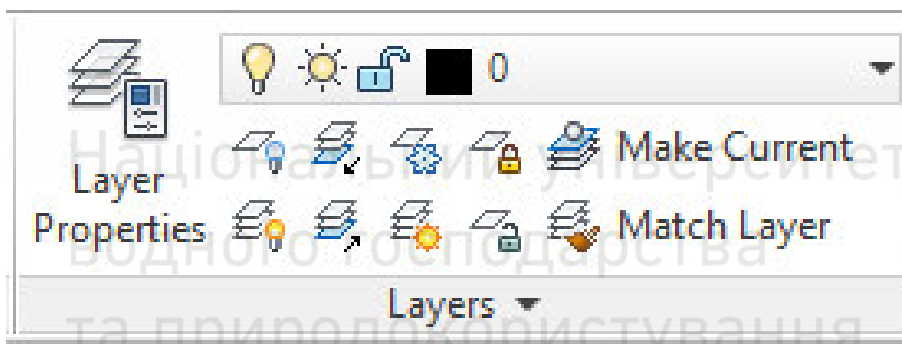


Рис. 2.43. Меню Layers (шари) з іконками

3. Lock –

блокування шару, він залишається видимим, але команди редагування стають недоступними.

4. Color – колір шару.

При створенні нового кресленика за замовчуванням доступний тільки один шар 0. Це системний шар, його не можна видалити. Всі нові об'єкти створюються в поточному шарі. Щоб змінити шар у об'єкта, необхідно його виділити, а потім у спадаючому меню встановити потрібний шар. Також шар можна вибрати в панелі властивостей, клікнувши мишею по об'єкту два рази, або, увійшовши в контекстне меню, вибрати Properties.

Відкриємо диспетчер властивостей (Layer Properties Manager).

На екрані з'явиться список шарів і набір додаткових властивостей:

- Linetype – тип лінії;
- Line weight – товщина лінії;
- Transparency – прозорість;
- Plot – видимість шару під час друку.

Щоб створити новий шар (new layer), потрібно клікнути по відповідній кнопці, потім ввести його ім'я і натиснути <Enter> (рис. 2.44).

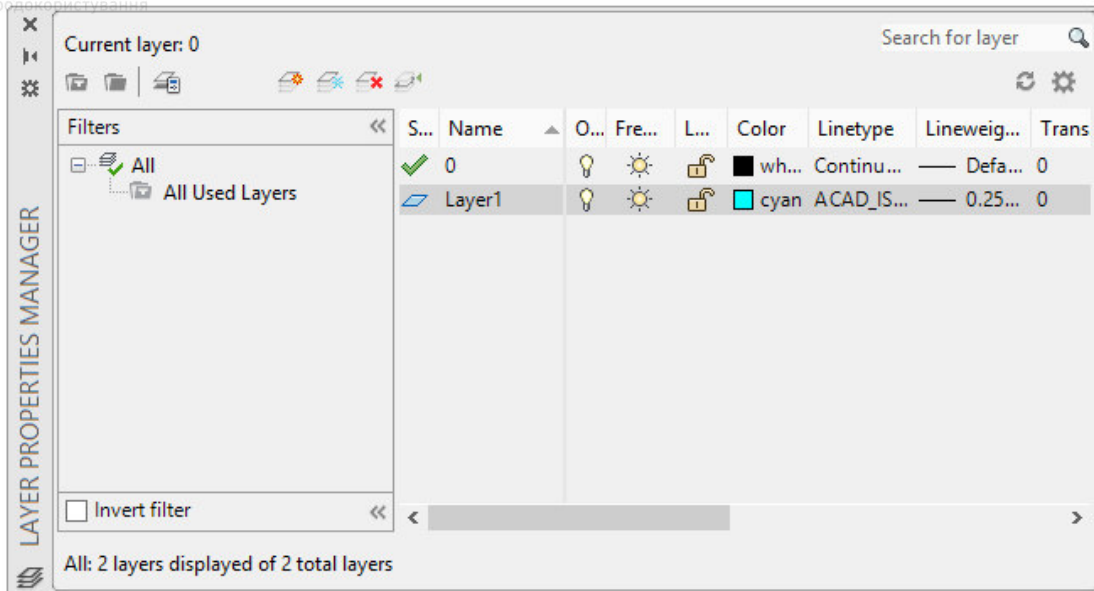


Рис. 2.44. Вікно створення і видалення шару

Є можливість видалення шару (delete layer). При цьому не можна видалити:

- поточний;
- 0 (нульовий);
- шар, що містить об'єкти.

Вага лінії – це товщина лінії на роздрукованому аркуші (рис. 2.45).

Товщину лінії шару змінити досить просто, для цього потрібно:

- 1) клікнути 2 рази лівою кнопкою миші на відповідному рядку Line weight (Вага лінії) потрібного прошарку;
- 2) вибрати зі списку потрібну товщину;
- 3) клікнути лівою кнопкою миші на Ok.

Тепер під час друку лінії цього прошарку будуть потрібної товщини. Щоб побачити товщину різних ліній у самому AutoCAD, потрібно включити відображення ваги ліній (Show / Hide Line weight) на панелі стану.

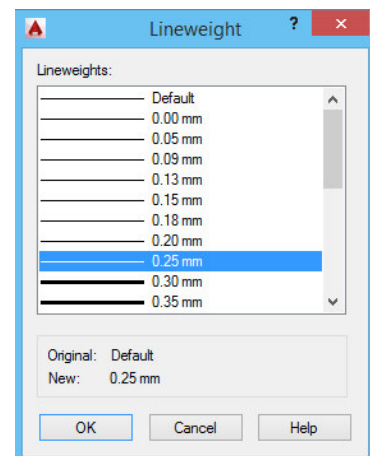


Рис. 2.45. Налаштування товщини (ваги) лінії

Тип лінії. Змінимо, наприклад, тип лінії на штрих-пунктирну (рис. 2.46). Для цього: 1) клінемо по слову continuous (основна) і перейдемо у вікно вибору типу лінії (Select Linetype); 2) у вікні виберемо пунктирну (ISO long-dash dot), якщо її там не виявилось, то слід завантажити. Тиснемо кнопку Load і у вікні Load or Reload Linetype виберемо ISO long-dash dot; 3) натискаємо

кнопку ОК.; 4) у вікні Select Linetype вибираємо завантажену лінію і знову тиснемо ОК. Тип лінії буде встановлено.

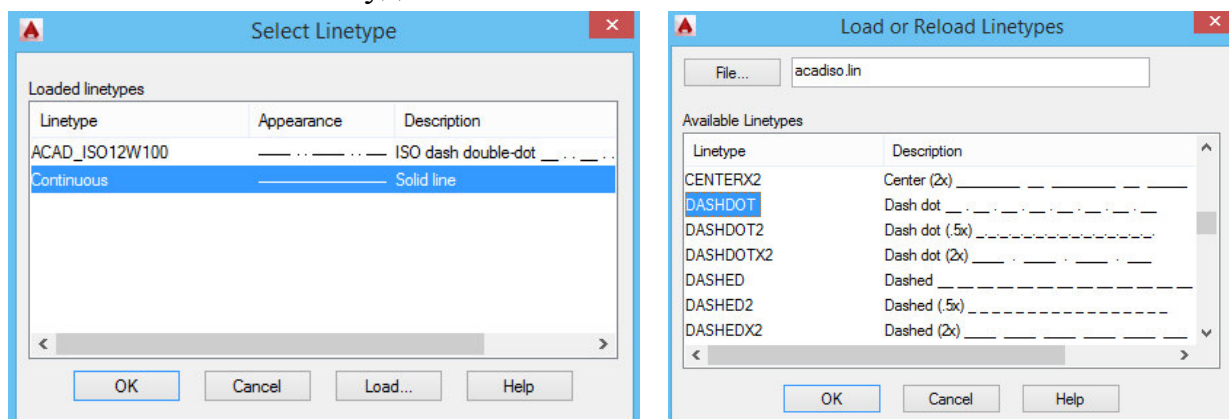


Рис. 2.46. Зміна типу лінії

Після того, як прошарок створено, змінити його колір не складає труднощів. У діалоговому вікні властивості прошарків (Layer Properties Manager) потрібно:

- 1) клацнути мишею на відповідному рядку (кольоровому квадраті) стовпця Color;
- 2) вибрати потрібний колір із вкладки – Index color (стандартні кольори), якщо є потреба вибрати інші кольори, можна скористатися вкладками True Color (колірні моделі RGB і HSL) або набором кольорів Color Books;
- 3) після вибору кольору натиснути ОК.

Колір прошарку можна поміняти, не заходячи в діалогове вікно «Layer Properties Manager». Для цього необхідно:

- 1) на панелі layers вкладки home стрічки розкрити список прошарків;
- 2) клацнути мишею на квадраті біля імені прошарку.

2.1.11. Створення тексту

Текст є невід'ємною частиною будь-якого кресленника. Для редагування зовнішнього вигляду тексту є так звані текстові стилі, які включають у себе шрифт, висоту і накреслення символів.

Для створення написів в AutoCAD є однорядкові і багаторядкові тексти. У текст можна включати змінні параметри, які залежать від поточного стану кресленника, його об'єктів і зовнішніх умов (рік, дата тощо). Такі параметри називають полями. Текстові примітиви можуть бути анотаційними, тобто мати розмір, що залежить від масштабу анотацій, який встановлює користувач.

Розглянемо способи виклику команд.

1. **Однорядковий текст.** Викликаємо команду Single text (однорядковий текст). На запити здійснюємо такі дії:



Specify start point of text or [Justify / Style]: Вказуємо точку, де буде починатися текст;

Specify height: Вводимо висоту тексту 5 , <Enter>;

Specify rotation of text: Вводимо кут нахилу тексту 0 , <Enter>.

Далі в сіру прямокутну область вводимо текст.

Якщо в процесі написання натиснути <Enter>, то курсор перейде на наступний рядок, при повторному натисканні команда зупиниться. Якщо натиснути <Esc>, текст не збережеться.

Щоб відредагувати однорядковий текст, потрібно клікнути по ньому лівою кнопкою миші двічі, потім, виконавши необхідні поправки, натиснути <Enter> , а після <Esc> .

2. Багаторядковий текст. Відмінність багаторядкового тексту від однорядкового – в інструментах редагування.

1. Викличемо команду Multiline text (багаторядковий текст).

2. Вкажемо початкову точку.

3. Вкажемо другу точку, сформувавши область тексту.

Надалі можна змінювати її висоту і ширину за допомогою спеціальних повзунків. Також доступна зміна ширини полів.

На стрічці відображаються властивості тексту і засоби редагування (рис. 2.47). Проаналізуємо основні інструменти, схожі з Microsoft Word.

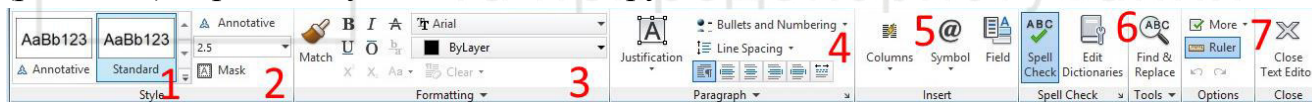


Рис. 2.47. Стрічка властивостей тексту і засоби редагування

1. Вибір стилю тексту.

2. Висота тексту.

3. Редагування шрифту.

4. Вирівнювання тексту.

5. Вставка спеціальних символів (а точніше їх коди): діаметр, градус, квадратний корінь тощо.

6. Пошук і заміна в тексті.

7. Закриття вікна редагування тексту. Якщо просто натиснути, то система запитає, чи зберегти текст.

Для редагування створеного багаторядкового тексту необхідно клікнути два рази по тексту.

2.1.12. Нанесення розмірів

Розміри – це спеціальні елементи для визначення точної величини об'єкта на кресленнику. Їх можна побачити на будь-якому кресленнику. Автоматична простановка розмірів з'явилася в AutoCAD у другій версії.



Розмір складається з низки примітивів: лінії, стрілки і тексту. Їх зовнішній вигляд налаштовується за допомогою розмірних стилів. На стрічці розміри можна знайти на вкладці Home > Annotation або Annotate > Dimension (рис. 2.48).

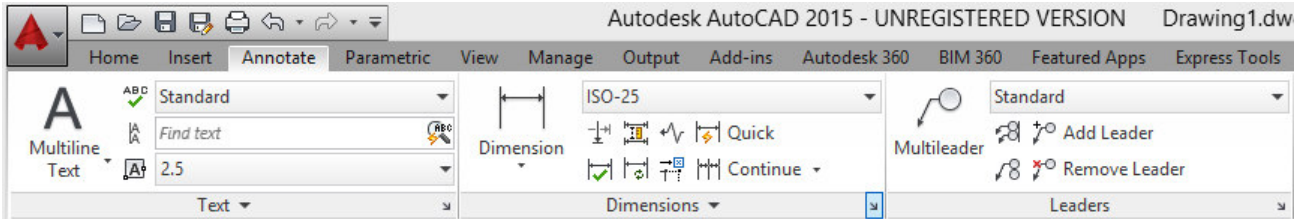


Рис. 2.48. Стрічка нанесення розмірів

Налаштування розмірного стилю виконують у діалоговому вікні Dimension style manager. Щоб його викликати, необхідно натиснути на маленьку стрілку у лівому нижньому куту панелі Dimension (вкладка Annotate) (рис. 2.49).

У діалоговому вікні натиснемо на кнопку New (рис. 2.50).

Потім заповнимо поля:

New Style Name (ім'я стилю): my style.

Start With (стиль, взятий за основу): Виберемо Standard.

Якщо включено режим Annotative, то вимкнемо його.

Use for: All dimensions (всі розміри).

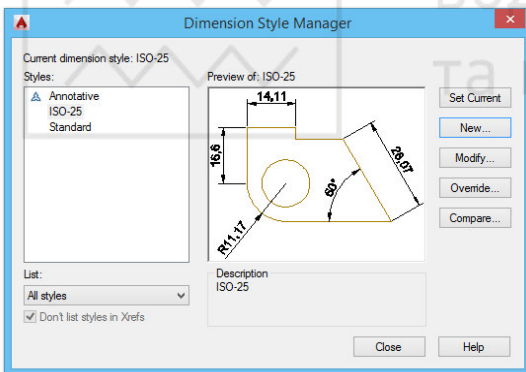


Рис. 2.49. Вікно налаштування розмірного стилю

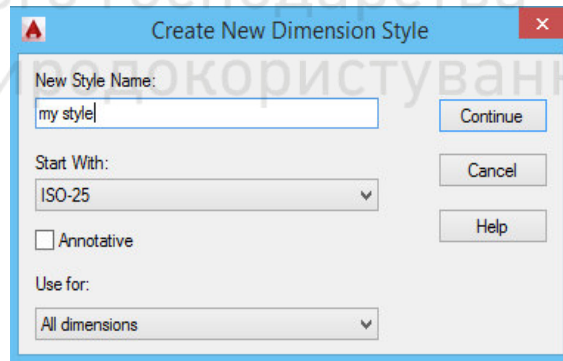


Рис. 2.50. Вікно створення нового розмірного стилю

Потім натиснемо на кнопку Continue (рис. 2.50).

Відкриється діалогове вікно з вкладками. Розглянемо основні з них.

Вкладка Primary Units (рис. 2.51):

-Linear dimension (лінійні розміри)-

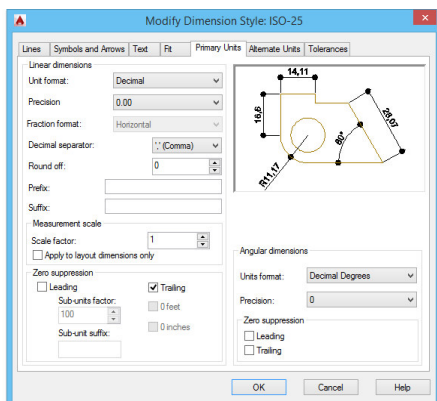


Рис. 2.51. Вкладка Primary Units

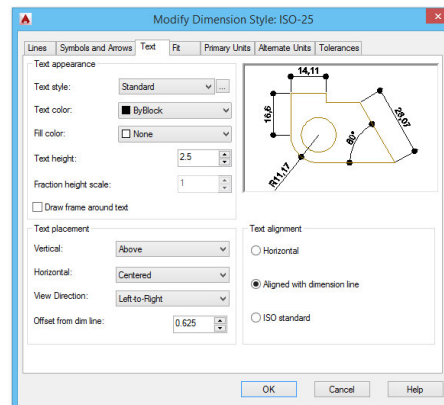


Рис. 2.52. Вкладка Text



- 1) Unit format: "Decimal" – формат виводу числа (десятковий);
- 2) Precision: 0 або 0.0 – точність;
- 3) Decimal separator: "." – Роздільник між цілою і десятковою частиною.

Можна вибрати кому, точку і пробіл;

4) Scale factor: 1.0 – масштаб кресленника, а точніше, коефіцієнт, на який множиться розмірне число. Якщо ви креслите в масштабі 1: 2, ставите 0.5, в масштабі 2: 1 – 2;

-Angular dimension (кутові розміри)-

5) Units format: Decimal Degrees – формат виводу кутів: Градуси з десятковою дробовою частиною;

6) Precision: 0 – Точність кутових розмірів.

Вкладка Text (рис. 2.52):

У графі Text style (текстовий стиль) виберемо стиль або створимо новий.

1. Натиснемо кнопку New. Введемо ім'я стилю, натиснемо кнопку OK і виберемо цей стиль у списку ліворуч.

2. Font Name: GOST typeA – Ім'я шрифту.

3. Font Style: Звичайний – Накреслення шрифту (курсив, жирний).

4. Height: 3.5 Висота шрифту.

5. Width Factor: 1 – коефіцієнт ширини (розширення або звуження).

6. Oblique Angle: 15 – кут нахилу шрифту.

7. Натискаємо Apply і Cancel.

Переконаємося, що обраний style1. Далі у вікні New dimension style натискаємо OK (рис. 2.53).

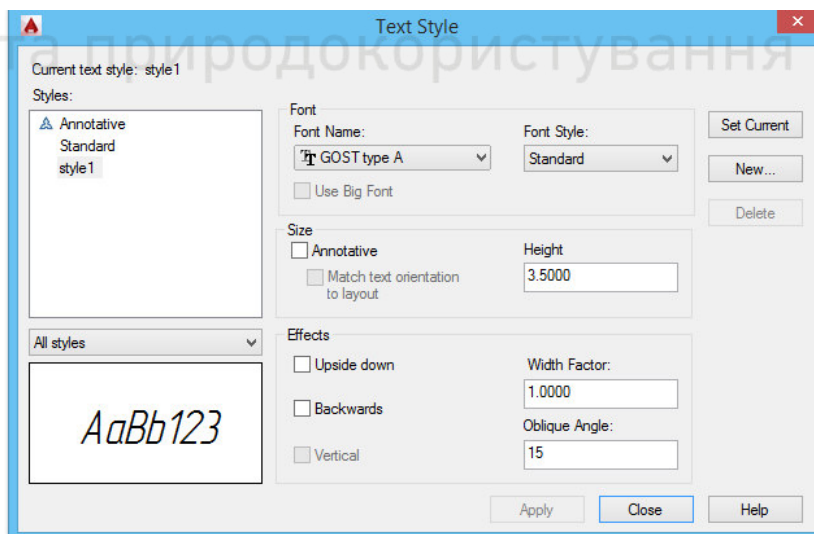


Рис. 2.53. Вікно New dimension style

Нанесемо розміри на деталь, яку зображено на рис. 2.54.

Викликаємо команду нанесення лінійного розміру:

Specify first extension line origin or <select object>: Вказуємо 1-у точку.

Specify first extension line origin or <select object>: Вказуємо 2-у точку.

Потім перемістимо мишку ліворуч і клікнемо лівою кнопкою миші на місці розміщення розміру або введемо в командний рядок відстань від лінії до розміру (10 мм). Перший розмір нанесено.



Далі повторимо введення команди, натиснувши клавішу <eEnter>. Аналогічний розмір нанесемо для другої лінії, з'єднавши 2-у і 3-ю точки, і вкажемо місце розміщення розмірної лінії.

Викличемо команду вимірювання діаметра.

Select arc or circle: вкажемо коло 5.

Виберемо місце нанесення розміру і натиснемо ліву кнопку миші. Потім аналогічним чином виміряємо радіус дуги 4.

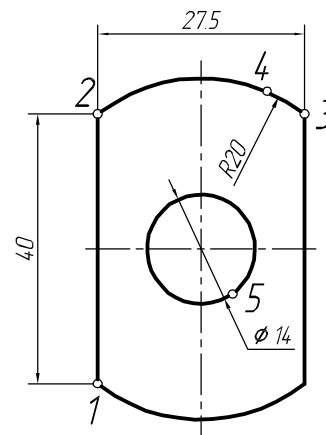


Рис. 2.54. Нанесення розмірів

2.1.13. Створення та редагування штриховки

Введемо команду HATCH (штрихування) або натиснемо кнопку на стрічці (вкладка home-draw). На ній відбудуться зміни: активується вкладка Hatch Creation (створення штрихування), рис. 2.55.

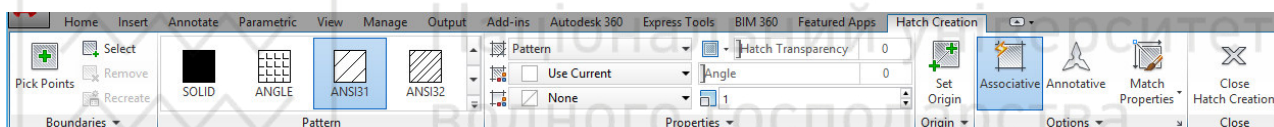


Рис. 2.55. Вікно Hatch Creation

У вкладці Hatch Pattern вибираємо шаблон ліній або заливки, у вікні властивостей Properties вибираємо безпосередньо тип:

- Pattern – штрихування
- Solid – заливка
- Gradient – градієнт

Нижче можемо вибрати колір ліній і простору між штриховими лініями (фон). У вікні властивостей Properties також знаходяться налаштування прозорості, кута нахилу ліній і масштабу.

Виберемо тип ліній Pattern: ANSI 31.

Масштаб: Hatch pattern scale: 20.

Наведемо курсор всередину фігури і клацнемо лівою кнопкою миші. Штриховку виконано

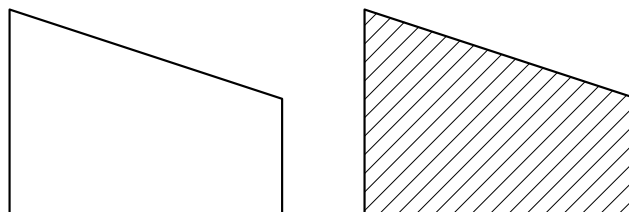


Рис. 2.56. Результат виконання команди Hatch

(рис. 2.56). Команда налаштована

циклічно: можна вказати ряд об'єктів і виконати штриховку одночасно.

Градієнт (Gradient) працює так, як і заливка (Solid), але потрібно вказати шаблон і два кольори.



2.1.14. Побудова стандартних тривимірних об'єктів

Тривимірні об'єкти створюють у результаті дії команд побудови стандартних тіл, булевих або логічних операцій (додавання, віднімання, перетин) за допомогою видавлювання або обертання, а також у результаті зсуву.

Під час створення тривимірних моделей у AutoCAD необхідно подумки розкласти об'єкт на прості складові. Потім за допомогою редагування і булевих операцій створити об'єкт потрібної форми. Для побудованих тривимірних об'єктів можна створювати розрізи і перерізи.

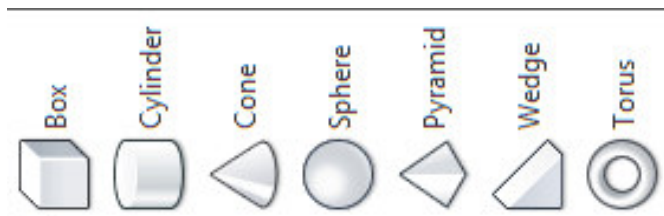


Рис. 2.57. Стандартні тривимірні графічні примітиви AutoCAD

Усі стандартні тривимірні об'єкти розміщені на стрічці, вкладка Home | Modeling (робочий простір – 3D Modeling) або Solid | Primitive (рис. 2.57).

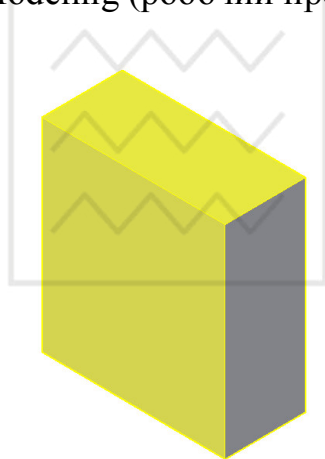


Рис. 2.58. Паралелепіпед

BOX (паралелепіпед)

1. Викличемо команду BOX.
2. На запит: Specify first corner or [Center]: клінемо мишею в будь-якій області екрана. Це означає, що ми вказали перший кут прямокутника.
3. На запит: Specify other corner or [Cube / Length]: L (виберемо опцію введення довжини (Length) і далі по черзі введемо розміри сторін).
4. У командному рядку з'явиться:

Specify height or [2 Point]: якщо підняти курсор наверх та клікнути мишею або ввести значення висоти, прямокутник автоматично видавиться, перетворившись на паралелепіпед (рис. 2.58).

WEDGE (клин)

Побудова клина схожа на побудову паралелепіпеда.

1. Викличемо команду WEDGE.
2. На запит: Specify first corner or [Center]: клінемо мишею в будь-якій області екрана, вказавши таким чином перший кут прямокутника.
3. На запит: Specify other corner or [Cube / Length]: L (виберемо опцію введення довжини (Length) і далі по черзі введемо розміри сторін або вкажемо їх мишею).

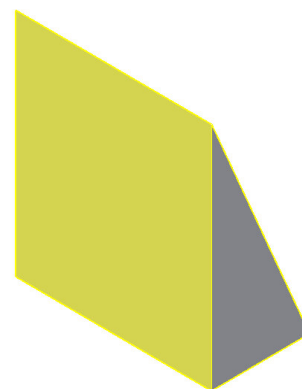


Рис. 2.59. Клин



4. У командному рядку з'явиться: Specify height or [2 Point]: якщо підняти курсор наверх та клікнути мишею або ввести величину висоти, прямокутник автоматично видавиться, перетворившись на клин (рис. 2.59).

CONE (конус)

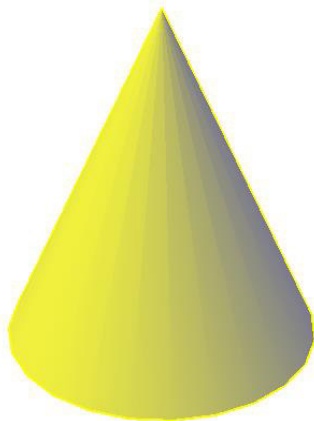


Рис. 2.60. Конус

1. Викличемо команду CONE.
2. На запит: Specify center point of base or [3P / 2P / Ttr / Elliptical]: клікнемо мишею в будь-якій області екрана, вказавши таким чином центр кола або вибравши додаткові опції.

3. На запит: Specify base radius or [Diameter]: введемо в командний рядок величину радіуса або вкажемо його на екрані мишею; також можна ввести діаметр, ввівши в командний рядок D.

4. У командному рядку з'явиться: Specify height or [2 Point]: якщо підняти курсор наверх та клікнути мишею або ввести величину висоти, отримаємо конус (рис. 2.60).

SPHERE (сфера)

1. Викличемо команду SPHERE.
2. На запит: Specify center point of base or [3P / 2P / Ttr]: клікнемо мишею в будь-якій області екрана, вказавши центр сфери або вибравши додаткові опції.

3. На запит: Specify base radius or [Diameter]: сфера з'явиться після вказівки радіуса мишею або введення його величини в командний рядок, доступною також є опція введення діаметра D (рис. 2.61)



Рис. 2.61. Сфера

CYLINDER (циліндр)

1. Викличемо команду CYLINDER.
2. На запит: Specify center point of base or [3P / 2P / Ttr / Elliptical]: клікнемо мишею в будь-якій області екрана, вказавши центр циліндра або вибравши додаткові опції.

3. Specify base radius or [Diameter]: вказуємо радіус мишею або вводимо його величину в командний рядок, доступною також є опція введення діаметра D.

4. Specify height or [2Point / Axis endpoint]: вводимовисотуабо клікаємо лівою кнопкою миші по

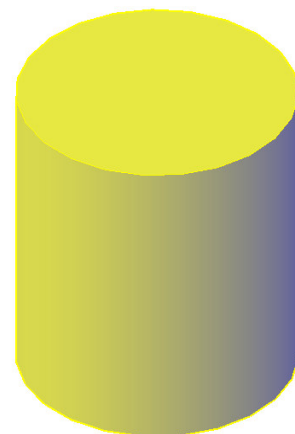


Рис. 2.62. Циліндр



верхній точці осі циліндра (рис. 2.62).

TORUS (тор)

1. Викличемо команду TORUS.

З'являться запити:

2. Specify center point or [3P / 2P / Ttr]: вказуємо мишею на екрані або вводимо координати центральної точки тора.

3. Specify base radius or [Diameter]: вказуємо радіус мишею або вводимо його величину в командний рядок, доступною також є опція введення діаметра D.

4. Specify radius or [Diameter] <1>: вказуємо радіус середньої лінії тора.

5. Specify tube radius or [2Point / Diameter]: вказуємо радіус перерізу тора (рис. 2.63).

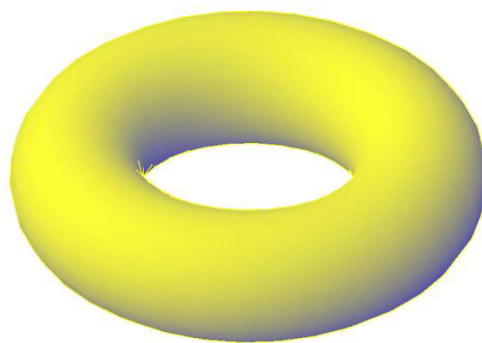


Рис. 2.63. Тор

PYRAMID (піраміда)

1. Викличемо команду PYRAMID.

З'являться запити:

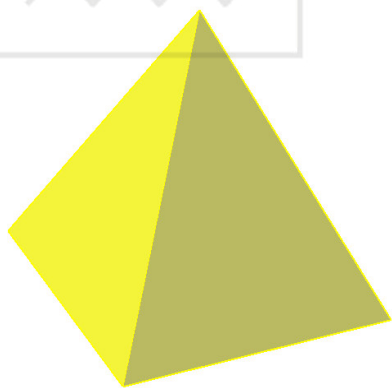


Рис. 2.64. Піраміда

2. Specify center point of base or [Edge / Sides]: вказуємо на екрані мишею центр основи піраміди або вибираємо одну з опцій (Edge, Sides).

3. Specify base radius or [Diameter]: вказуємо радіус мишею або вводимо його величину в командний рядок, доступною також є опція введення діаметра D.

4. Specify base radius or [Inscribed] <2.2>: вказуємо радіус вписаного кола (при включенні

опції Inscribed вказується радіус описаного кола).

5. Specify height or [2Point / Axis endpoint / Top radius] <0.7166>: вказуємо висоту і вводимо її величину з клавіатури (рис. 2.64).

2.1.15. Булеві (логічні) операції

Булеві або логічні операції – поширений спосіб редагування тривимірних тіл (операції названо на честь англійського математика Джорджа Буля, творця алгебраїчної логіки).

UNION (об'єднання). Дана операція об'єднує кілька тіл або областей в один об'єкт.

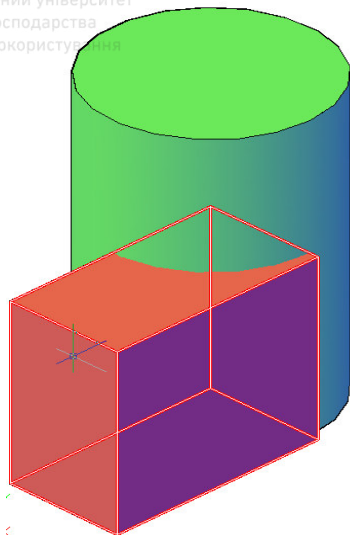


Рис. 2.65. Циліндр і призма до об'єднання

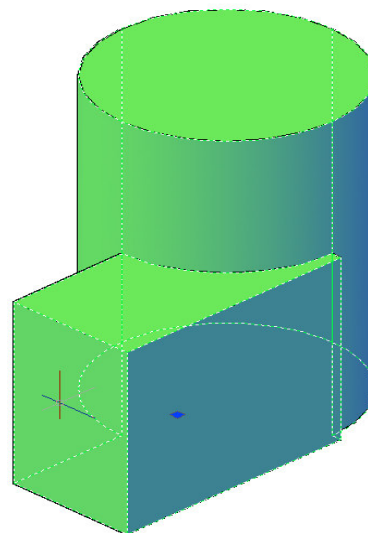


Рис. 2.66. Циліндр і призма після об'єднання

Дано два об'єкти: циліндр частково перетинається з призмою (рис. 2.65).

1. Викликаємо команду UNION.

2. На запит Select objects: виділяємо в будь-якому порядку 2 об'єкти і натискаємо <Enter>.

Тепер тіла стали єдиним об'єктом (рис. 2.66).

SUBTRACT (віднімання). Ця команда здійснює віднімання одного об'єкта з іншого. В AutoCAD це єдиний спосіб для створення порожнього простору в тілах.

Дано два об'єкти: циліндр частково перетинається з призмою (рис. 2.65).

1. Викликаємо команду SUBTRACT.

3. На запит: Select solids, surfaces, and regions to subtract from ...

Select objects: спочатку виділяємо циліндр (основа його зберігається) і натискаємо <Enter>.

4. Select solids and regions to subtract ...

Select objects: виділяємо паралелепіпед (призму) і натискаємо <Enter> (рис. 2.67).

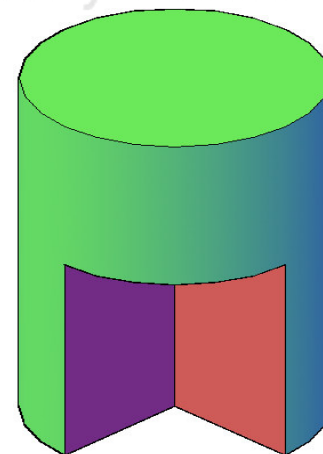


Рис. 2.67. Результат дії команди SUBTRACT

INTERSECTION (перетин). Команда створює нову форму з частин двох об'єктів, що перетинаються. Якщо об'єкти не перетинаються, то в результаті дії команди вони зникнуть.

Для демонстрації роботи команди Intersection використаємо два об'єкти: циліндр частково перетинається з призмою (рис. 2.65).



1. Викликаємо команду INTERSECT.

2. На запит: Select objects: виділяємо в будь-якому порядку циліндр і паралелепіпед, далі натискаємо <Enter>.

В результаті цих дій залишилася лише частина циліндра, що знаходилася всередині паралелепіпеда (рис. 2.68).

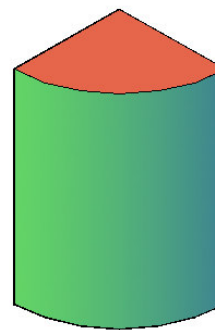


Рис. 2.68.
Результат дії
команди
INTERSECT

2.1.16. Побудова тривимірних об'єктів методом «видавлювання»

Команду EXTRUDE (видавити) використовують для створення твердотілого 3D об'єкта шляхом подовження (надання висоти) обраного замкнутого контуру або тривимірної грані вздовж осі «Z».

Побудуємо циліндр методом «видавлювання».

1. Викреслимо коло довільного діаметра.

2. Викликаємо команду EXTRUDE.

Command: EXTRUDE

Current wire frame density: ISOLINES = 4, Closed profiles creation mode = Solid (Поточна щільність каркаса: ISOLINES = 4, Режим створення замкнутих профілів = Тіло).

3. На запит: Select objects to extrude or [Mode]:

(Виберіть об'єкти для видавлювання або режим):

Слід клікнути на коло, і оскільки об'єктів більше немає, натиснути <Enter>. Якщо використати опцію mode, то можна вибрати варіанти побудови – тіла (solid) або поверхні (surface).

4. Згодом з'являється такий запит: Specify

height of extrusion or [Direction / Path / Taper angle / Expression] <>: (якщо просто ввести число або клікнути мишею вище або нижче контура, то контур буде видавлений на задану висоту), рис. 2.69. Число може бути і від'ємним, тоді побудова відбуватиметься в протилежному осі Z напрямку.

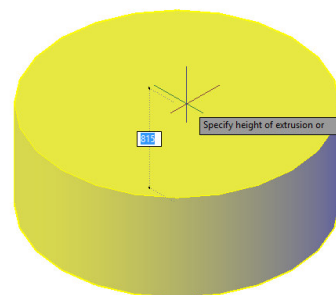


Рис. 2.69. Результат дії
команди EXTRUDE

Опції команди EXTRUDE (видавити):

1) Direction (напрявленя) – задання довжини та напрямку видавлювання за допомогою двох зазначених точок;

2) Path (траєкторія) – задання траєкторії видавлювання на основі обраної лінії;

3) Taper angle (кут конусності) – значення кута конуса для видавлювання. Додатні величини кута звужують об'єкт, від'ємні – розширюють його.



4) Expression (вираз) – цей запит дає можливість ввести висоту видавлювання за допомогою виразу або формули.

2.1.17. Побудова тіл обертання

Велику кількість стандартних тіл в AutoCAD можна побудувати обертанням тієї чи іншої лінії навколо осі (куля, конус, тор). Тіла обертання дуже часто зустрічаються в машинобудуванні: рінноманітні вали, втулки, фланці, підшипники тощо.

Команда REVOLVE (обертати) дає можливість побудувати твердотільний 3D об'єкт шляхом повороту лінії замкнутого контура навколо осі на заданий кут. Коротке ім'я команди – rev.

Якщо вісь обертання знаходиться за межами об'єкта, то тіло буде пустотілим, а якщо профіль не замкнутий, утворюється поверхня. Розглянемо порядок дій при створенні тіл обертання на прикладі пустотілого вала.

1. Викреслимо контур вала і вісь обертання. В цьому випадку вона розташована на деякій відстані від деталі (рис. 2.70).

2. Викличемо команду REVOLVE: виділимо перетин вала й натиснемо <Enter> (якщо потрібно побудувати не тіло, а поверхню, то слід вибрати опцію Mode і Surface).



Рис. 2.70. Контур вала і вісь обертання

3. Вказуємо дві точки на осі обертання, використавши об'єктну прив'язку:

Specify axis start point or define axis by [Object / X / Y / Z] <Object>:

Specify axis endpoint:

Можна вибрати опції X, Y, Z або Object (об'єкт), при цьому віссю обертання буде виділена лінія.

4. Залишилося вказати кут повороту контура (за замовчуванням кут – 360°):

Specify angle of revolution or [SStart angle / Reverse / EXpression] <360>:

Поворот відбувається за годинниковою стрілкою (рис. 2.71). Щоб змінити напрям повороту, слід вибрати опцію Reverse. Кут можна вводити як на екрані, так і з клавіатури.

На рис. 2.72 результат роботи команди REVOLVE з кутом повороту 270° .

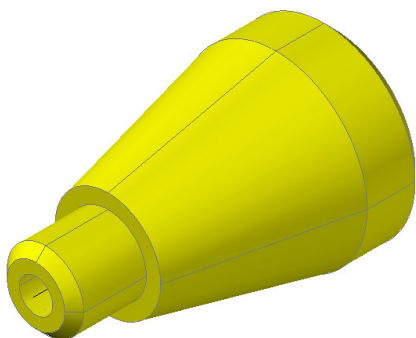


Рис. 2.71. Результат дії команди EXTRUDE (кут повороту 360°)

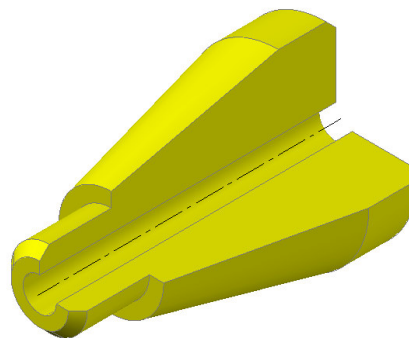


Рис. 2.72. Результат дії команди EXTRUDE (кут повороту 270°)

Можна також вказати початок кута повороту відносно контура за допомогою опції *Start angle*. Вибравши опцію *Expression*, можна використовувати формулу для введення кута.

2.1.18. Операції «зсуву» та «за перерізами»

Створення тривимірного об'єкта може відбуватися шляхом зсуву замкнутого контура уздовж деякої траєкторії. Нею може бути пряма лінія, дуга кола, полілінія і спіраль. Таким чином, операція «зсуву» дозволяє створювати складні тіла і поверхні в AutoCAD. Зсувати можна і несучільні тіла, для цього потрібно виділити не два контури, а один.

Розглянемо дію команди **SWEEP** (зсув) на прикладі створення тривимірного тіла – конічної пружини.

1. Створимо звичайну спіраль (*home | draw | helix*) і в початковій точці спіралі намалюємо невелике коло (*circle*), використовуючи прив'язку *endpoint* (рис. 2.73).

2. Викличемо команду **SWEEP** (зсув) і виберемо спочатку коло (тобто переріз спіралі), а після цього, натиснувши клавішу *<Enter>*, вибираємо спіраль (траєкторію), рис. 2.74.

Якщо в першому запиті *Select objects to sweep or [MOde]*: вибрати опцію *Mode*, а потім опцію *Surface*, – буде побудовано поверхню, а не тверде тіло.

Як видно з рисунка 2.73, коло було намалювано перпендикулярно до траєкторії (в іншому випадку програма сама його поверне перпендикулярно до траєкторії). Це можна відключити, натиснувши в рядку меню на запит «вирівнювання» (*align*) і вибравши «немає» (*no*).

Крім вирівнювання (*align*) перед зазначенням траєкторії можна вибрати й інші запити:

1. *Basepoint* (базова точка) – базова точка для об'єктів, що підлягають зсуву;

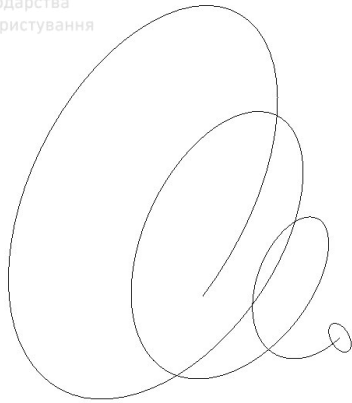


Рис. 2.73. Поперечний
переріз
і траєкторія зсуву

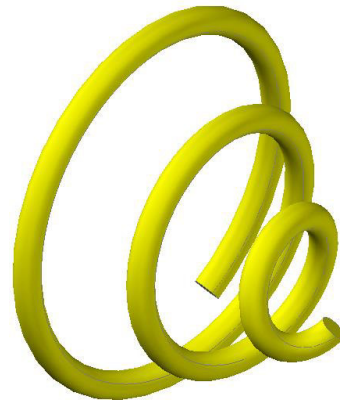


Рис. 2.74. Результат дії
команди SWEEP

2. Scale (масштаб) – задання масштабного коефіцієнта для операції зсуву (переріз по траєкторії зменшується (коефіцієнт < 1) або збільшується (> 1)).

3. Twist (закручування) – задання кута закручування для об'єктів, що підлягають зсуву.

Під час створення тіл за допомогою команди SWEEP в AutoCAD переріз і траєкторія будуть видалені. Тому, якщо в подальшому їх будуть використовувати, потрібно зробити копію.

Команда LOFT («за перерізами») дозволяє створити твердотільний 3D об'єкт або поверхню з декількох замкнутих поперечних перерізів. Дію команди розглянемо на прикладі.

1. Накреслимо кілька кіл різного діаметра, які розміщені на різних висотах (рис. 2.75).

2. Викличемо команду LOFT.

Command: loft

3. На запит: Select cross sections in lofting order or [POint / Join multiple edges / MOde]: виберемо поперечні перерізи у послідовності, що потрібна для лофтинга (в нашому випадку з нижнього до верхнього), або [Точка / З'єднати кілька кромки / Режим).

4. Після того, як вибрані всі кола, натискаємо клавішу «Enter».

5. Далі AutoCAD повідомить нам, скільки перерізів було вибрано: 4 cross sections selected;

І з'явиться запит: Enter an option [Guides / Path / Cross sections only / Settings]: Задаємо параметр [Напрямні | Траєкторія | Тільки поперечні перерізи Параметри]: Натиснемо клавішу «Enter». Об'єкт побудовано (рис. 2.76).

Розглянемо додаткові опції команди LOFT (після виклику команди):

1. Point (точка) – дає можливість задання першої або останньої точки для операції лофтинга. Після вибору параметра потрібно вибрати замкнену криву.

2. Join multiple edges (з'єднати кілька кромки) – з'єднання декількох зістикованих кромки і їх використання як єдиного поперечного перерізу.

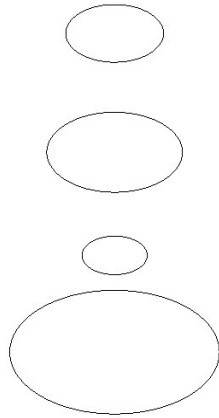


Рис. 2.75. Поперечні перерізи



Рис. 2.76. Результат дії команди
LOFT

3. Mode (режим) – перемикає між типом одержуваного об'єкта – поверхня / твердотільний об'єкт.

Після вибору всіх поперечних перерізів і натискання клавіші «Enter» є можливість вибрати один з таких режимів:

1. Guides (напрямні) – задає напрямні криві, які управляють формою твердотільного об'єкта.

2. Path (траєкторія) – задає окрему траєкторію для побудови твердотільного об'єкта.

3. Cross sections only (тільки поперечні перерізи) – створює твердотільний об'єкт без урахування траєкторії або напрямних об'єктів (AutoCAD сам формує «гладку» напрямну).

4. Setting (параметри) – відображає діалогове вікно «параметри лофт».

2.1.19. Вирівнювання об'єктів

Команда ALIGN (вирівняти) призначена для перенесення і повороту об'єктів за допомогою однієї операції. Найчастіше цю команду застосовують при роботі з тривимірними моделями, однак є можливість використовувати її і при роботі з двовимірними об'єктами.

Алгоритм виконання вирівнювання об'єктів (рис. 2.77):

1) викликати команду MODIFY / 3D OPERATIONS / ALIGN;

2) вказати об'єкти, що підлягають трансформації;

3) на наступні три запити слід вказати:

specify first source point – точку на вихідному об'єкті;

specify first destination point – точку, яка визначає положення об'єкта після трансформації;

specify second source point – точку суміщення, яка визначає масштабне перетворення;



4) на запит «ввести третю пару точок для двовимірного об'єкта» необхідно натиснути клавішу «ENTER»;

5) на запит про виконання масштабування: відповісти негативно (NO), тоді об'єкт буде перенесений і повернутий (якщо відповісти позитивно, то AutoCAD порівняє відстань між двома вихідними точками і двома точками для суміщення та визначить за точками коефіцієнт масштабування).

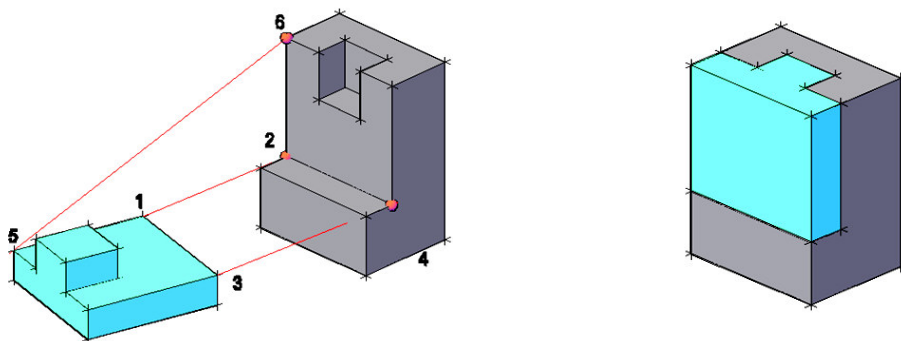


Рис. 2.77. Результат дії команди ALIGN

2.1.20. Друк креслеників

Після виклику команди PLOT (друк) з'являється вікно з параметрами друку. Це ж вікно можна викликати натисканням клавіш «CTRL + P» (рис. 2.78).

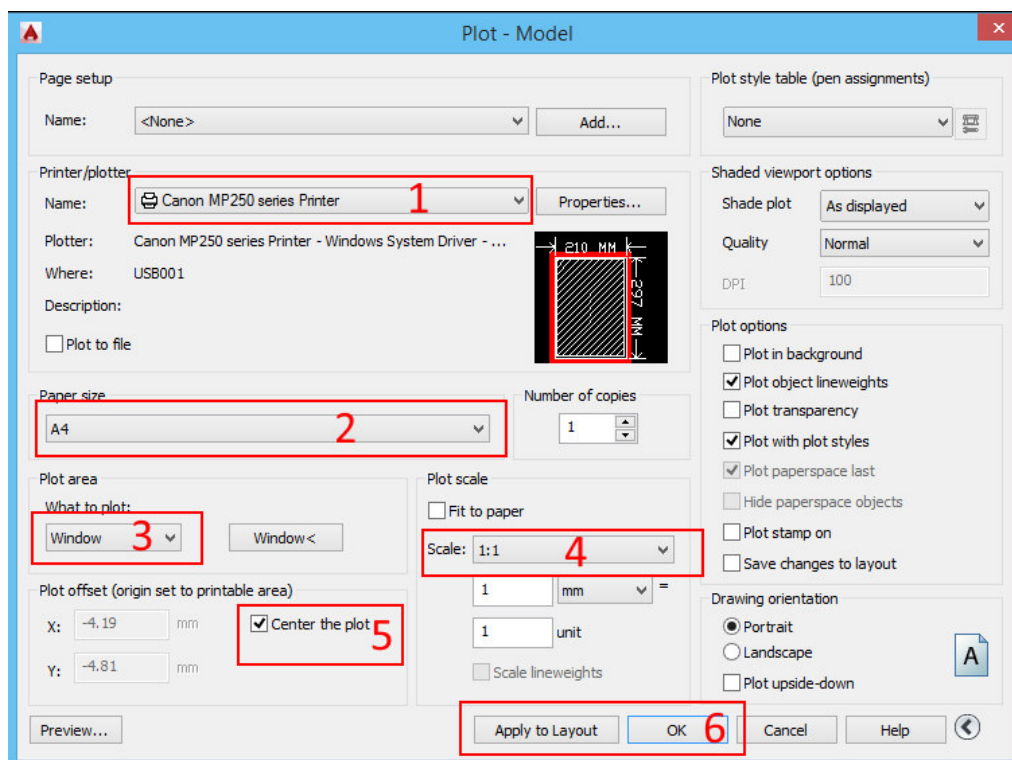


Рис. 2.78. Вікно з параметрами друку



Розглянемо основні налаштування у цьому вікні.

1. У графі Printer / Plotter (принтер / плоттер) знаходимо назву принтера, на якому виконуватиметься друк.

2. У графі Paper Size (формат) вибираємо необхідний формат (A3, A4, A2 тощо).

3. У графі What to plot (область друку) потрібно вибрати один з декількох типів області друку:

– Limits (межі) – при виборі цього типу друкується вся область кресленика, що задається межами сітки;

– Display (екран) – при цьому типі друку програма роздрукує ту частину кресленика, яка в даний момент знаходиться у видимій частині екрану;

– Extents (кордони) – друкується та область кресленика, яка містить об'єкти, тобто крайні об'єкти на кресленику задають область друку;

– Window (вікно) – видає запит для визначення області друку шляхом вказування нижньої лівої та правої верхньої вершин прямокутника.

4. Вибираємо Scale (масштаб) кресленика.

5. Вибираємо функцію Center the plot (центрувати).

6. Наприкінці натискаємо кнопку Apply to Layout (застосувати макет) в вікні параметрів друку та кнопку «ОК».

У правому нижньому куті вікна параметрів друку є стрілка, при натисканні на яку відкриються додаткові налаштування. За їх допомогою можна налаштувати орієнтацію і якість кресленика.

2.1.21. Багатокутні сітки

В AutoCAD передбачено кілька способів створення багатокутних сіток (поверхонь). За допомогою вершин можна побудувати плоскі поверхні і апроксимувати криволінійні, причому точністю апроксимації останніх можна керувати, задаючи густину сітки. Згладжування поверхні багатокутної сітки можна здійснити за допомогою команди **PEDIT** (ПОЛПРЕД), за винятком сіток, які створені командою **PFACE** (ПГРАНЬ).

Багатокутна сітка створює сітку вершин, яка визначається матрицею $M \times N$, що представляє вершини як сітку із M рядків та N стовпчиків. Положення кожної вершини сітки задається парою m і n , де m – номер рядка, а n – стовпчика.

Команда **3D MESH** (3М СЕТЬ) будує із просторових чотирикутних комірчин тривимірну багатокутну сітку, яка відкрита як в напрямку M , так і в напрямку N (за аналогією з осями X та Y площини $X Y$). Перетворити сітку в закрити можна за допомогою команди **PEDIT** (ПОЛПРЕД). Сітка, створена командою **3D MESH** (3М СЕТЬ), може бути несиметричною.



Створення сітки командою **3D MESH** (3М СЕТЬ). Надійде запит:

* Mesh M size:

(Розмір сітки M:) і

* Mesh N size:

(Розмір сітки N:)

Тут M – число вершин в одному напрямку, а N – число вершин в іншому напрямку. Кожний вимір сітки може лежати в межах від 2 до 256. Загальне число вершин дорівнює $M \times N$. Після визначення розміру сітки необхідно задати кожен вершину.

*Vertex (m, n):

(Вершина (m, n):), де **m** та **n** – номер рядка та стовпчика даної вершини сітки, причому першою є вершина (0, 0). Спочатку змінюється величина **n**. Перш ніж визначити вершини в стовпчику **m + 1**, необхідно визначити координати всіх вершин в стовпчику **m**. Вершини можна задавати як двовимірними, так і тривимірними точками.

Створення сітки командою **PFACE** (ПГРАНЬ). Надійде запит:

*Specify location for vertex 1:

(Вкажіть положення вершини :) – вводимо координати першої вершини.

*Specify location for vertex 2 or <define faces>:

(Вкажіть положення вершини або <визначити межі>:)

або

*Specify location for vertex 3:

(і т. д.) – вводимо координати наступних вершин. Натискаємо клавішу **Enter** для завершення введення. У відповідь на запит:

*Face 1, vertex 1:

(Грань 1, вершина 1:)

*Enter a vertex number or [Color/Layer]:

(Введіть номер вершини або [Цвет/Шар]:) – вводимо номер вершини, яка є першою в сітці. Як правило – це 1-ша вершина. У відповідь на запит:

*Face 1, vertex 2:

(Грань 1, вершина 2:)

*Enter a vertex number or [Color/Layer] <next faces>:

(Введіть номер вершини або [Цвет/Шар] <наступна грань>:) – вводимо номер наступної вершини першої грані. Послідовно вказуємо всі вершини першої грані. Щоб задати шар або колір грані, потрібно на запит системи:

*Enter a vertex number or [Color/Layer] <next faces>:

(Введіть номер вершини або [Цвет/Шар] <следующая грань>: - необхідно ввести опцію Color (Цвет) або Layer (Шар) відповідно.



2.1.22. Сітка у вигляді поверхні з'єднання

Створюється сітка командою **RULESURF** (П-СОЕД). Команда створює багатокутну сітку, яка зображає поверхню, що натягнута на дві задані лінії. Надійде запит:

*Select first defining curve:

(Виберіть першу визначену криву:) – вибираємо перший об'єкт.

*Select second defining curve:

(Виберіть другу визначену криву:) – вибираємо другий об'єкт.

Нехай нам необхідно вказати два примітиви, які визначають краї поверхні з'єднання. Якщо одна межа замкнена (коло або замкнена полілінія), то і друга межа повинна бути замкненою. Однією із меж може бути точка, а іншою – розімкнена або замкнена крива лінія. AutoCAD розпочинає з кінцевої точки кожної лінії, ближчої до точки, за допомогою якої лінія була вказана. Точка T1 – точка, за допомогою якої була вказана перша межа, а T2 – точка задання другої межі.

2.1.23. Сітка у вигляді поверхні зсуву

Сітка у вигляді поверхні зсуву створюється командою **TABSURF** (П-СДВИГ). Команда створює багатокутну сітку, яка зображає поверхню зсуву заданою визначальною кривою лінією (твірною) та направляючим вектором. Визначальною кривою може бути відрізок, дуга, коло, еліпс, еліптична дуга, двовимірною або тривимірною полілінією, сплайн. За напрямний вектор можна прийняти відрізок або розімкнену **2D** (2M) та **3D** (3M) полілінію. Дана сітка являє собою набір багатокутників з паралельними до напрямного вектора сторонами. Надійде запит:

*Select path curve: (Виберіть визначальну криву:) – вказуємо об'єкт (відрізок, коло, дугу, еліптичну дугу, полілінію або 3D (3M) полілінію, сплайн), який буде визначальною кривою.

*Select direction vector:

(Виберіть напрямний вектор:) – вказуємо відрізок або розімкнену полілінію, яку будемо використовувати як вектор. Якщо вибрали полілінію, то мають значення тільки її перша та остання вершини, а всі проміжні ігноруються. Направний вектор вказує зсув від кінцевої точки, що є найближчою до вказаної точки, до іншої його кінцевої точки.

2.1.24. Сітка у вигляді поверхні обертання

Створюється сітка командою **REVSURF** (П-ВРАЩ). Команда формує поверхню обертання шляхом повороту твірної (визначальної) кривої лінії навколо обраної осі. Надійде запит:

*Select object to revolve:



(Виберіть визначальну криву:) – вибираємо об’єкт, який буде твірною лінією.

* Select object that defines the axis of revolution:

(Виберіть об’єкт, який слугуватиме віссю обертання:) – вибираємо об’єкт, який буде служити віссю обертання.

* Specify start angle <0>:

(Задайте початковий кут <0>:) – натискаємо «**Enter**», якщо можна прийняти значення за замовчуванням «нуль», або вводимо початковий кут. У відповідь на запит:

*Specify included angle (+ = ccw, - = cw) <360>:

(Задайте кут обертання (+ = проти г. с. – = за г.с.) <360>: - натискаємо клавішу «**Enter**», щоб твірна зробила одне обертання на 360^0 , або вводимо заплановане значення кута – додатні (від’ємні).

Визначальною кривою може бути вибраний відрізок, дуга, коло, еліпс, еліптична дуга, полілінія або 3D (3М) полілінія, сплайн.

Початковий кут визначає відступ початку поверхні обертання від визначальної кривої, а центральний кут задає кут повороту кривої навколо осі обертання. Якщо ці кути приймають за замовчуванням (0 або повне коло), то поверхня починається з визначальної кривої та повністю охоплює вісь обертання, замикаючись в напрямку М сітки. Якщо центральний кут менший за 360^0 , то поверхня буде розімкнutoю. Якщо початковий кут відмінний від нуля, то генерація поверхні розпочнеться після повороту на цей кут, а не з визначальної прямої. Точка, що вказує на вісь обертання, визначає напрямок обертання (кожну поверхню на рисунку задано з початковим кутом 0^0 та центральним кутом 90^0). Для визначення напрямку обертання використовується правило правої руки. Системні змінні **SURFTAB 1** та **SURFTAB 2** керують густиною сітки, яку ми створюємо.

2.1.25. Сітка у вигляді поверхні, заданої краями

Команда **EDGESURF** (П-КРАЙ) формує ділянку поверхні Кунса, за чотирма замикаючими краями. Ділянка поверхні Кунса є бікубичною поверхнею, яку натягнуто на чотири просторові криві. Надійде запит:

*Select object 1 for surface edge:

(Виберіть край 1:)

*Select object 2 for surface edge:

(Виберіть край 2:)

*Select object 3 for surface edge:

(Виберіть край 3:)

*Select object 4 for surface edge:

(Виберіть край 4:)



Краї можуть являти собою відрізки, дуги, еліптичні дуги, сплайни або незамкнені полілінії (двовимірні або тривимірні), причому вони повинні попарно з'єднуватися в кінцевих точках, утворюючи топологічно замкнутий криволінійний чотирикутник. Якщо який-небудь край не дотикається один до одного, то система виводить повідомлення:

*Edge x does not touch another edge

(Край X не дотикається до іншого краю), де X – номер краю.

Порядок вибору країв не має значення. Перший вибраний край задає напрямок M сітки поверхні від кінцевої точки, що є найближчою до вказаної точки, до іншої кінцевої точки. Два інших країв, які дотикаються до першого, задають напрямок N сітки. Системна змінна **SURFTAB 1** задає число інтервалів вздовж напрямку M (перший вибраний край), а змінна **SURFTAB 2** – число інтервалів уздовж напрямку N. Результатом створення буде сітка з розміром (SURFTAB 1+1) X (SURFTAB 2+1).

2.2. Твердотільне моделювання у проекціях з числовими позначками

Приклад 1. Побудувати горизонтальний майданчик земляної споруди на земній (топографічній) поверхні (рис. 2.79). Визначити лінії перетину укосів виїмок і насипів земляної споруди між собою і з поверхнею землі. Величина ухилів укосів виїмок дорівнює 1:1,5, укосів насипу – 1:2.

Виконання даного завдання поділяється на такі етапи:

1. Побудова топографічної сітки поверхні.

Скористаємось матеріалами розділу 2.1 з формування 3D поверхонь в просторі. Мережеву поверхню можна створити на основі сітки кривих в напрямках осей U і V. Перед побудовою багатокутної сітки на заданій топографічній поверхні наносимо вершини даної сітки і визначаємо їх координати (рис. 2.79).

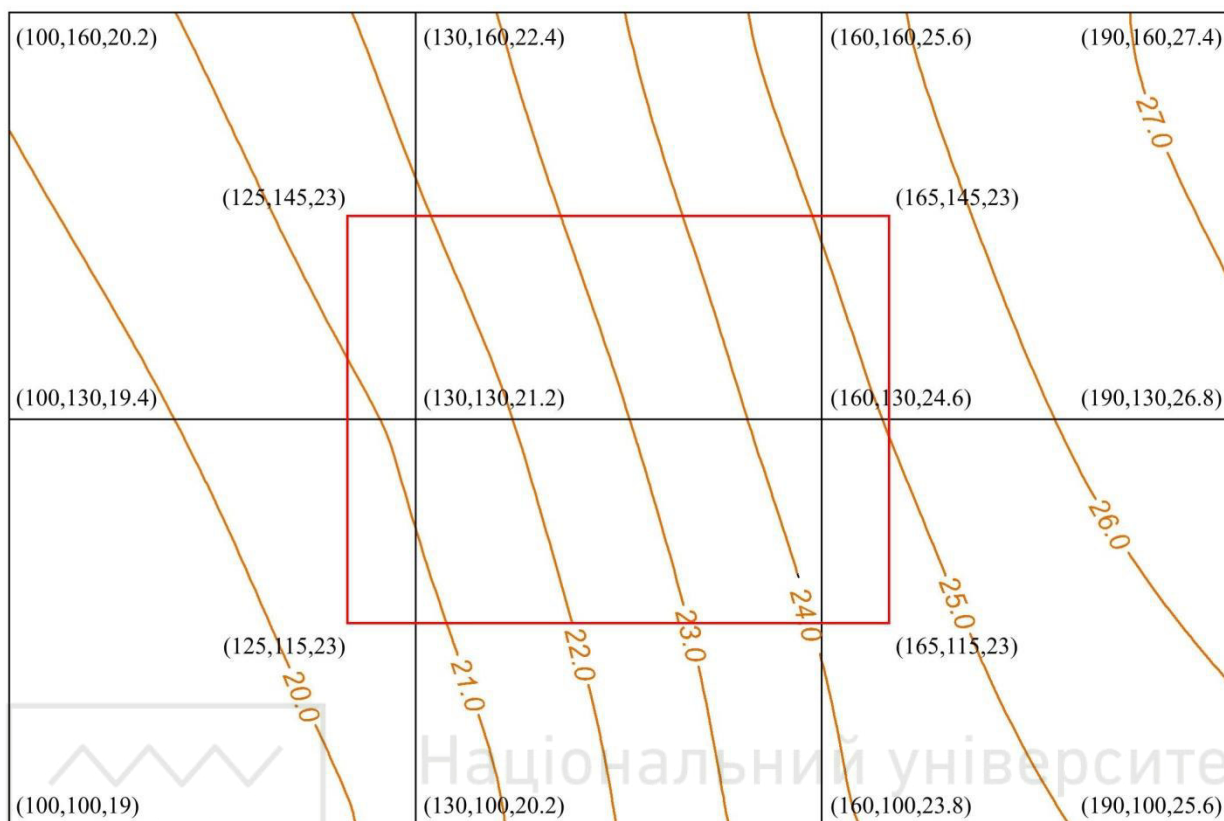


Рис. 2.79. Ділянка топографічної (земної) поверхні з межами горизонтального майданчика на ній та нанесеною сіткою

Сплайн № 1: (100,100,19); (100,130,19.4); (100,160,20.2).

Сплайн № 2: (130,100,20.2); (130,130,21.2); (130,160,22.4).

Сплайн № 3: (160,100,23.8); (160,130,24.6); (160,160,25.6).

Сплайн № 4: (190,100,25.6); (190,130,26.8); (190,160,27.4).

Будуємо сплайн № 1.

Команда **САПЛАЙН** (_spline):

САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 100,100,19

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 100,130,19.4

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 100,160,20.2

Enter.

Будуємо сплайн № 2.

Команда **САПЛАЙН** (_spline):

САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 130,100,20.2

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 130,130,21.2

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 130,160,22.4

Enter.

Будуємо сплайн № 3.

Команда **САПЛАЙН** (_spline):



САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 160,100,23.8

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 160,130,24.6

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 160,160,25.6

Enter.

Будуємо сплайн № 4.

Команда **САПЛАЙН** (_spline):

САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 190,100,25.6

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 190,130,26.8

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 190,160,27.4

Enter.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.80.

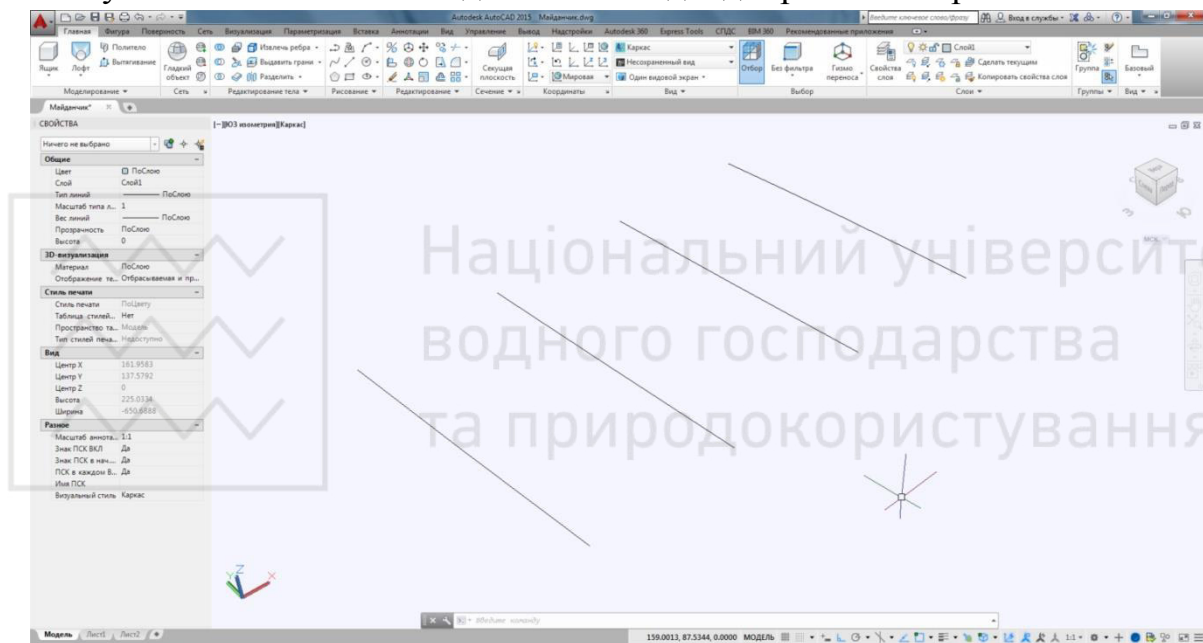


Рис. 2.80. Задання вершин земної поверхні сплайнами

Будуємо поверхню за допомогою команди лофт **ПОСЕЧЕНИЯМ** (_loft) шляхом завдання ряду поперечних перерізів (сплайнів).

Команда **ПОСЕЧЕНИЯМ** (_loft):

ПОСЕЧЕНИЯМ Выберите поперечные сечения в порядке, требуемом для лофтинга, или [Точка/Соединить несколько кромок/реЖим]:

Вибираємо сплай № 1, запит повторюється, далі вибираємо сплай № 2, сплай № 3 та сплай № 4. Вибравши всі сплайни, натискаємо

Enter.

ПОСЕЧЕНИЯМ Задайте параметр [Направляющие/Траектория/только поперечные Сечения/ПАраметры] <только поперечные Сечения>:

Enter.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.81.



Рис. 2.81. Сітка топографічної поверхні

2. Побудова призми землі.

За допомогою отриманої сітки поверхні (рис. 2.81) будуємо топографічну (земну) поверхню (масив землі). Для цього використовуємо команду EXTRUDE (ВЫТЕСНЕНИЕ) і отримуємо відповідний масив землі, пропорційний сітці.

Попередньо будуємо прямокутник, який є основою масиву землі і його величина пропорційна сітці поверхні А (100,100), В (190,100), С (190,160), D (100,160).

Команда **ПЛИНИЯ** (_pline):

ПЛИНИЯ Начальная точка: 100,100

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 190,100

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 190,160

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 100,160

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 3

Вибираємо пункт «**Замкнуть**».



Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.82.



Рис. 2.82. Побудова призми землі (1 етап побудови)

Команда **ВЫДАВИТЬ** (`_extrude`):

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Выбираємо заздалегідь побудований прямокутник.

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Enter.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <50.0000>: 40

Задаємо висоту видавлювання вищою від крайньої точки сітки поверхні.

Enter.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.83.

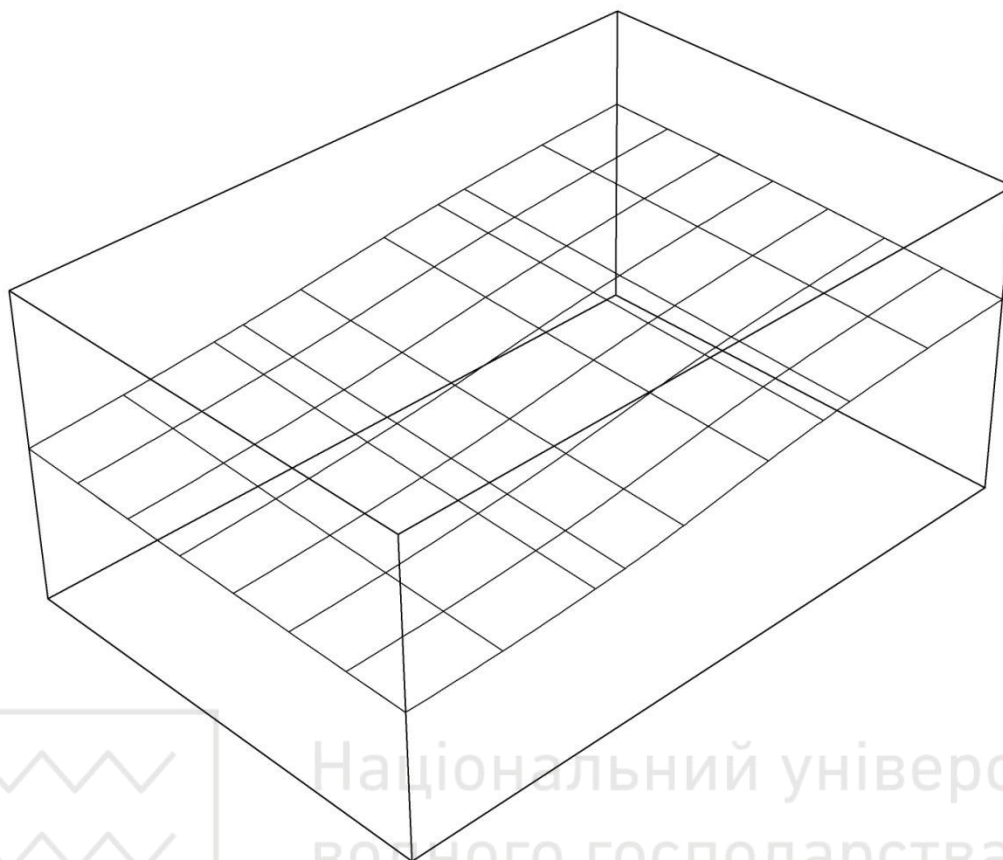


Рис. 2.83. Побудова призми землі (2 етап побудови)

Командою **СЕЧЕНИЕ (РАЗРЕЗ, _slice)**, використовуючи сітку поверхні, розрізаємо створений 3D тверdotілий паралелепіпед і отримуємо масив землі з топографічною поверхнею (рис. 2.60).

Команда **РАЗРЕЗ (_slice)**:

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания: найдено: 1

Вибираємо побудований 3D тверdotілий паралелепіпед.

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания:

Enter.

РАЗРЕЗ Начальная точка режущей плоскости или [плоский

Объект/Поверхность/Зось/Вид/XY/YZ/ZX/3точки] <3точки>: П

Вибираємо пункт «**Поверхность**».

РАЗРЕЗ Выберите поверхность:

Вибираємо поверхню.

РАЗРЕЗ Выберите срезаемый объект для сохранения или [сохранить Обе стороны] <Обе>:

Вибираємо нижню частину побудованого паралелепіпеду.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.84.



Рис. 2.84. Побудова призми землі (3 етап)

Побудовані сплайни та сітку поверхні можна видалити, щоб не заважали візуальному сприйняттю призми землі (рис. 2.85).

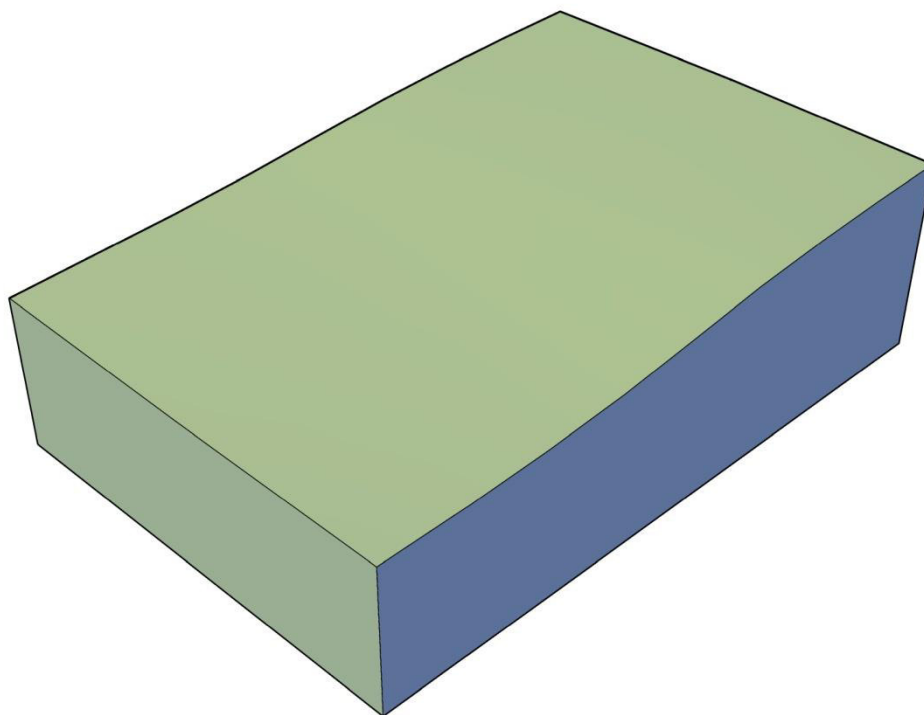


Рис. 2.85. Побудова призми землі (4 етап)



3. Побудова укосів насипу і виїмки горизонтального майданчика. Знаходження лінії їх перетину.

На отриманій топографічній поверхні будуємо горизонтальний майданчик, обмежений 3D полілінією ABCD. За допомогою команди EXTRUDE (ВЫТЕСНЕНИЕ) від горизонтального майданчика ABCD поетапно будуємо укоси насипу з глибиною видавлювання -5, уклон укосів $i = 1:2$ і укоси виїмки з глибиною видавлювання +5, уклон укосів $i = 1:1,5$.

Вказуємо координати точок меж горизонтального майданчика земляної споруди A (125,115,23), B (165,115,23), C (165,145,23), D (125,145,23).

Команда **3ДПЛИНИЯ** (_3dpoly):

3ДПЛИНИЯ Начальная точка полилинии: 125,115,23

3ДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 165,115,23

3ДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 165,145,23

3ДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]: 125,145,23

3ДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]: 3

Вибираємо пункт «Замкнуть».

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.86.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

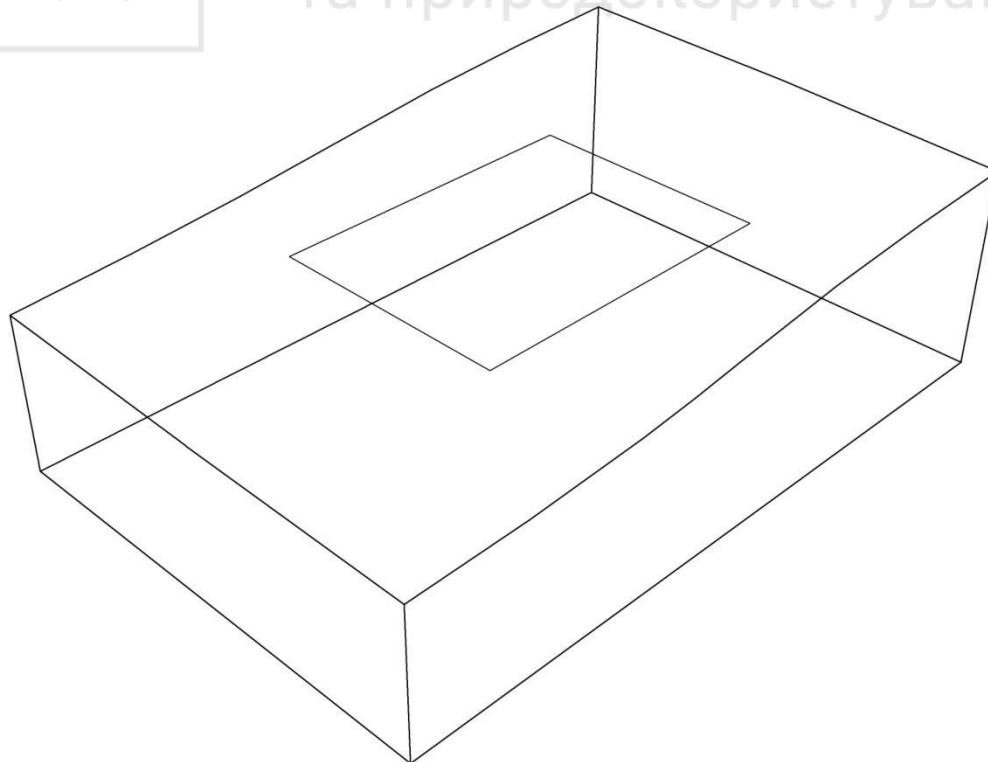


Рис. 2.86. Побудова укосів насипу і виїмки горизонтального майданчика (1 етап)



Даний прямокутник з 3D полілінією можна скопіювати в теж саме місце або ще раз побудувати по тих же координатах (перший прямокутник для побудови насипу, а другий – для виїмки).

Побудова укосів насипу.

Команда **ВЫДАВИТЬ** (_extrude):

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Выбираємо перший побудований 3D прямокутник.

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Enter.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <40.0000>: У

Выбираємо пункт «Угол конусности».

ВЫДАВИТЬ Угол конусности для выдавливания или [Выражение] <297>: В

Выбираємо пункт «Выражение».

ВЫДАВИТЬ Введите выражение: -atan(2)

Enter.

Вводим формулу для визначення кута укосу виїмки **-atan(2)**.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <40.0000>: -5

Enter.

Вводим висоту видавлювання **-5**.

Побудова укосів виїмки.

Команда **ВЫДАВИТЬ** (_extrude):

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Выбираємо другий побудований 3D прямокутник.

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Enter.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <-5.0000>: У

Выбираємо пункт «Угол конусности».

ВЫДАВИТЬ Угол конусности для выдавливания или [Выражение] <297>: В

Выбираємо пункт «Выражение».

ВЫДАВИТЬ Введите выражение: -atan(1.5)

Enter.

Вводим формулу для визначення кута укосу виїмки **-atan(1.5)**.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <-5.0000>: 5

Enter.

Вводим висоту видавлювання **+5**.



Результатом виконання наведених команд є побудова відкосів насипу і виїмки горизонтального майданчика рис. 2.87.

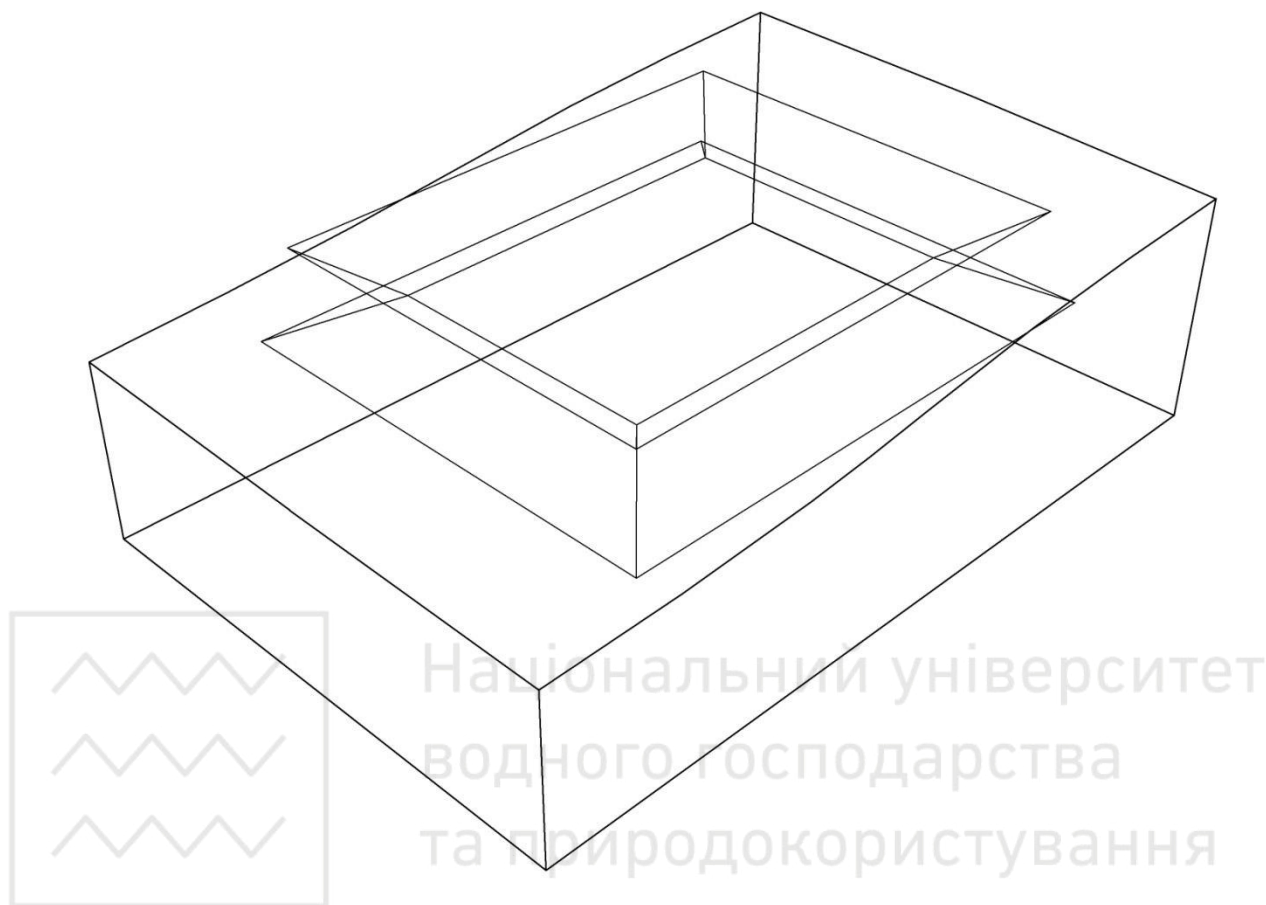


Рис. 2.87. Побудова укосів насипу і виїмки горизонтального майданчика (2 етап)

4. Побудова прив'язки горизонтального майданчика із заданими ухілами насипу і виїмки до топографічної (земної) поверхні.

Для побудови прив'язки горизонтального майданчика з заданими ухілами насипу і виїмки отримані призми з різними ухілами бічних поверхонь. Для цього додаємо командою UNION (ОБЪЕДИНЕНИЕ) частину горизонтального майданчика в насипі до топографічної поверхні землі і віднімаємо командою SUBTRACT (ВЫЧИТАНИЕ) частину горизонтального майданчика в виїмці від топографічної поверхні. Визначаються межі земляних робіт і точки нульових робіт на топографічній поверхні.

Команда **ОБЪЕДИНЕНИЕ** (_union):

ОБЪЕДИНЕНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо топографічну поверхню.

ОБЪЕДИНЕНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо призму з ухілами насипу.

Закінчуємо операцію командою **Enter**.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.88.

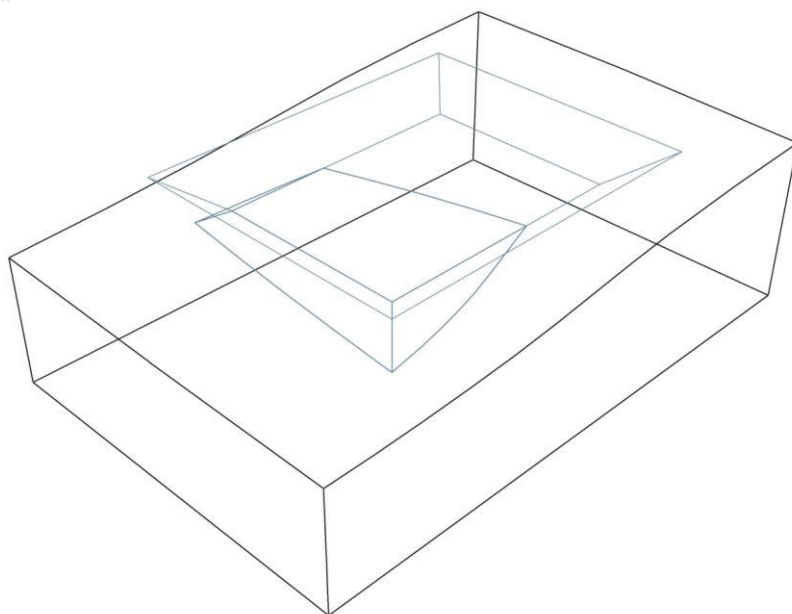


Рис. 2.88. Побудова прив'язки горизонтального майданчика (1 етап)

Команда **ВЫЧИТАНИЕ** (_subtract):

ВЫЧИТАНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо топографічну поверхню землі.

Enter.

ВЫЧИТАНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо призму з ухилами виїмки.

Закінчуємо операцію командою **Enter.**

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.89.

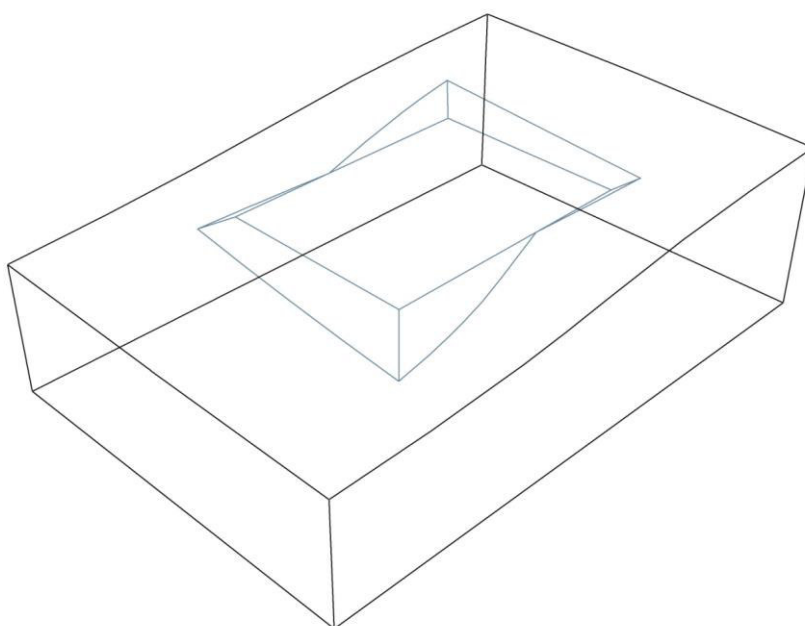


Рис. 2.89. Побудова прив'язки горизонтального майданчика (2 етап)



Побудовану прив'язку горизонтального майданчика із заданими уклонами насипу і виїмки, визначену межу земляних робіт з точками нульових робіт на топографічній поверхні відображено на рис. 2.90 у вигляді аксонометричного макету (об'єкту). Результатом виконання наведених команд є побудова об'ємної тривимірної моделі земляної споруди на земній поверхні.

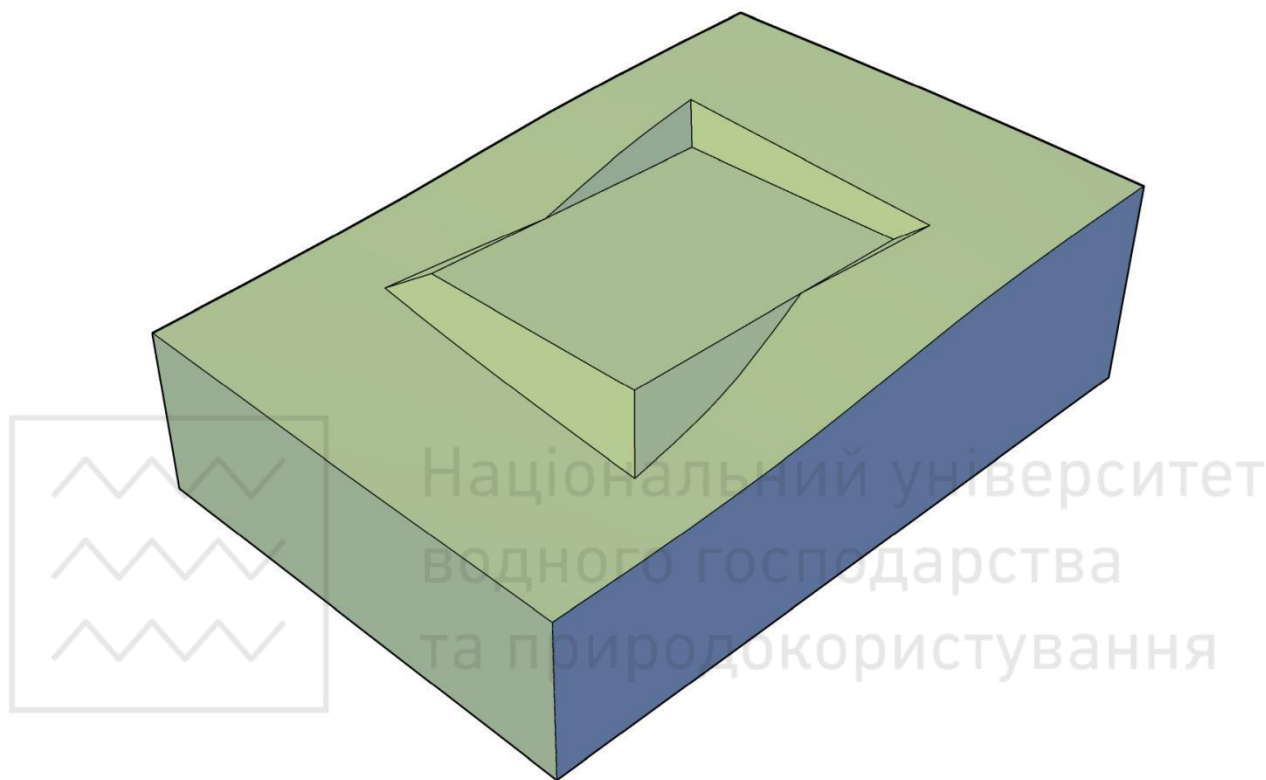


Рис. 2.90. Призма землі з горизонтальним майданчиком (концептуальний, південно-західний вигляд)

Можливість проведення багатогранного аналізу об'ємної тривимірної моделі в інженерній практиці дозволяє фахівцям різних галузей розв'язувати завдання найвищого рівня складності. Наведені приклади розв'язування задач можуть бути частинами модулів, алгоритмів, поетапних рішень різноманітних завдань. Поєднання наведених рішень дозволяє створювати нові технологічні процеси розв'язування завдань різної складності, вибирати оптимальний варіант. Прикладом є отримання з об'ємної тривимірної моделі земляної споруди на поверхні землі її горизонтальної проекції, що відповідає проекції цієї об'ємної тривимірної моделі земляної споруди на площину нульового рівня в проекціях з числовими позначками (рис. 2.91).



Рис. 2.91. Призма землі з горизонтальним майданчиком (концептуальний, вигляд зверху)



Приклад 2. Побудувати дорогу на поверхні землі (рис. 2.92). Визначити лінії перетину укосів виїмок і насипів земляної споруди з топографічною (земною) поверхнею. Величина укосів виїмки та насипу становить 1:2.

Виконання даного завдання поділяється на такі етапи:

1. Побудова топографічної сітки поверхні.

Перед побудовою багатокутної сітки на заданій топографічній поверхні наносимо вершини даної сітки, визначаємо та вказуємо їх координати (рис. 2.92).

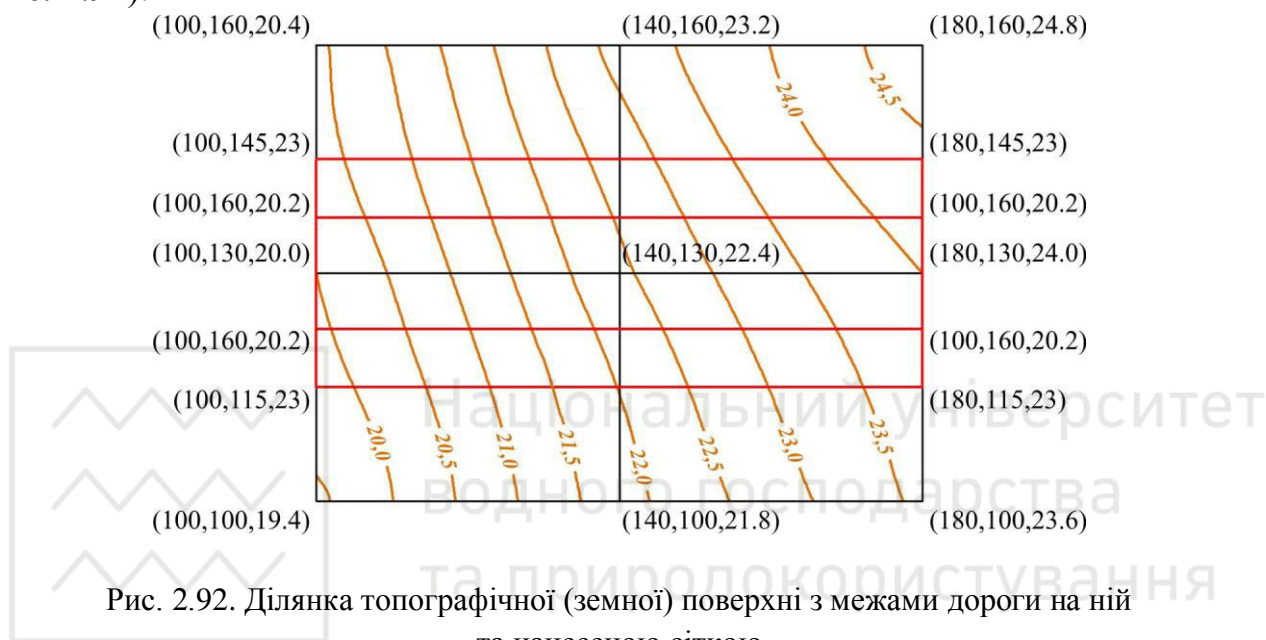


Рис. 2.92. Ділянка топографічної (земної) поверхні з межами дороги на ній та нанесеною сіткою

Сплайн № 1: (100,100,19.4); (100,130,20); (100,160,20.4).

Сплайн № 2: (140,100,21.8); (140,130,22.4); (140,160,23.2).

Сплайн № 3: (180,100,23.6); (180,130,24); (180,160,24.8).

Будуємо сплайн № 1.

Команда **САПЛАЙН** (_spline):

САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 100,100,19.4

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 100,130,20

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 100,160,20.4

Enter.

Будуємо сплайн № 2.

Команда **САПЛАЙН** (_spline):

САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 140,100,21.8

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 140,130,22.4

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 140,160,23.2

Enter.

Будуємо сплайн № 3.

Команда **САПЛАЙН** (_spline):

САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 180,100,23.6

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 180,130,24

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 180,160,24.8

Enter.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.93.

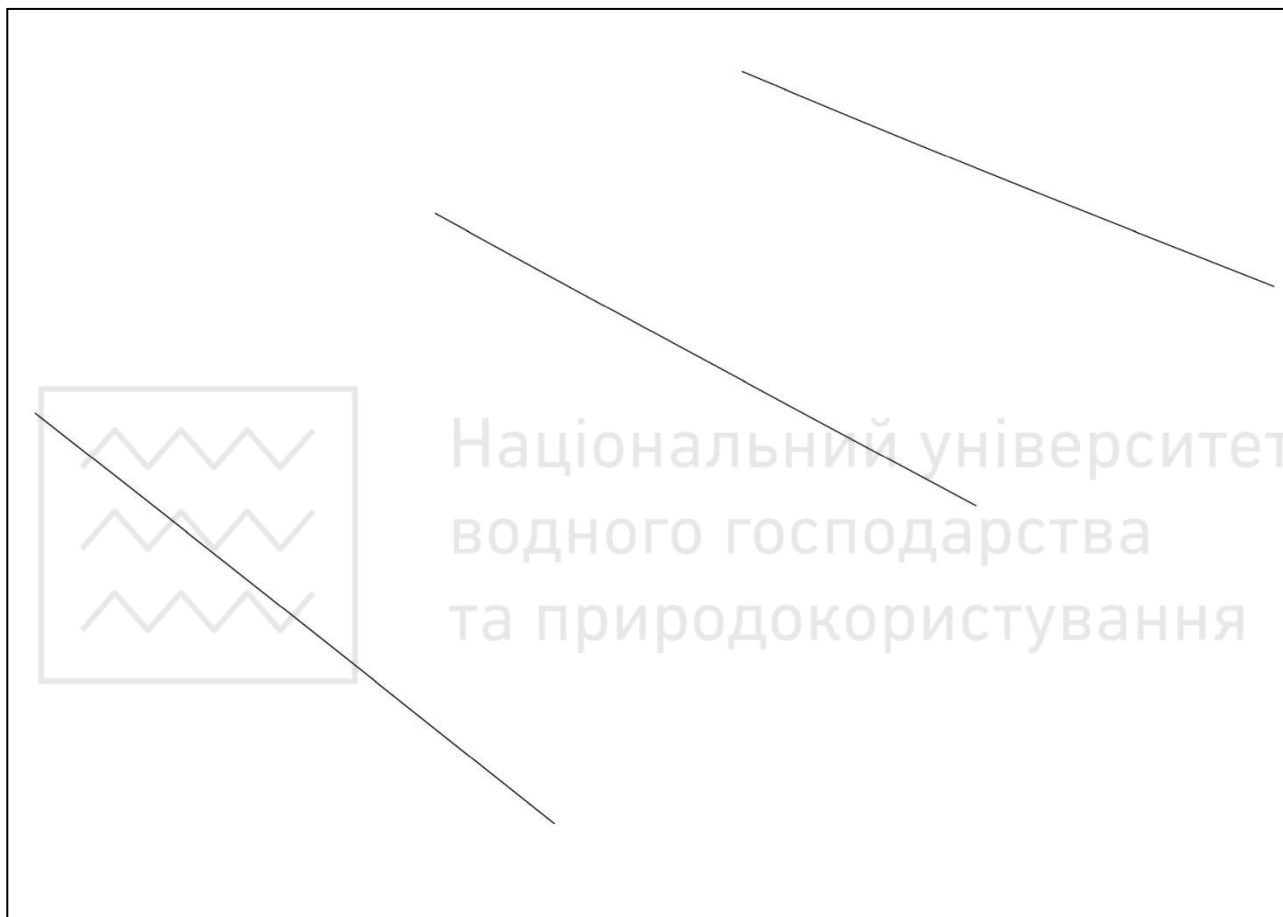


Рис. 2.93. Задання вершин земної поверхні сплайнами

Будуємо поверхню командою лофт **ПОСЕЧЕНИЯМ** (_loft) шляхом завдання ряду поперечних перерізів (сплайнів).

Команда **ПОСЕЧЕНИЯМ** (_loft):

ПОСЕЧЕНИЯМ Выберите поперечные сечения в порядке, требуемом для лофтинга, или [Точка/Соединить несколько кромок/реЖим]:

Вибираємо сплай № 1, запит повторюється, далі вибираємо сплай № 2, сплай № 3. Вибравши всі сплайни, натискаємо

Enter.

ПОСЕЧЕНИЯМ Задайте параметр [Направляющие/Траектория/только поперечные Сечения/ПАраметры] <только поперечные Сечения>:

Enter.



Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.94.



Рис. 2.94. Сітка топографічної поверхні

2. Побудова призми землі.

За допомогою отриманої сітки поверхні будуюмо топографічну земну поверхню (масив землі). Для цього використовуємо команду **EXTRUDE** (**ВЫТЕСНЕНИЕ**) і отримаємо відповідний масив землі, пропорційний сітці.

Попередньо будуюмо прямокутник, який є основою масиву землі і його величина пропорційна сітці поверхні А (100,100), В (180,100), С (180,160), D (100,160).

Команда **ПЛИНИЯ** (**_pline**):

ПЛИНИЯ Начальная точка: 100,100

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 180,100

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 180,160

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 100,160



ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 3

Выбираемо пункт «**Замкнуть**».

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.95.



Рис. 2.95. Побудова призми землі (1 етап)

Команда **ВЫДАВИТЬ** (_extrude):

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Выбираемо заздалегідь побудований прямокутник.

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Enter.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <40.0000>: 40

Задаємо висоту видавлювання вищою від крайньої точки сітки поверхні.

Enter.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.96.

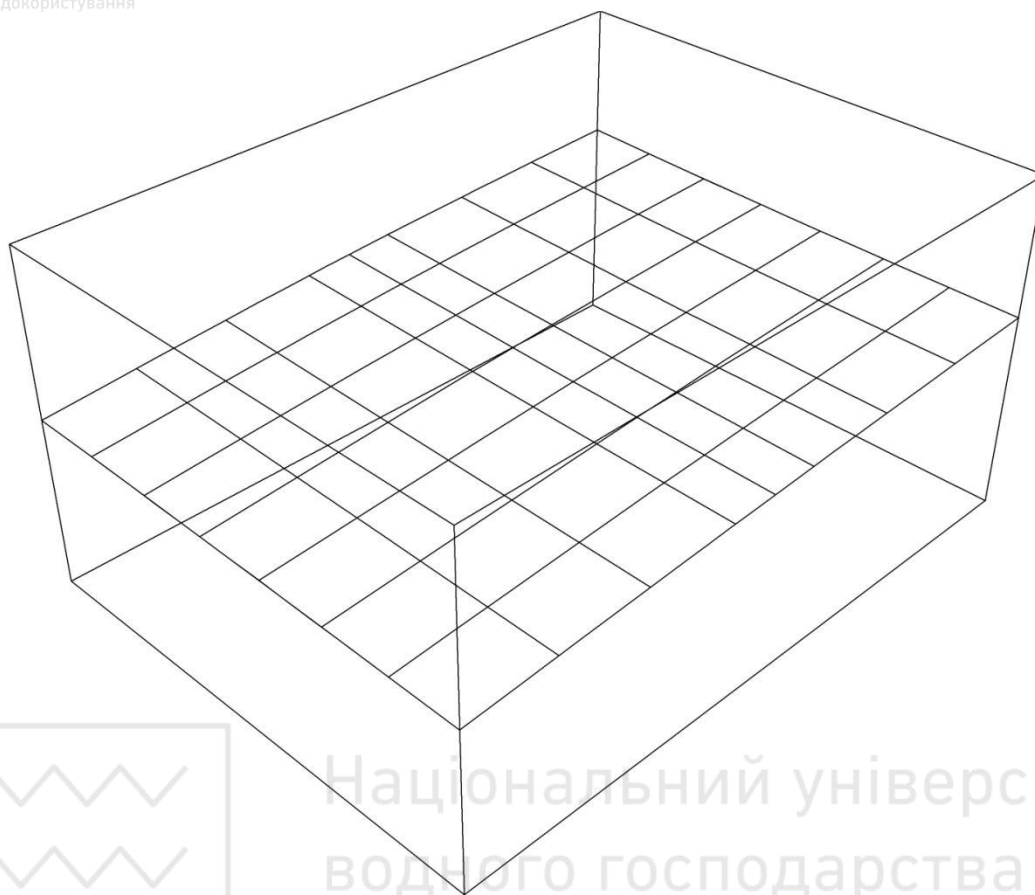


Рис. 2.96. Побудова призми землі (2 етап)

Командою **СЕЧЕНИЕ (РАЗРЕЗ, _slice)**, використовуючи сітку поверхні, розрізаємо створений 3D тверdotілий паралелепіпед і отримуємо масив землі з топографічною поверхнею (рис. 2.73).

Команда **РАЗРЕЗ (_slice)**:

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания: найдено: 1

Вибираємо побудований 3D тверdotілий паралелепіпед.

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания:

Enter.

РАЗРЕЗ Начальная точка режущей плоскости или [плоский

Объект/Поверхность/Зось/Вид/XY/YZ/ZX/3точки] <3точки>: П

Вибираємо пункт «**Поверхность**».

РАЗРЕЗ Выберите поверхность:

Вибираємо поверхню.

РАЗРЕЗ Выберите срезаемый объект для сохранения или [сохранить Обе стороны] <Обе>:

Вибираємо нижню частину побудованого паралелепіпеду.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.97.

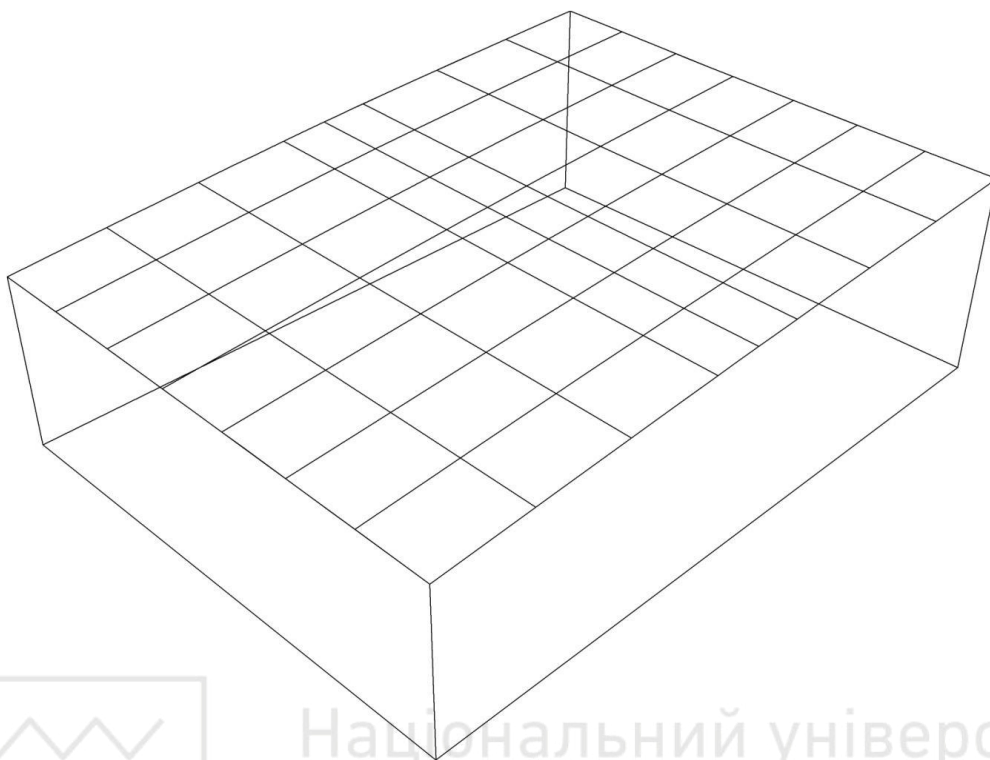


Рис. 2.97. Побудова призми землі (3 етап)

Побудовані сплайни та сітку поверхні можна видалити, щоб не заважали візуальному сприйняттю призми землі (рис. 2.98).

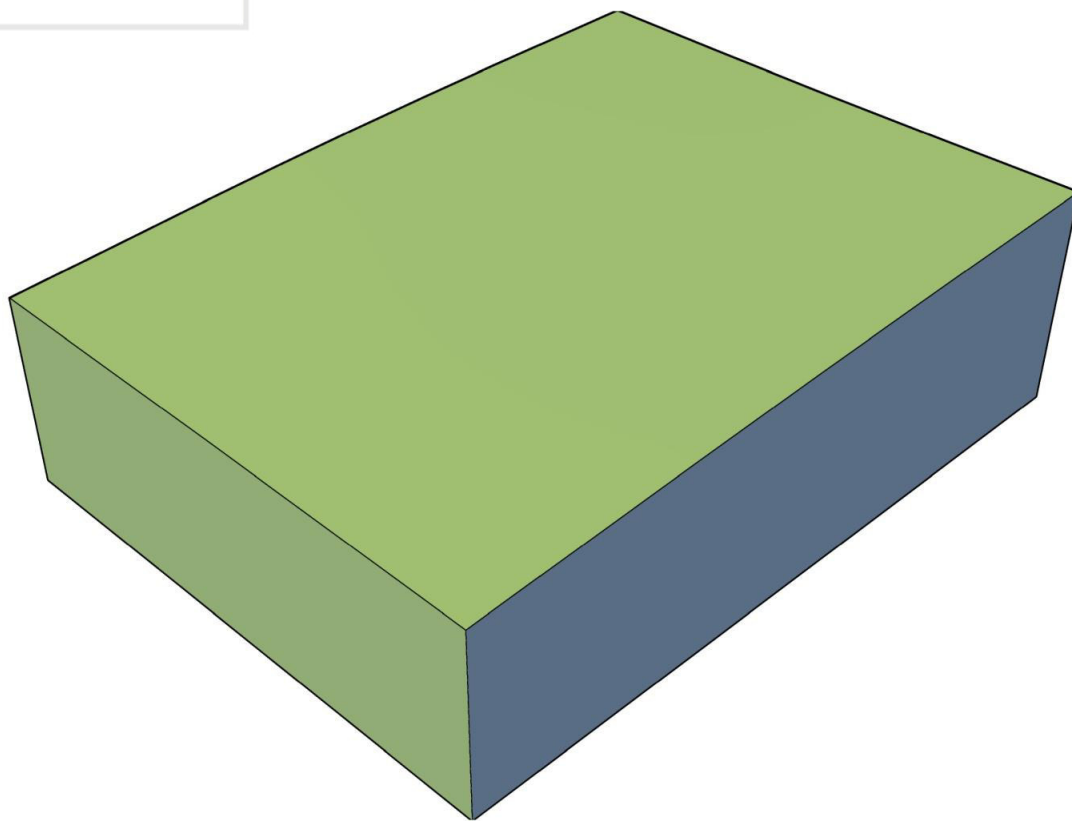


Рис. 2.98. Побудова призми землі (4 етап)



3. Визначення перетину укосів виїмки і насипу дороги з топографічною (земною) поверхнею.

На отриманій топографічній поверхні землі будуємо контур дороги, обмежений 3D полілінією ABCD. Командою EXTRUDE (ВЫТЕСНЕНИЕ) від контура (бровок) дороги ABCD поетапно будуємо укоси насипу з глибиною видавлювання -5, уклон укосів $i = 1:2$ і укоси виїмки з глибиною видавлювання +5, уклон укосів $i = 1:2$.

Вказуємо координати точок границь виїмки A (100,137.4,22), B (180,137.4,22), C (180,122.6,22), D (100,122.6,22).

Команда **3ДПЛИНИЯ** (_3dpoly):

3ДПЛИНИЯ Начальная точка полилинии: 100,137.4,22

3ДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 180,137.4,22

3ДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 180,122.6,22

3ДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]:
100,122.6,22

3ДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]: 3

Вибираємо пункт «**Замкнуть**».

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.99.

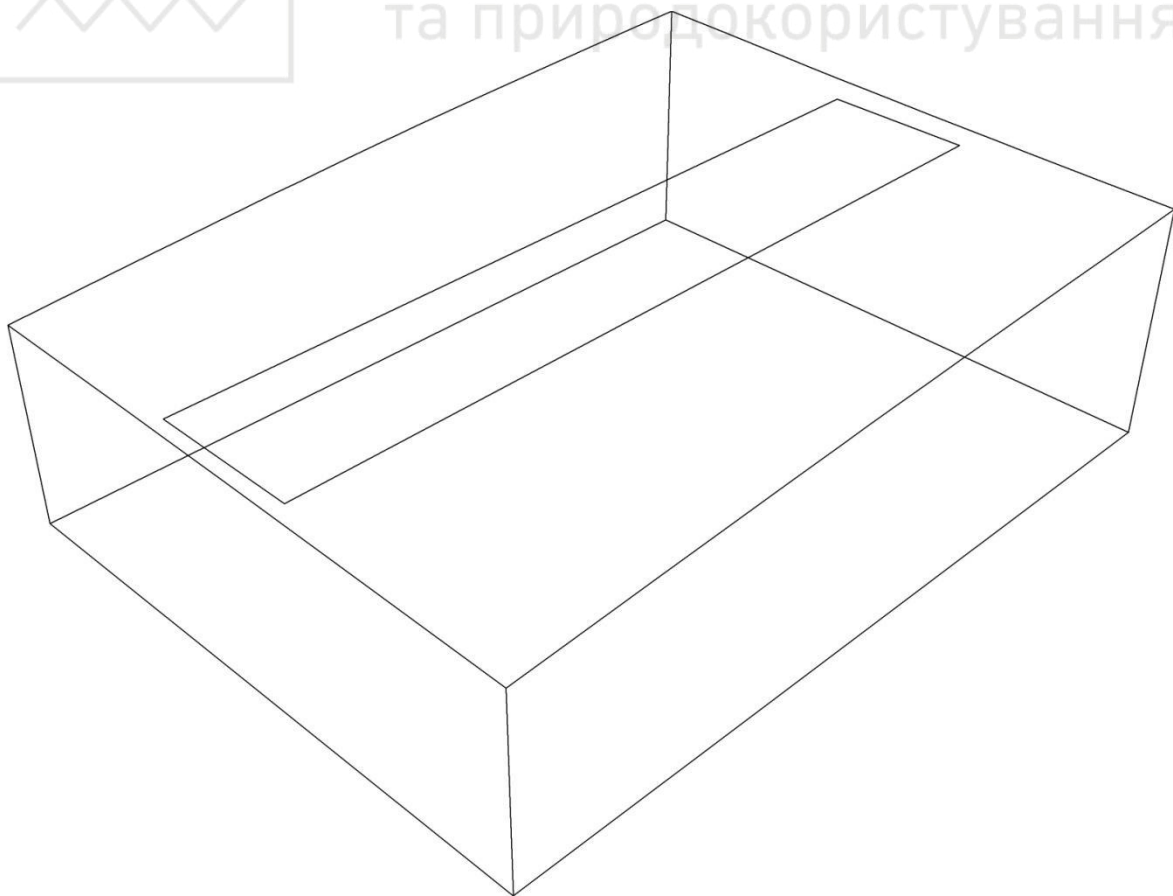


Рис. 2.99. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (1 етап)



Побудова укосів виїмки.

Команда **ВЫДАВИТЬ** (_extrude):

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Выбираємо побудований 3D прямокутник.

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Enter.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <-5.0000>: У

Выбираємо пункт «**Угол конусности**».

ВЫДАВИТЬ Угол конусности для выдавливания или [Выражение] <297>: В

Выбираємо пункт «**Выражение**».

ВЫДАВИТЬ Введите выражение: -atan(2)

Enter.

Вводимо формулу для визначення кута укосу виїмки **-atan(2)**.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <-5.0000>: 5

Enter.

Вводимо висоту видавлювання **+5**.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.100.

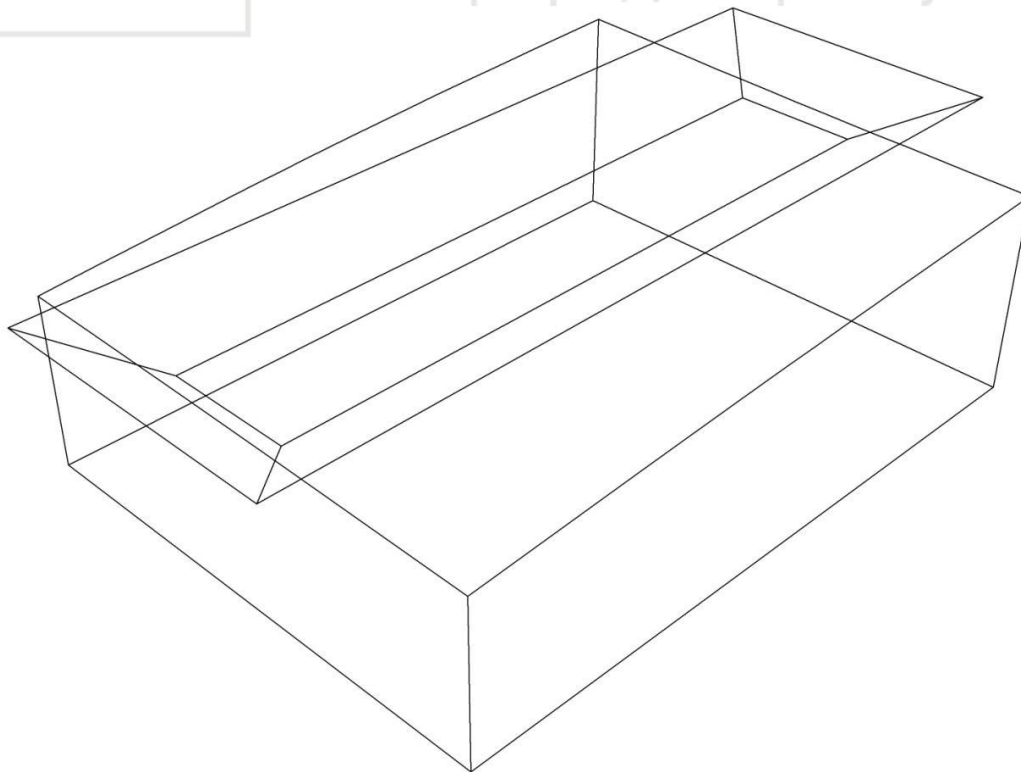


Рис. 2.100. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (2 етап)



Команда **ВЫЧИТАНИЕ** (_subtract):

ВЫЧИТАНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо топографічну поверхню землі.

Enter.

ВЫЧИТАНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо призму з ухилами виїмки.

Закінчуємо операцію командою **Enter**.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.101.



Рис. 2.101. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (3 етап)

Вказуємо координати точок границь верха дороги А (100,115,23), В (180,115,23), С (180,145,23), D (100,145,23).

Команда **ЗДПЛИНИЯ** (_3dpoly):

ЗДПЛИНИЯ Начальная точка полилинии: 100,115,23

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 180,115,23

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 180,145,23

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]: 100,145,23

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]: 3

Вибираємо пункт «**Замкнуть**».

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.102.

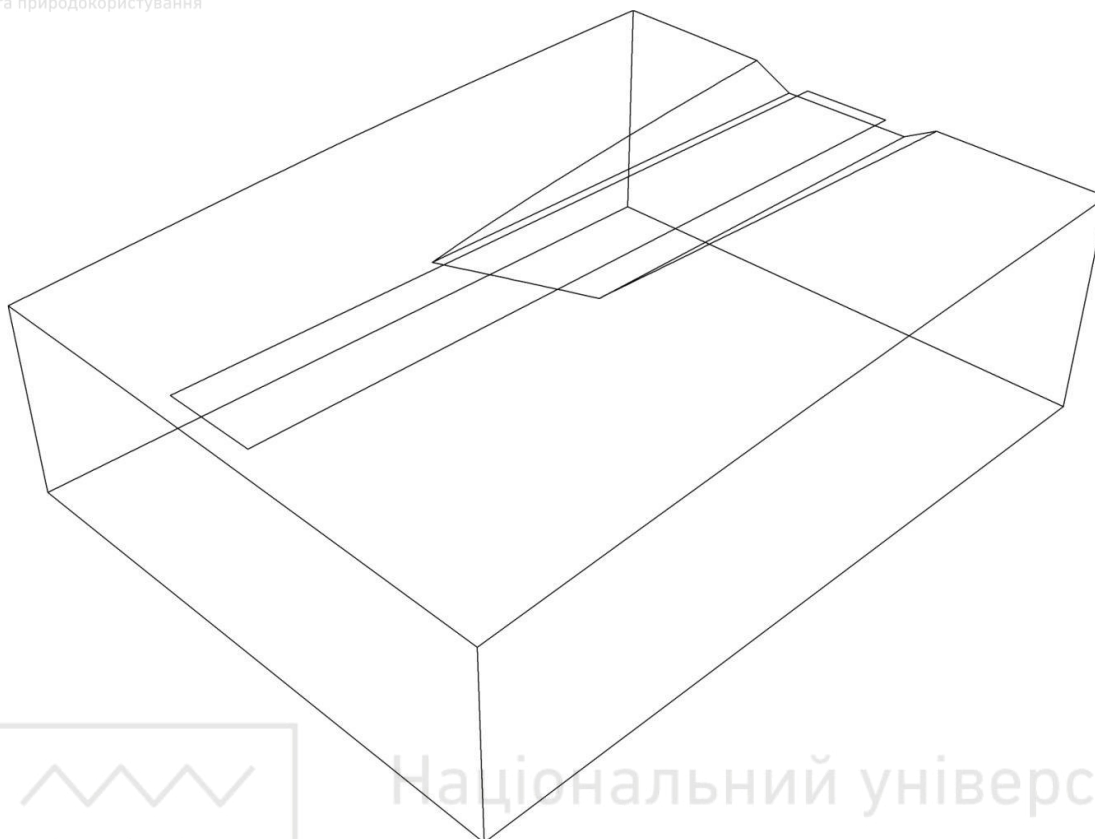


Рис. 2.102. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (4 етап)

Побудова укосів насипу.

Команда **ВЫДАВИТЬ** (`_extrude`):

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Вибираємо перший побудований 3D прямокутник.

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Enter.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <5.0000>: У

Вибираємо пункт «Угол конусности».

ВЫДАВИТЬ Угол конусности для выдавливания или [Выражение] <297>: В

Вибираємо пункт «Выражение».

ВЫДАВИТЬ Введите выражение: `-atan(2)`

Enter.

Вводим формулу для визначення кута укосу виїмки **-atan(2)**.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <5.0000>: -5

Enter.

Вводим высоту выдавливания **-5**.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.103.

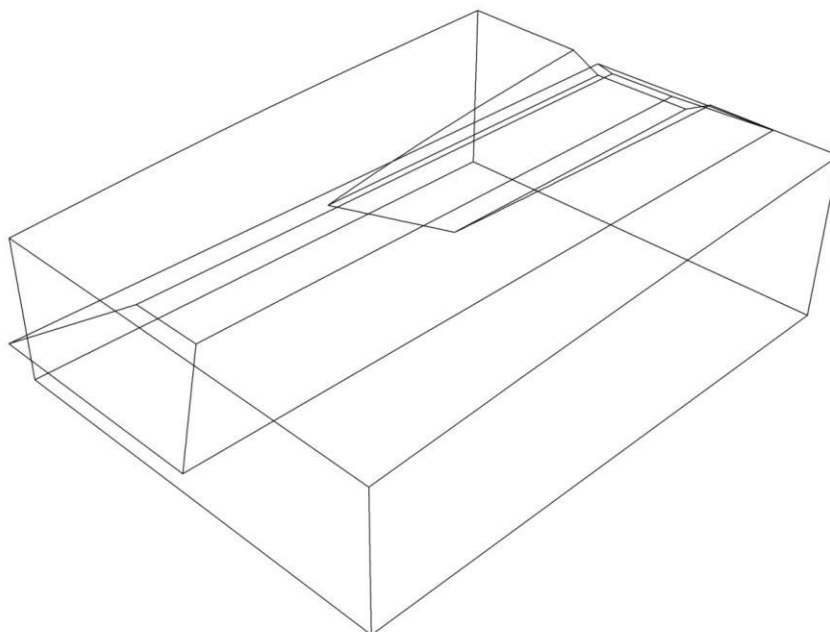


Рис. 2.103. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (5 етап)

Команда **ОБЪЕДИНЕНИЕ** (_union):

ОБЪЕДИНЕНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо топографічну поверхню землі.

ОБЪЕДИНЕНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо призму з укосами насипу.

Закінчуємо операцію командою **Enter**.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.104.

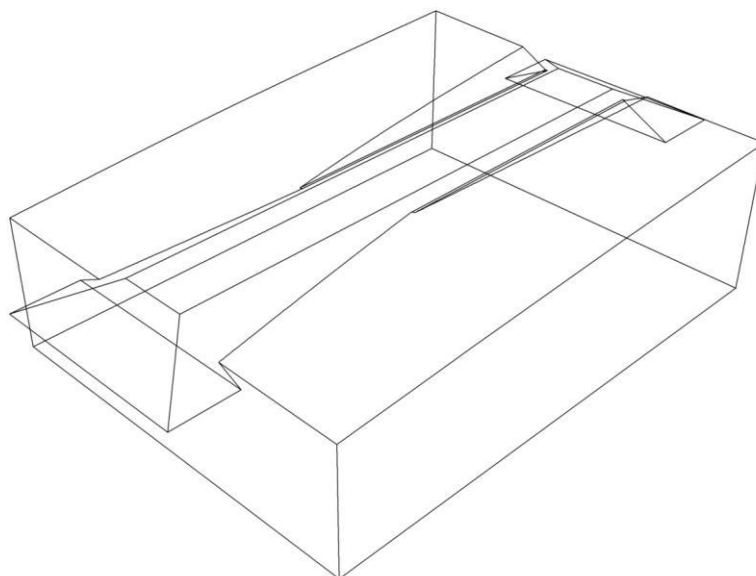


Рис. 2.104. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (6 етап)

Команда **РАЗРЕЗ** (_slice):

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания: найдено:

Вибираємо побудоване тіло землі.

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания:

Enter.

РАЗРЕЗ Начальная точка режущей плоскости или [плоский

Объект/Поверхность/Зось/Вид/XY/YZ/ZX/3точки] <3точки>:

Вибираємо 3 точки на грані (т. 1, т. 2, т. 3, рис. 2.105).

РАЗРЕЗ Выберите срезаемый объект для сохранения или [сохранить Обе стороны] <Обе>:

Вибираємо будь-яку точку (т. 4, рис. 2.105) в межах поверхні тіла землі.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.105, 2.106.

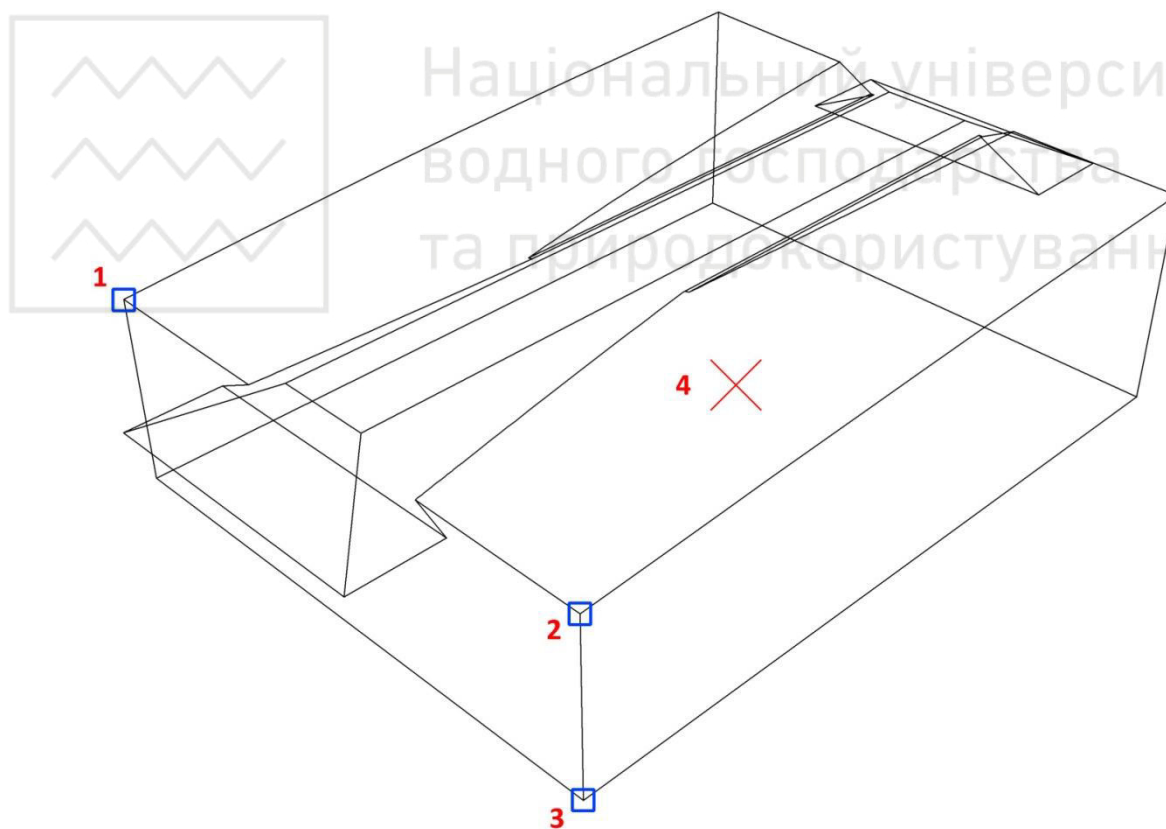


Рис. 2.105. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (7 етап)

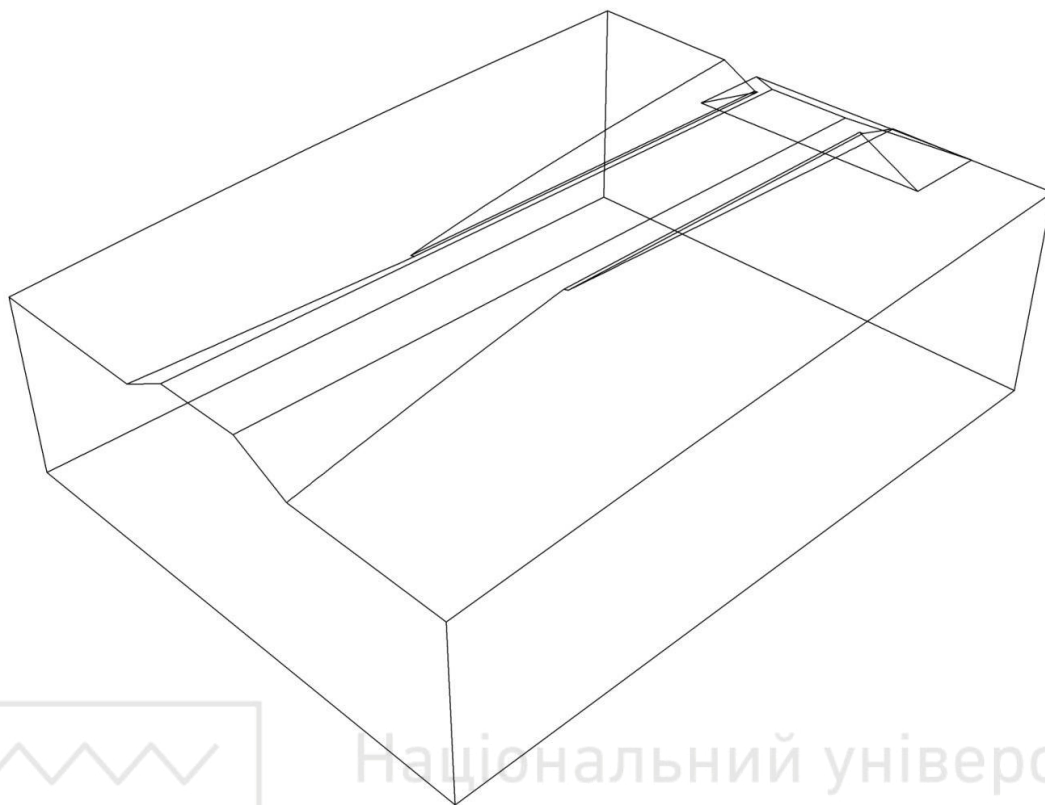


Рис. 2.106. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (8 етап)

Вибираємо південно-східний вид **ЮВ** **ізометрія** для відсікання призми насипу від тіла землі з іншої сторони.

Команда **РАЗРЕЗ** (`_slice`):

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания: найдено:

Вибираємо побудоване тіло землі.

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания:

Enter.

РАЗРЕЗ Начальная точка режущей плоскости или [плоский

Объект/Поверхность/Зось/Вид/XY/YZ/ZX/3точки] <3точки>:

Вибираємо 3 точки на грані (т. 1, т. 2, т. 3, рис. 2.107).

РАЗРЕЗ Выберите срезаемый объект для сохранения или [сохранить Обе стороны] <Обе>:

Вибираємо будь-яку точку (т. 4, рис. 2.107) в межах поверхні тіла землі.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.107, 2.108.

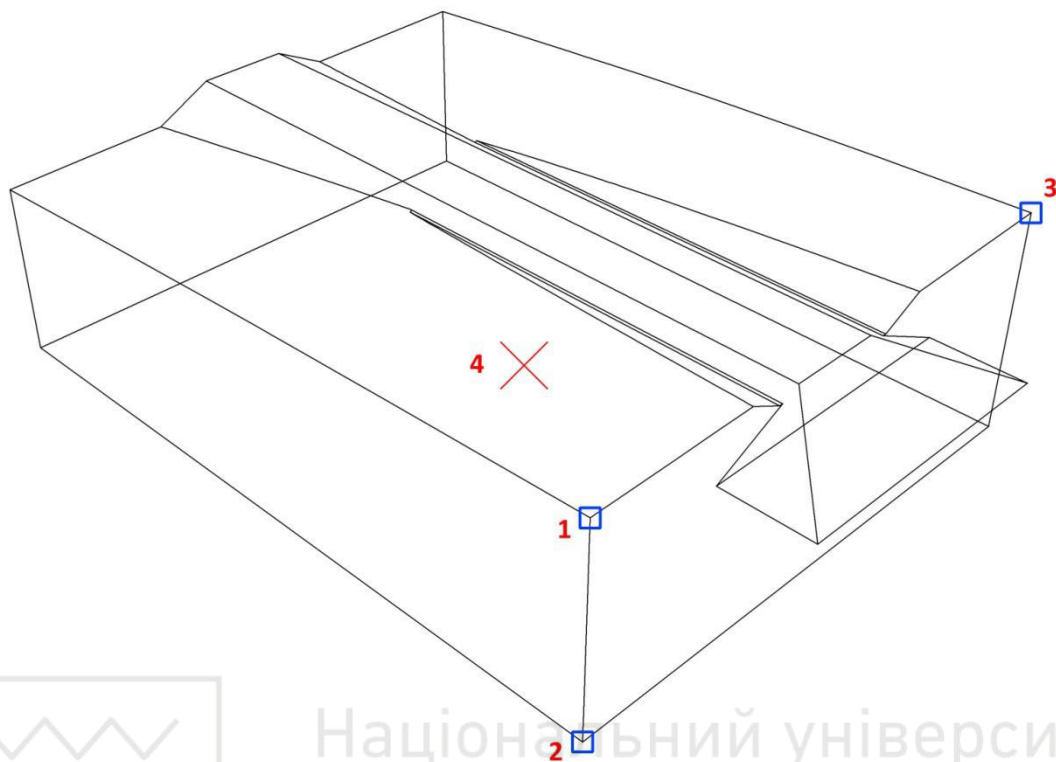


Рис. 2.107. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (9 етап)

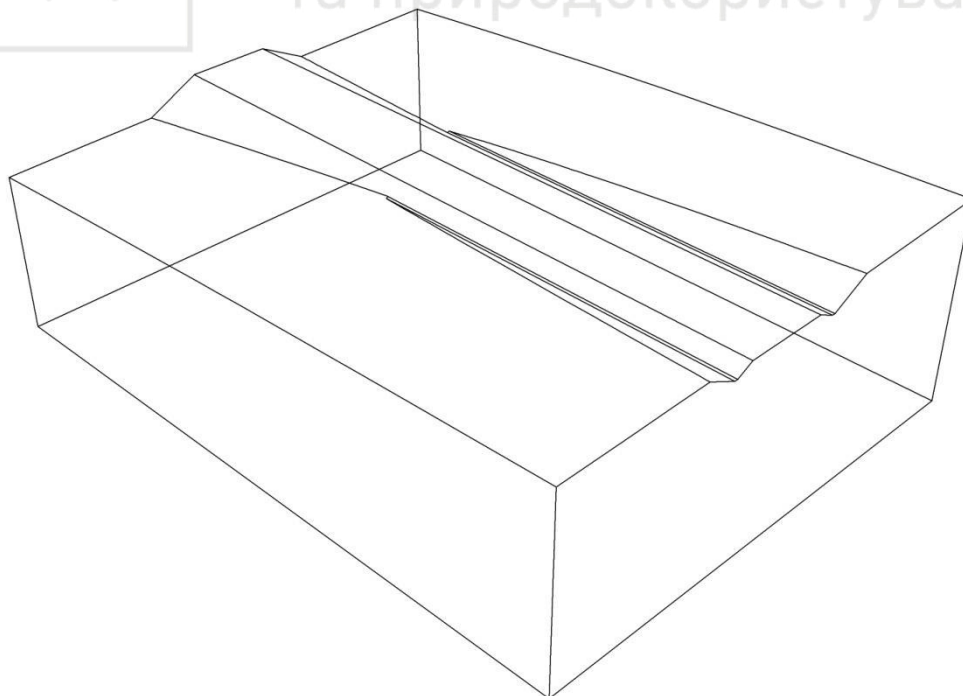


Рис. 2.108. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (10 етап)

Вибираємо південно-західний вид **ЮЗ** **изометрия** (рис. 2.109).

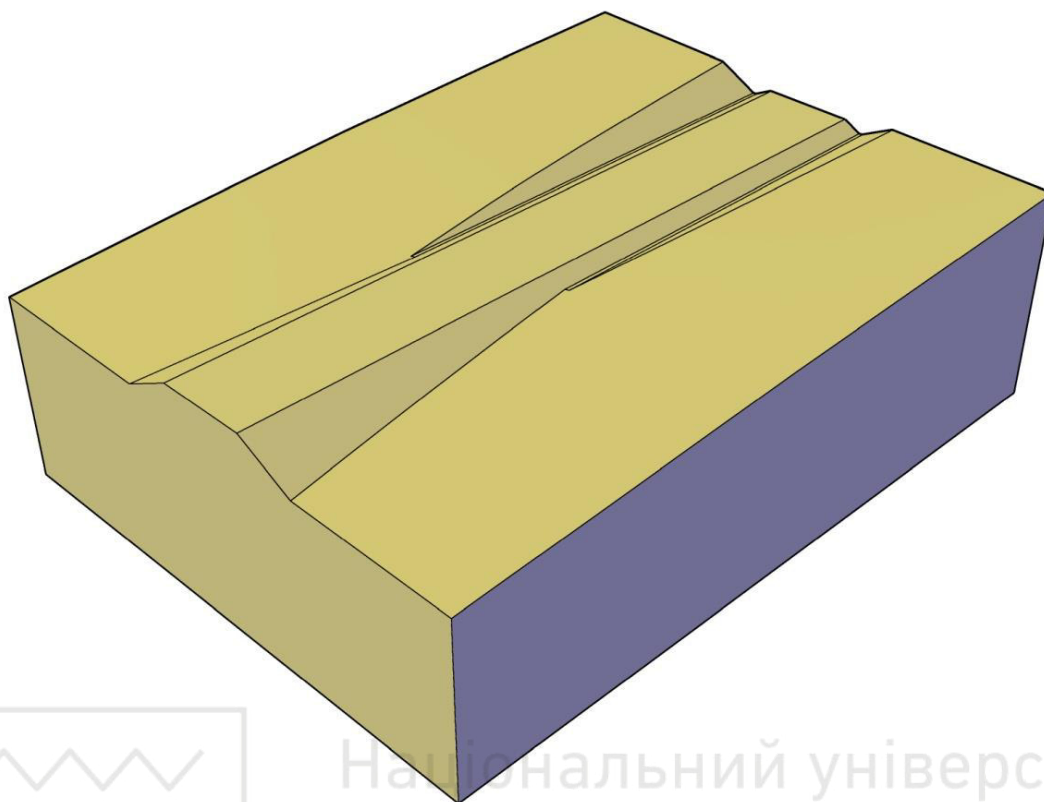


Рис. 2.109. Побудова укосів насипу і виїмки дороги (11 етап)



Приклад 3. Побудувати з'єднання каналу молодшого порядку з магістральним каналом. Ухили каналів становлять $i = 0,005$, укоси – 1:2 (рис. 2.110).

Виконання даного завдання поділяється на такі етапи:

1. Побудова топографічної сітки поверхні.

Перед побудовою багатокутної сітки на заданій топографічній поверхні наносимо вершини сітки, осі та контури дна каналів і визначаємо їх координати:

Сплайн № 1: (100,140,22.31); (100,110,22); (100,140,22.31).

Сплайн № 2: (120,100,22.18); (120,110,22.1); (120,140,22.25).

Сплайн № 3: (140,100,22.24); (140,110,22.2); (140,140,22.32).

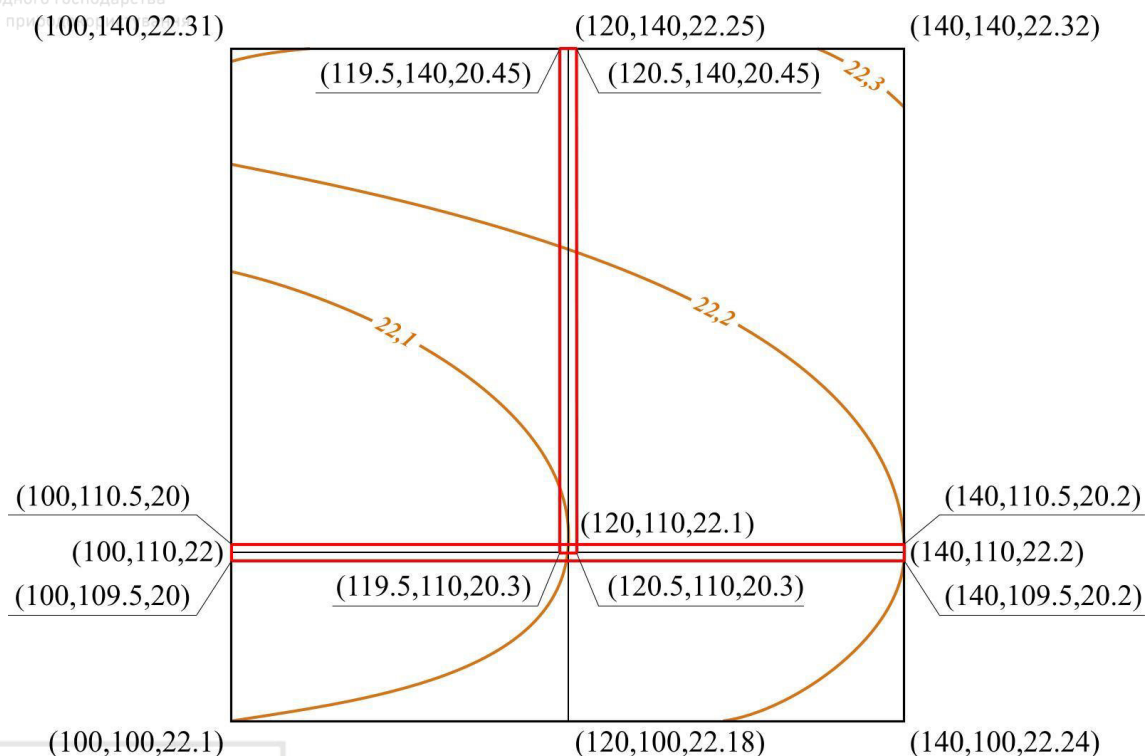


Рис. 2.110. Задана ділянка топографічної (земної) поверхні з осями, контурами дна каналів та нанесеною сіткою

Будуємо сплайн № 1.

Команда **САПЛАЙН** (`_spline`):

САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 100,100,22.1

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 100,110,22

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 100,140,22.31

Enter.

Будуємо сплайн № 2.

Команда **САПЛАЙН** (`_spline`):

САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 120,100,22.18

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 120,110,22.1

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 120,140,22.25

Enter.

Будуємо сплайн № 3.

Команда **САПЛАЙН** (`_spline`):

САПЛАЙН Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]: 140,100,22.24

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 140,110,22.2

САПЛАЙН Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]: 140,140,22.32

Enter.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.111.

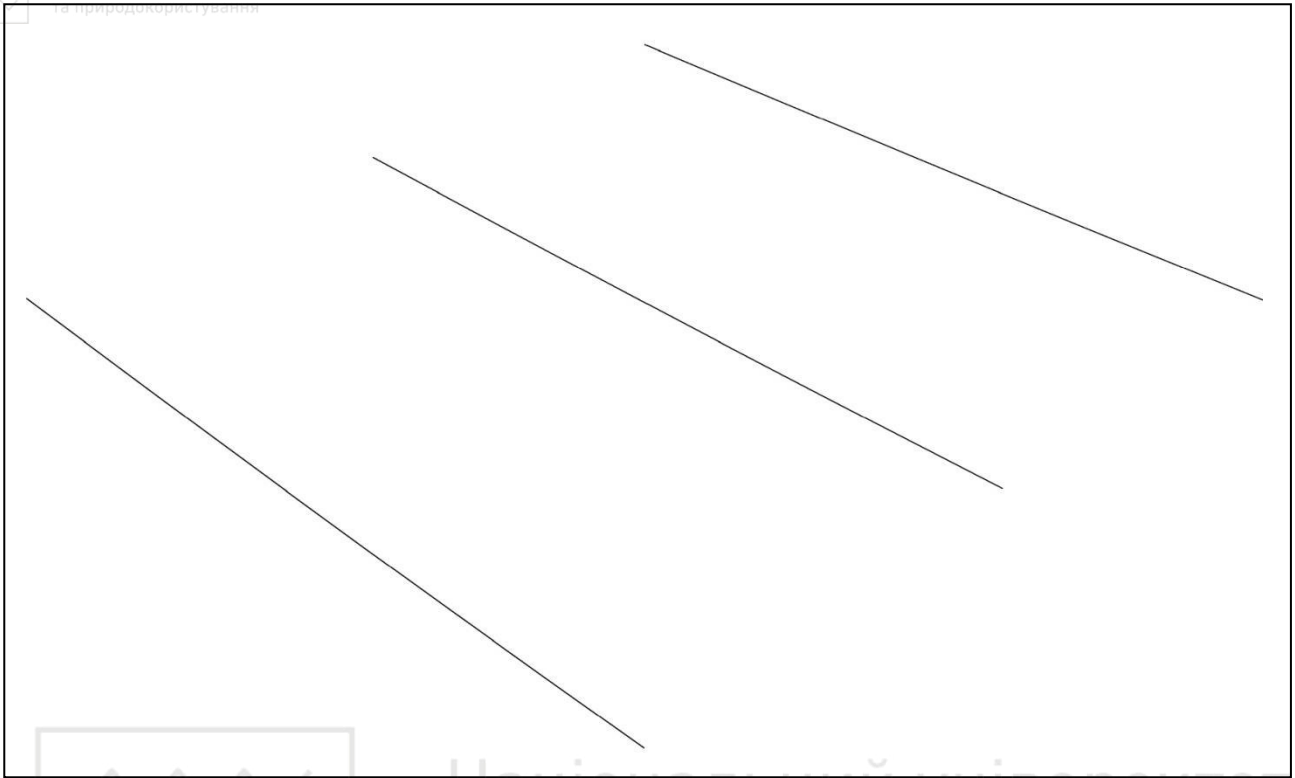


Рис. 2.111. Сітка топографічної поверхні

Будуємо поверхню командою лофт **ПОСЕЧЕНИЯМ** (`_loft`) шляхом завдання ряду поперечних перерізів (сплайнів).

Команда **ПОСЕЧЕНИЯМ** (`_loft`):

ПОСЕЧЕНИЯМ Выберите поперечные сечения в порядке, требуемом для лофтинга, или [Точка/Соединить несколько кромок/реЖим]:

Вибираємо сплай № 1, запит повторюється, далі вибираємо сплай № 2, сплай № 3. Вибравши всі сплайни, натискаємо

Enter.

ПОСЕЧЕНИЯМ Задайте параметр [Направляющие/Траектория/только поперечные Сечения/ПАраметры] <только поперечные Сечения>:

Enter.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.112.

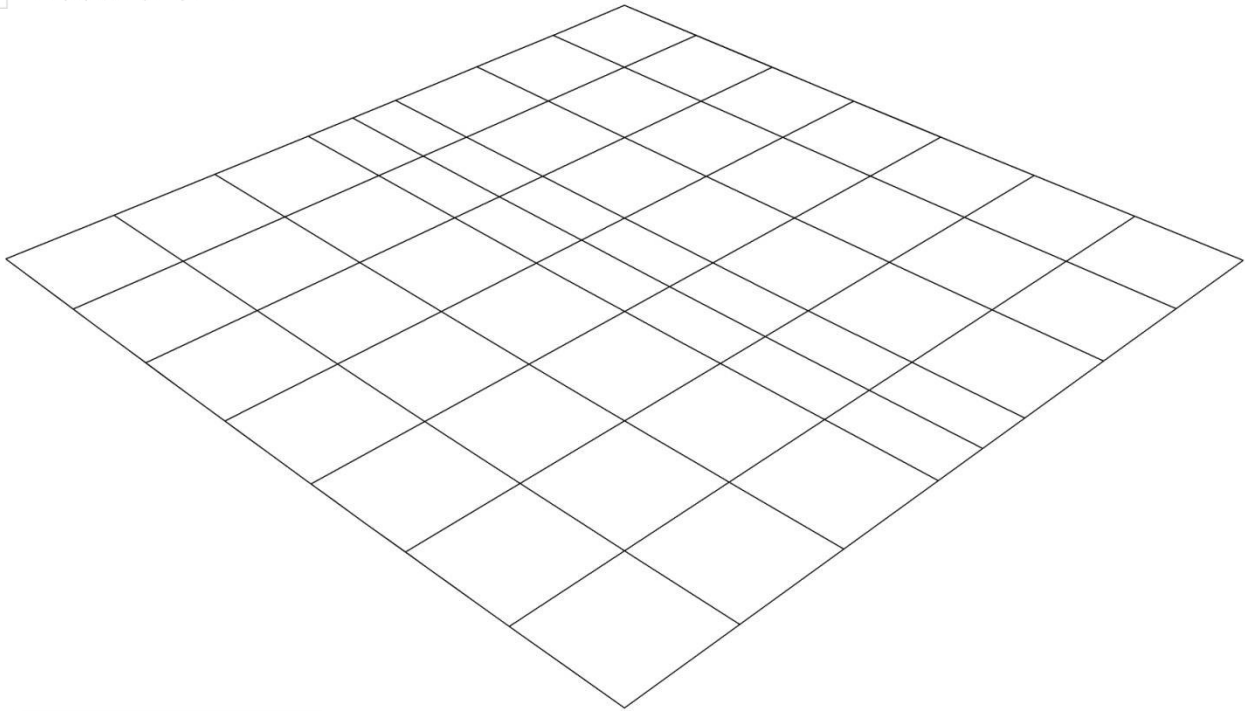


Рис. 2.112. Сітка топографічної поверхні

2. Побудова призми землі.

За допомогою отриманої сітки поверхні будуюмо топографічну земну поверхню (масив землі). Для цього використовуємо команду EXTRUDE (ВЫТЕСНЕНИЕ) і отримуємо відповідний масив землі, пропорційний сітці.

Попередньо будуюмо прямокутник, який є основою масиву землі і його величина пропорційна сітці поверхні А (100,100), В (140,100), С (140,140), D (100,140).

Команда **ПЛИНИЯ** (_pline):

ПЛИНИЯ Начальная точка: 100,100

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 140,100

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 140,140

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 100,140

ПЛИНИЯ Следующая точка или

[Дуга/Замкнуть/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина]: 3

Вибираємо пункт «**Замкнуть**».

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.113.

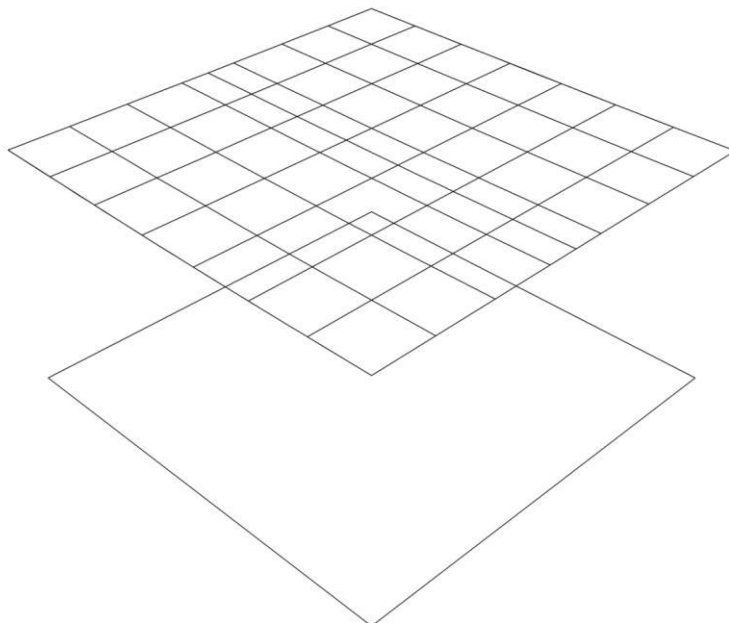


Рис. 2.113. Побудова призми землі (1 етап)

Команда **ВЫДАВИТЬ** (`_extrude`):

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Вибираємо заздалегідь побудований прямокутник.

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Enter.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <40.0000>: 40

Задаємо висоту видавлювання вищою від крайньої точки сітки поверхні.

Enter.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.114.

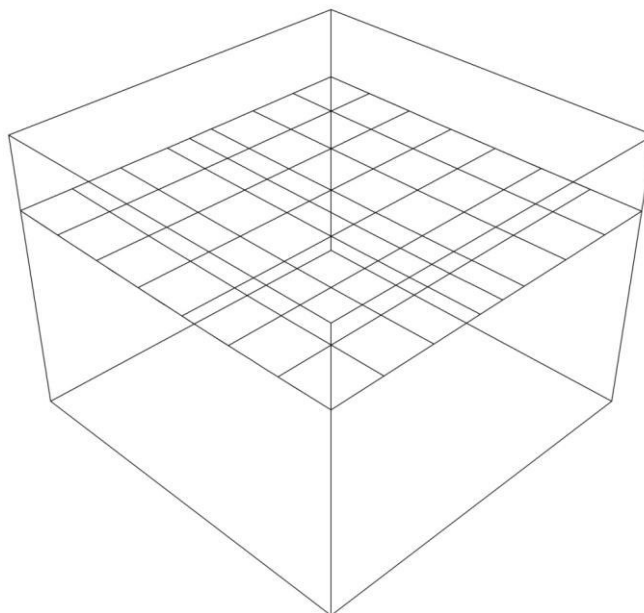


Рис. 2.114. Побудова призми землі (2 етап)



Командою **СЕЧЕНИЕ (РАЗРЕЗ, _slice)**, використовуючи сітку поверхні, розрізаємо створений 3D тверdotілий паралелепіпед і отримуємо масив землі з топографічною поверхнею (рис. 2.113).

Команда **РАЗРЕЗ (_slice)**:

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания: найдено: 1

Вибираємо побудований 3D тверdotілий паралелепіпед.

РАЗРЕЗ Выберите объекты для разрезания:

Enter

РАЗРЕЗ Начальная точка режущей плоскости или [плоский

Объект/Поверхность/Зось/Вид/XY/YZ/ZX/3точки] <3точки>: П

Вибираємо пункт «**Поверхность**».

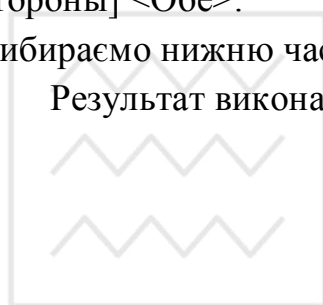
РАЗРЕЗ Выберите поверхность:

Вибираємо поверхню.

РАЗРЕЗ Выберите срезаемый объект для сохранения или [сохранить Обе стороны] <Обе>:

Вибираємо нижню частину побудованого паралелепіпеду.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.115.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

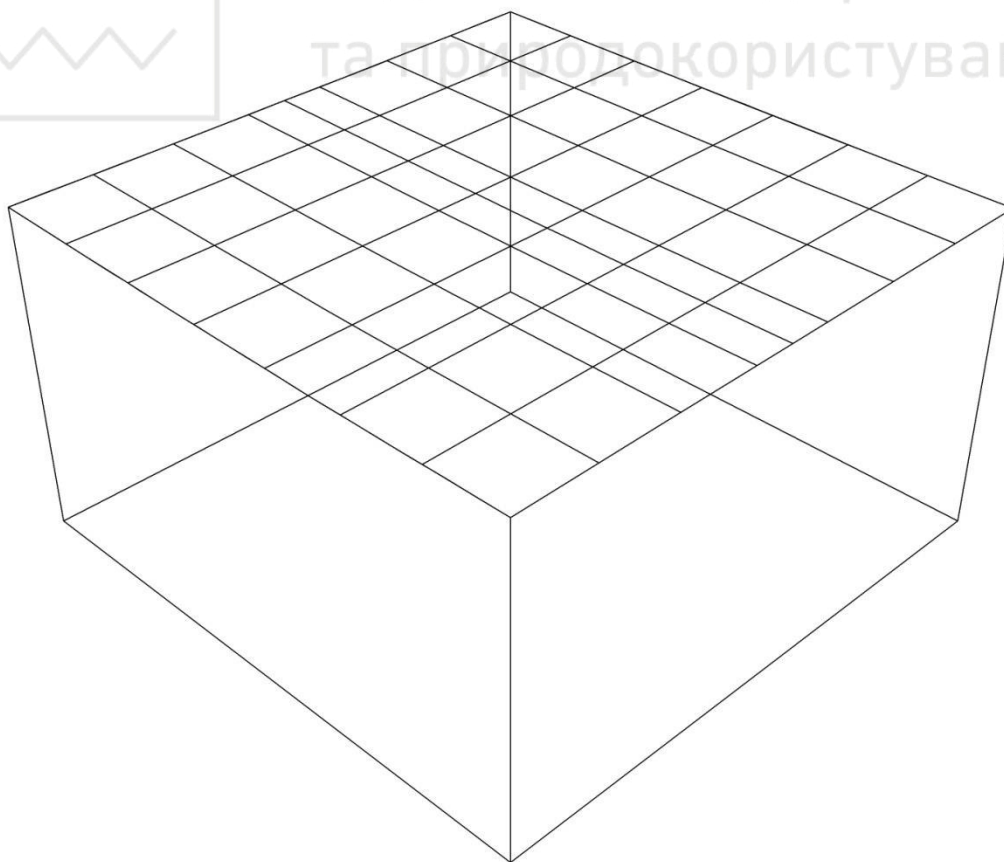


Рис. 2.115. Побудова призми землі (3 етап)



Побудовані сплайни та сітку поверхні можна видалити, щоб не заважали візуальному сприйняттю призми землі (рис. 2.116).

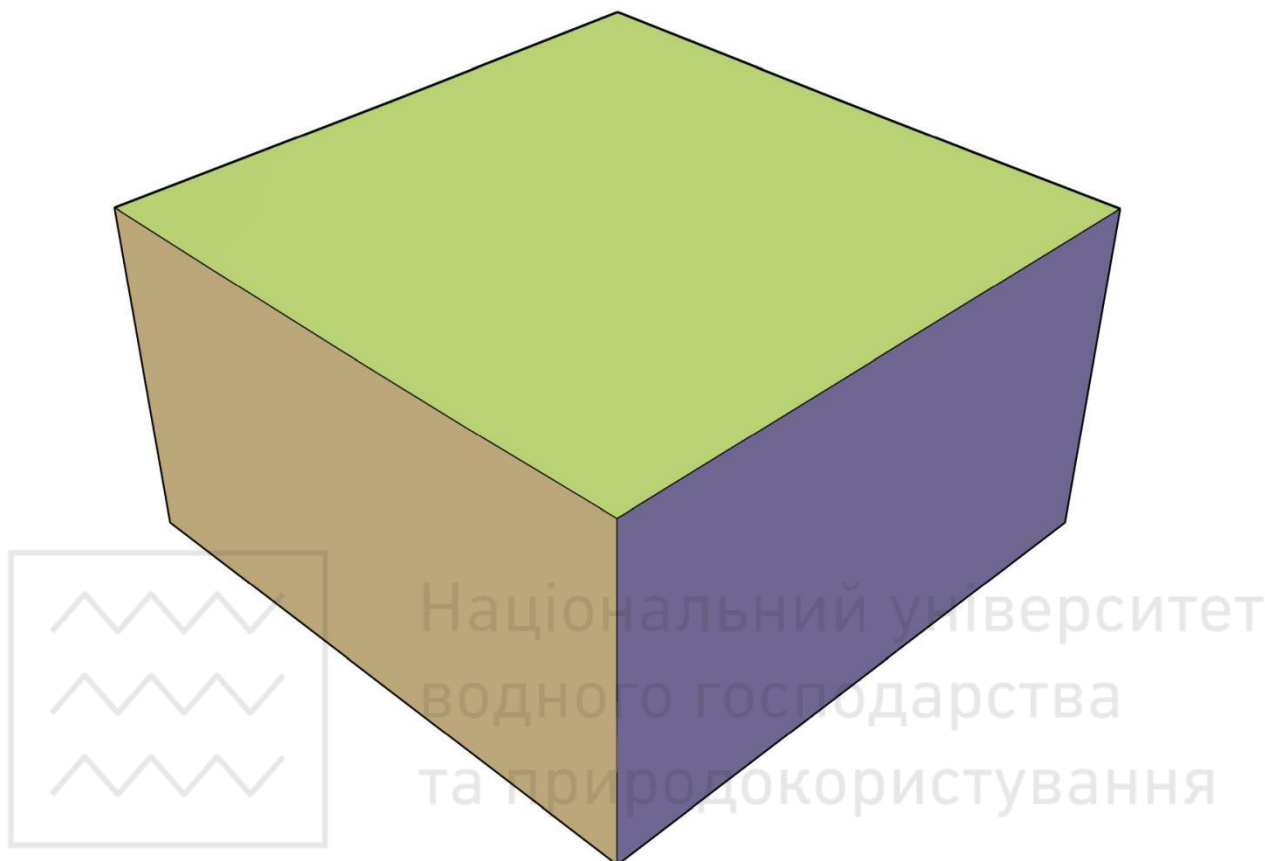


Рис. 2.116. Побудова призми землі (4 етап)

3. Побудова перетину укосів виїмки каналів з топографічною (земною) поверхнею.

На отриманій топографічній поверхні будуємо дно магістрального каналу, обмежене 3D полілінією ABCD. Командою EXTRUDE (ВЫТЕСНЕНИЕ) від дна каналу ABCD будуємо укоси виїмки з глибиною видавлювання +5, укоси становлять $i = 1:2$.

Вказуємо координати точок дна магістрального каналу A (100,109.5,20), B (140,109.5,20.2), C (140,110.5,20.2), D (100,110.5,20).

Команда **ЗДПЛИНИЯ** (_3dpoly):

ЗДПЛИНИЯ Начальная точка полилинии: 100,109.5,20

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 140,109.5,20.2

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 140,110.5,20.2

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]: 100,110.5,20

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]: 3

Вибираємо пункт «Замкнуть».

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.117.



Рис. 2.117. Побудова укосів виїмки каналів (1 етап)

Побудова укосів виїмки.

Команда **ВЫДАВИТЬ** (_extrude):

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Вибираємо побудований 3D прямокутник.

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Enter.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <5.0000>: У

Вибираємо пункт «Угол конусности».

ВЫДАВИТЬ Угол конусности для выдавливания или [Выражение] <297>: В

Вибираємо пункт «Выражение».

ВЫДАВИТЬ Введите выражение: -atan(2)

Enter.

Вводим формулу для визначення кута укосу виїмки **-atan(2)**.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <5.0000>: 5

Enter.

Вводимо висоту видавлювання **+5**.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.118.

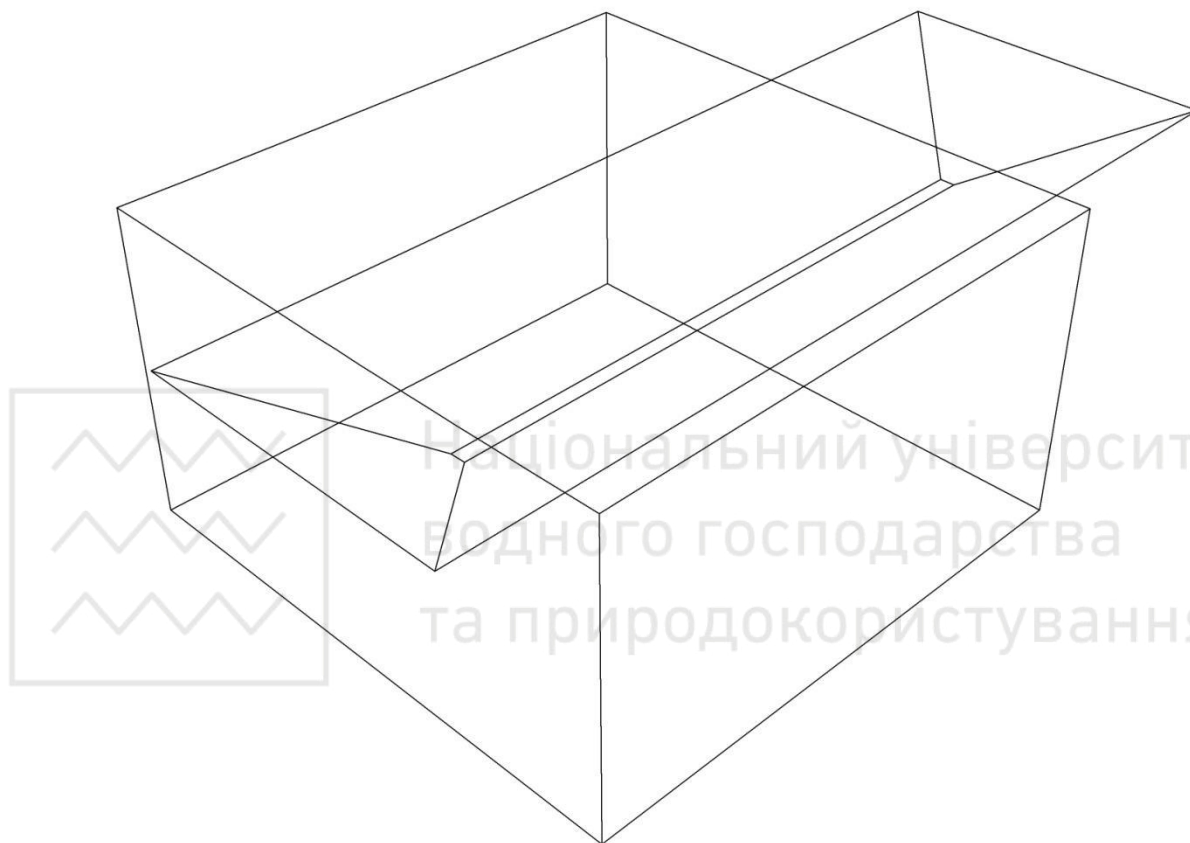


Рис. 2.118. Побудова укосів виїмки каналів (2 етап)

Команда **ВЫЧИТАНИЕ** (_subtract):

ВЫЧИТАНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо топографічну поверхню землі.

Enter.

ВЫЧИТАНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо призму з ухилами виїмки.

Закінчуємо операцію командою **Enter**.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.119.



Рис. 2.119. Побудова укосів виїмки каналів (3 етап)

Вказуємо координати точок дна бічного каналу А (120.5,110,20.3), В (120.5,140,20.45), С (119.5,140,20.45), D (119.5,110,20.3).

Команда **ЗДПЛИНИЯ** (`_3dpoly`):

ЗДПЛИНИЯ Начальная точка полилинии: 120.5,110,20.3

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 120.5,140,20.45

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка отрезка или [Отменить]: 119.5,140,20.45

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]:
119.5,110,20.3

ЗДПЛИНИЯ Конечная точка сегмента или [Замкнуть/Отменить]: 3

Вибираємо пункт «**Замкнуть**».

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.120.

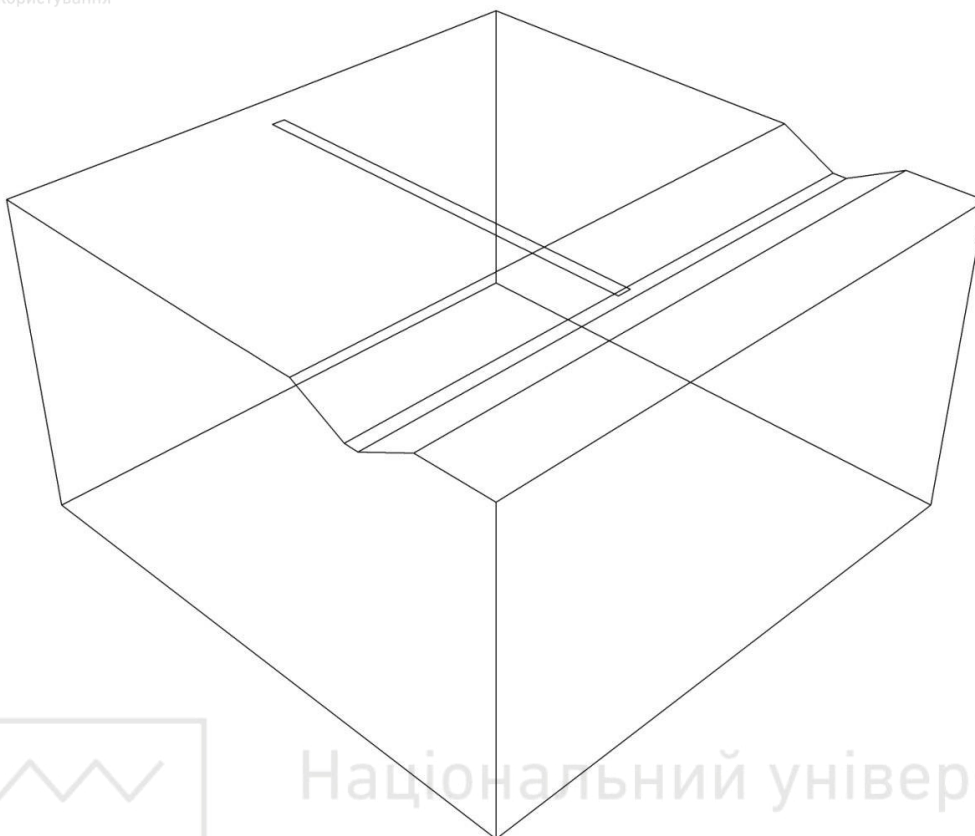


Рис. 2.120. Побудова укосів виїмки каналів (4 етап)

Побудова укосів виїмки.

Команда **ВЫДАВИТЬ** (_extrude):

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Вибираємо побудований 3D прямокутник.

ВЫДАВИТЬ Выберите объекты для выдавливания или [РЕжим]:

Enter.

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <5.0000>: У

Вибираємо пункт «**Угол конусности**».

ВЫДАВИТЬ Угол конусности для выдавливания или [Выражение] <297>: В

Вибираємо пункт «**Выражение**».

ВЫДАВИТЬ Введите выражение: $-\text{atan}(2)$

Enter.

Вводим формулу для визначення кута укосу виїмки **$-\text{atan}(2)$** .

ВЫДАВИТЬ Высота выдавливания или [Направление/Траектория/Угол конусности/Выражение] <5.0000>: 5

Enter.

Вводим высоту выдавливания **+5**.

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.121.

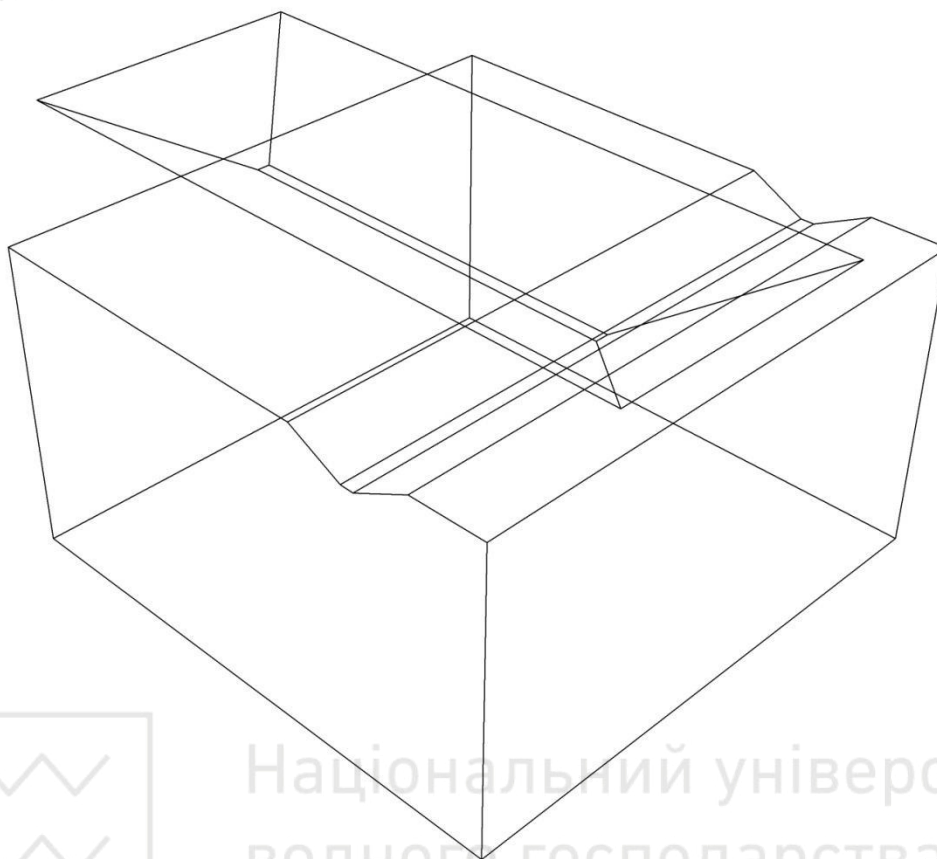


Рис. 2.121. Побудова укосів виїмки каналів (5 етап)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Команда **ВЫЧИТАНИЕ** (_subtract):

ВЫЧИТАНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо топографічну поверхню землі.

Enter .

ВЫЧИТАНИЕ Выберите объекты:

Вибираємо призму з ухілами виїмки.

Закінчуємо операцію командою **Enter** .

Результат виконання наведених команд відображено на рис. 2.122, 2.123.

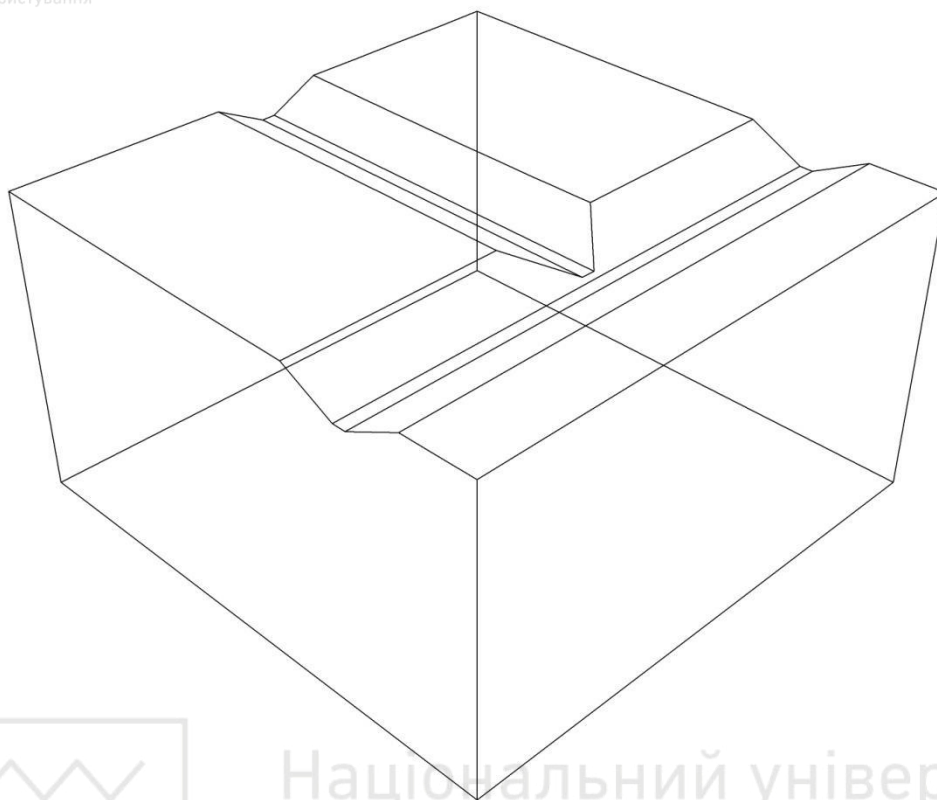


Рис. 2.122. Побудова укосів виїмки каналів (6 етап)

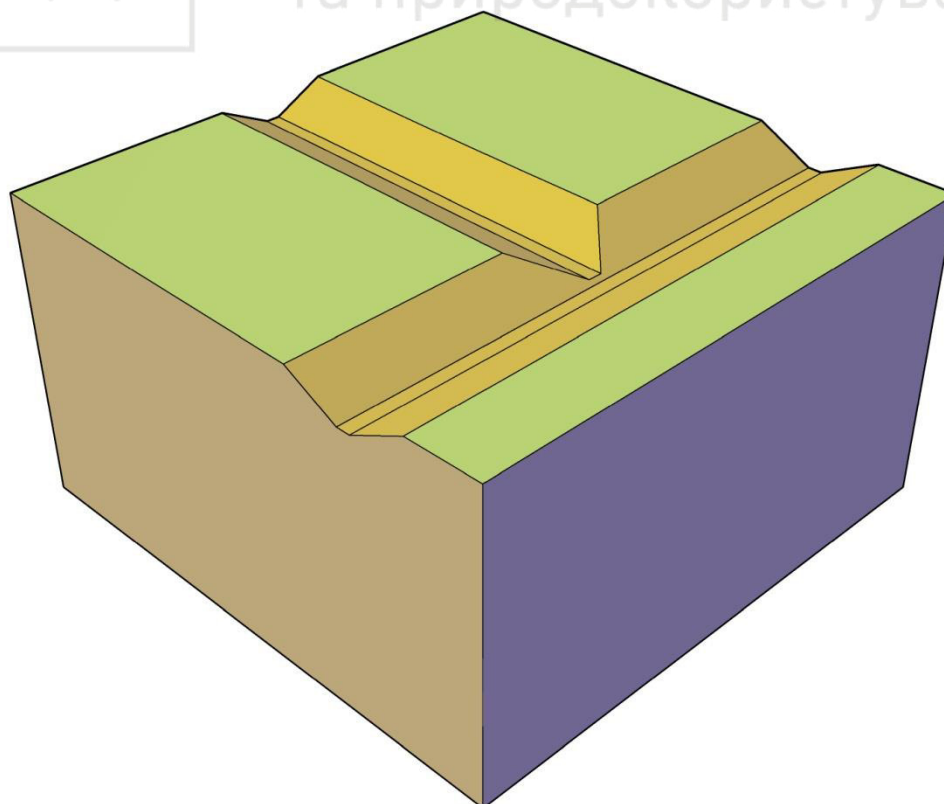


Рис. 2.123. Побудова укосів виїмки каналів (6 етап)



Питання для самоконтролю до розділу 2

1. Як створюють файл креслення?
2. Як встановлюють параметри сітки й дискретного кроку миші?
3. Для чого служить сторінка Create (створення)?
4. Яка процедура створення нового файлу та відкриття файлу?
5. Коли файлу присвоюють формат (розширення) dwg, dwt, dws?
6. Які способи задання координат точок існують у системі AutoCAD? Їхнє застосування.
7. Яким чином викликають команди в системі AutoCAD?
8. Яким чином використовують в системі AutoCAD параметри, розміщені в кутових дужках < >?
9. Які способи вибору опцій застосовують при виконанні команд?
10. Що таке графічні примітиви в системі AutoCAD?
11. Які лінії креслять за допомогою команди Polyline (полілінія)?
12. Які геометричні фігури можна будувати за допомогою команди Polygon (полігон)?
13. Як можна накреслити коло за трьома точками?
14. Які способи креслення кола і дуг ви знаєте?
15. Як виконують плавне сполучення із заданим радіусом двох ліній?
16. Як підрізати вершину двох ліній, що перетинаються, під прямим кутом за значенням катетів?
17. Які режими потрібно включити для побудови еліпса?
18. З якою метою використовують команду Spline (сплайн)?
19. Де знаходяться основні інструменти редагування об'єктів?
20. За допомогою якої команди можна перенести об'єкт в інше місце?
21. Яким чином віддзеркалити об'єкт відносно осі?
22. З якою метою використовують команду Array (масив)?
23. З якою метою і в яких випадках використовують об'єктну прив'язку?
24. Якою командою вводиться текст на поле креслення?
25. Чим відрізняється однорядковий текст від багаторядкового?
26. За допомогою якої команди відбувається штрихування?
26. Як накладати і редагувати штрихування?
27. Опишіть процедуру налаштування стилів розмірних елементів.
28. Як вибрати виносну лінію в якості базової?
29. Опишіть процедуру побудови розмірних «ланцюжків».
30. Яким чином вибирають графічний елемент «маркер центру кола»?
31. Чи дозволяють «ручки» редагувати зображення?
32. У чому полягає відмінність між вимкнутими і замороженими шарами



кресленника?

33. Що називається шаром і з якою метою використовуються шари у системі AutoCAD?
34. Чи можна видалити шар креслення з ім'ям «0»?
35. Яким чином відбувається завантаження типів ліній у системі AutoCAD?
36. Яким чином змінюють тип ліній на кресленнику?
37. Яким чином вводять тривимірні координати?
38. Чим відрізняється Світова система координат від системи координат користувача?
39. Як створюють тривимірні об'єкти?
40. Яким способом будують тривимірні тіла?
41. Які ви знаєте команди булевих (логічних) операцій?
42. З якою метою використовують команду Extrude (видавити)?
43. За допомогою якої команди можна будувати тіла обертання?
44. З якою метою використовують команду Sweep (зсув)?
45. З якою метою використовують команду Loft («за перерізами»)?
46. За допомогою якої команди відбувається перенесення та поворот об'єктів?
47. Яку команду застосовують для друку креслеників?
48. Для яких потреб створюють плоскі види?
49. За допомогою яких команд виконують побудову плоских видів?
50. З якою метою створюють плаваючі видові екрани?
51. Яким чином створюють види ортогональних проєкцій тривимірної моделі?
52. Яким чином будується наочне зображення тривимірної моделі?
53. Які способи виділення об'єктів ви знаєте? З якою метою це робиться?
54. За допомогою яких команд виконують переміщення, стирання, копіювання об'єктів?
55. Які лінії використовують для розмітки кресленника?
56. Яким чином видаляють із зображення зайві об'єкти?
57. Що таке модель? В чому суть процесу моделювання?
58. Які команди застосовують для моделювання топографічної (земної) поверхні?



Розділ 3. Задачі для самостійного розв'язування

3.1. Тема «Точка та пряма лінія»

Задача № 1. На плані зображено проекцію трикутника ABC, рис. 1. Побудувати прямокутну ізометрію трикутника ABC та визначити натуральну величину сторін трикутника, рис. 2.

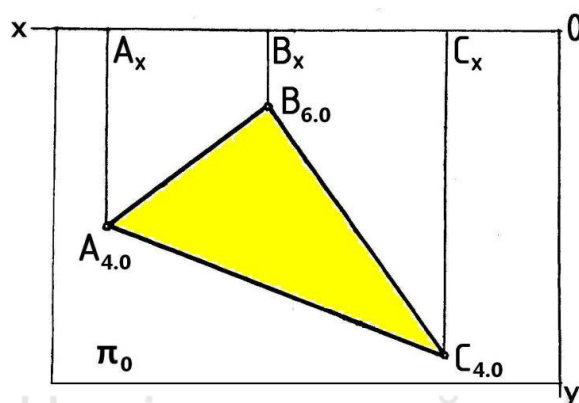


Рис. 1

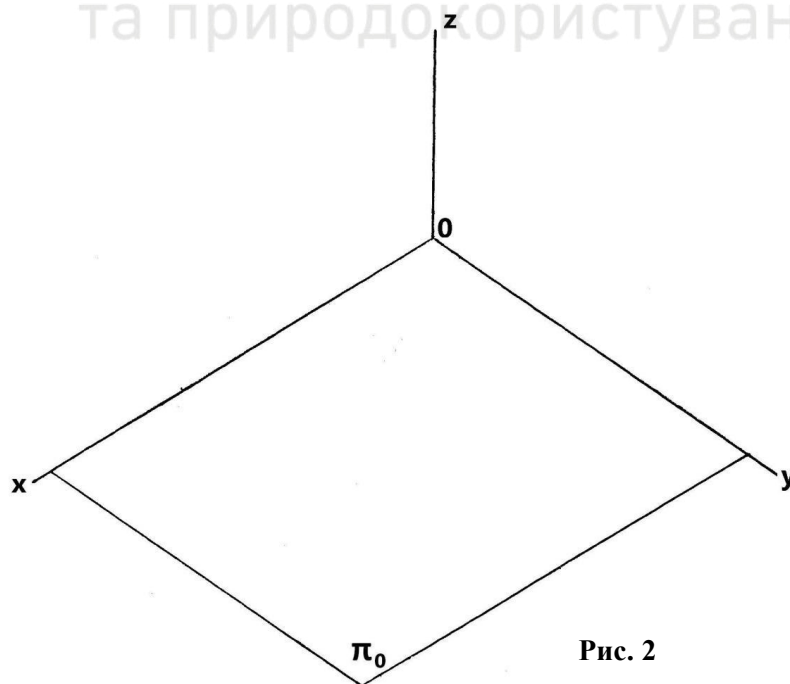
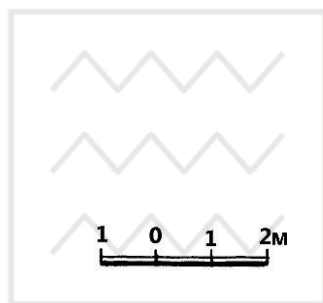
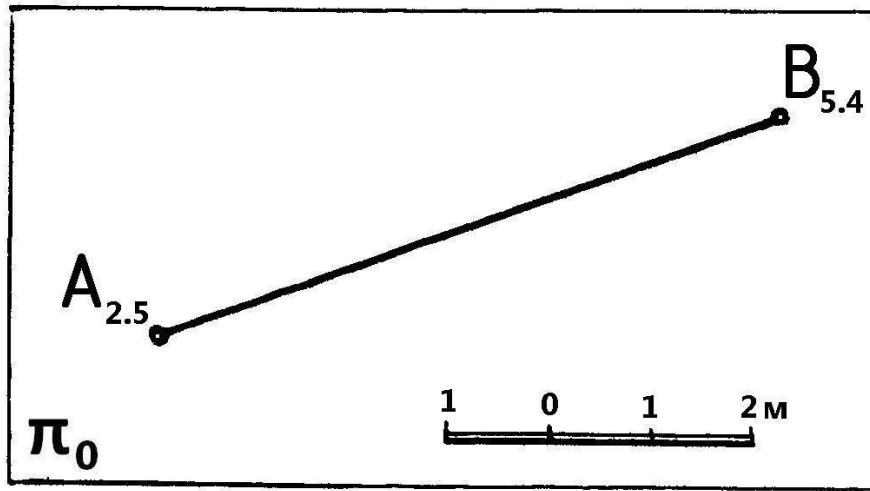


Рис. 2

Задача № 2. Визначити підйом h , закладання L , інтервал I та натуральну величину відрізка AB прямої. Визначити кут нахилу α та нахил i прямої AB до площини π_0 , рис. 3. Для розв'язування скористатися рис. 4.



$h =$ _____

$L =$ _____

$l =$ _____

Н.В. АВ = _____

$\alpha =$ _____

$i =$ _____

Рис. 3

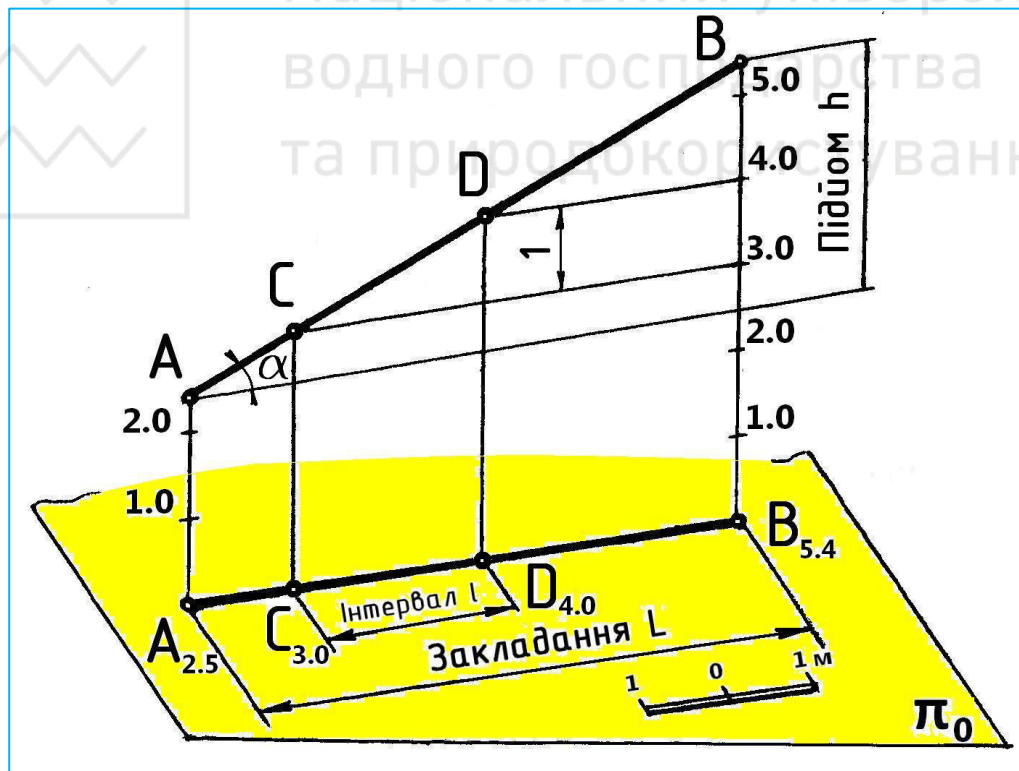
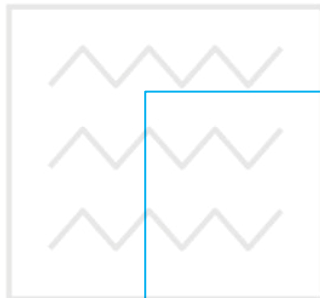


Рис. 4



Задача № 3. Через точку $A_{3.0}$ (рис. 5) і точку $A_{31.0}$ (рис. 6) провести горизонтальну проекцію прямої AB . Для розв'язування скористатися рис. 7.

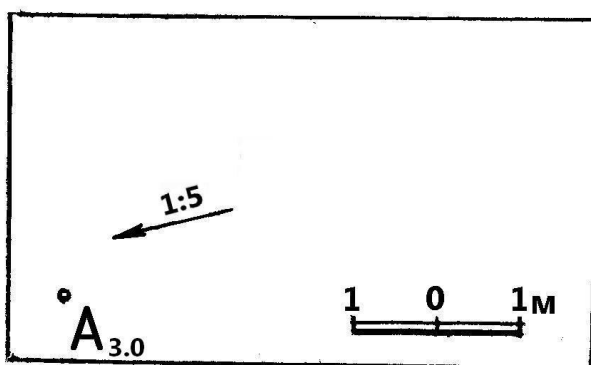


Рис. 5

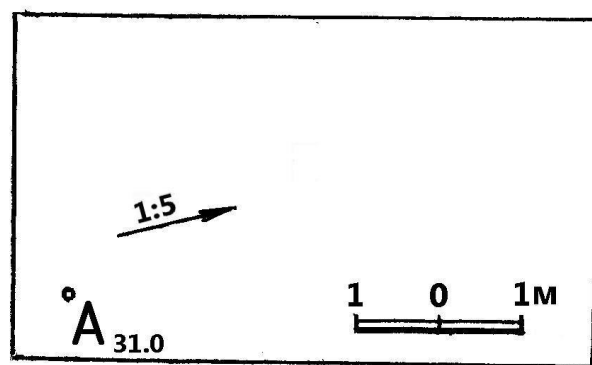


Рис. 6

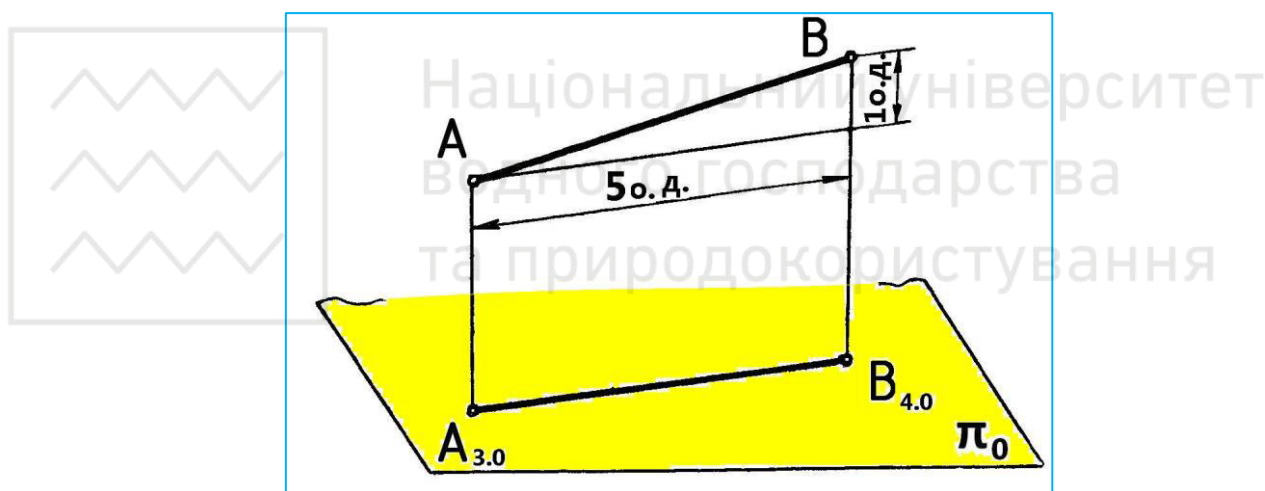


Рис. 7

Задача № 4. Проградуювати аналітичним способом відрізок прямої AB , рис.8. Для розв'язування скористатися рис. 4.

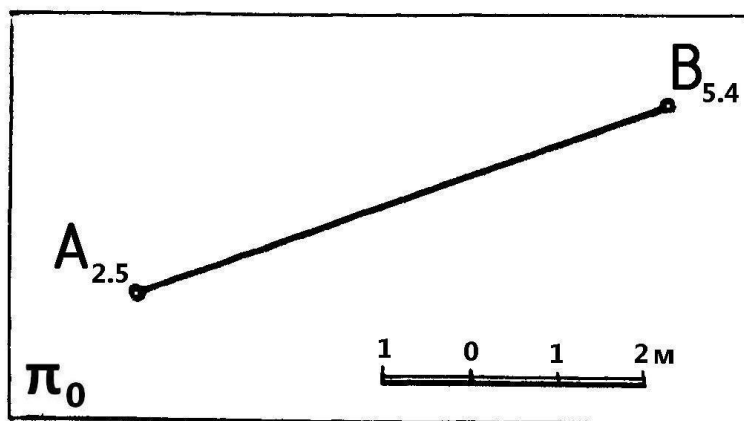


Рис. 8



Задача № 5. Проградуювати пряму аналітичним способом, рис. 9.

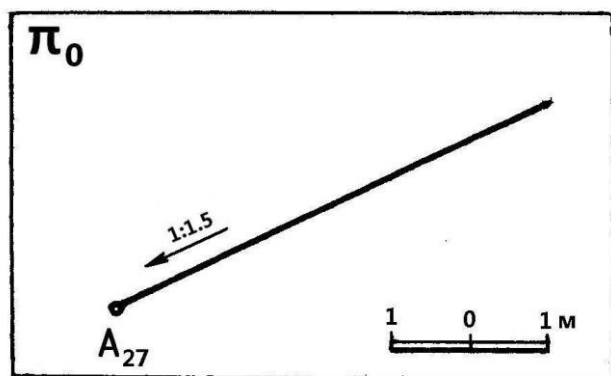


Рис. 9

Задача № 6. Проградуювати пряму аналітичним способом, рис. 10.

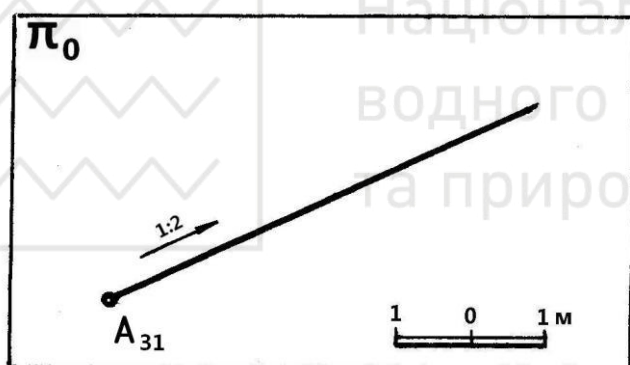


Рис. 10

Задача № 7. Визначити довжину АВ відгалуженого водопроводу, який ведеться з пункту А в напрямку до існуючої лінії CD, рис. 11.

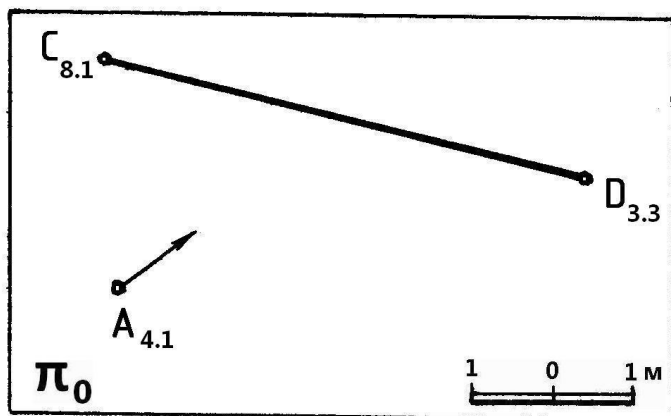
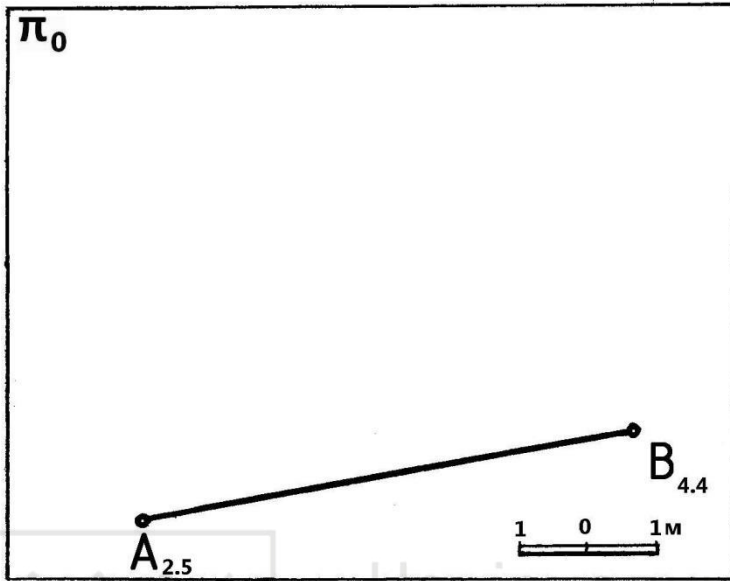


Рис. 11



Задача № 8. Проградувати відрізок АВ прямої способом профілю, визначити натуральну величину відрізка та кут нахилу α прямої до площини π_0 , рис. 12. Для розв'язування скористатися рис. 13.



Н.В. АВ = _____

Кут α = _____

Рис. 12

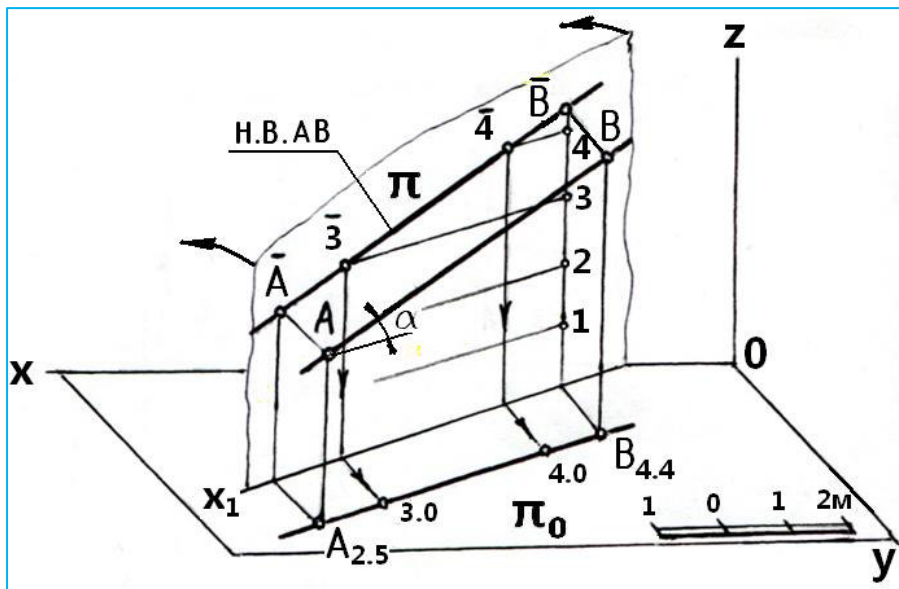
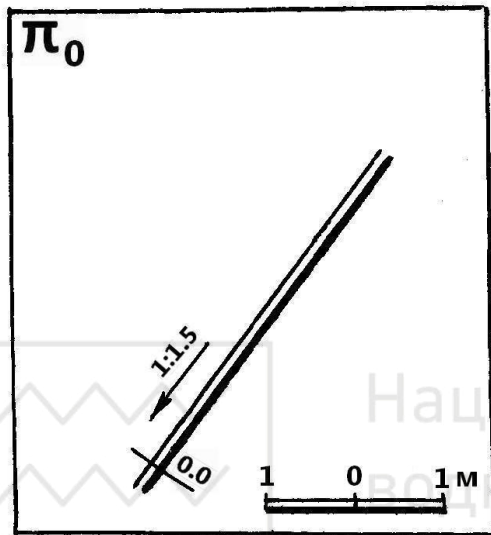


Рис. 13



3.2. Тема «Площина. Взаємний перетин площин, площини з прямою лінією»

Задача № 9. Проградуювати площину, задану масштабом уклону, рис. 14.
Визначити кут нахилу ν площини до площини π_0 та кут простягання φ
площини. Для розв'язування скористатися рис. 15.



Кут $\nu =$ _____

Кут простягання $\varphi =$ _____

Рис. 14

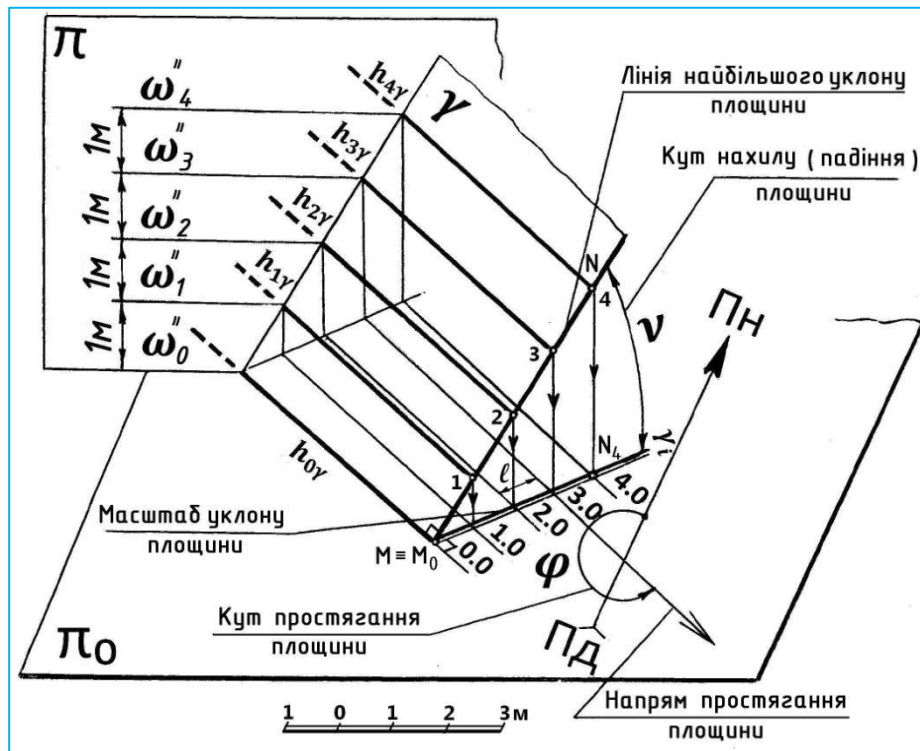
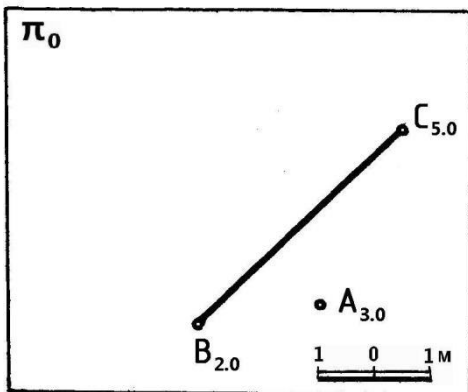


Рис. 15



Задача № 10. Побудувати масштаб уклону β_1 площини β , що задана прямою ВС та точкою А, рис. 16. Визначити кут нахилу ν площини β до площини π_0 та кут простягання φ площини β .



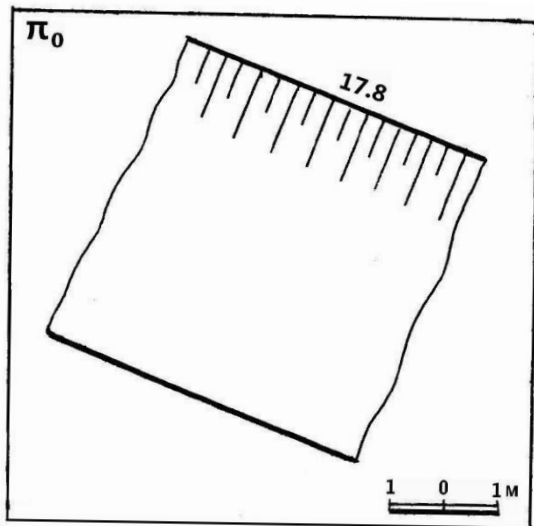
Кут нахилу $\nu =$ _____

Кут простягання $\varphi =$ _____

Рис. 16

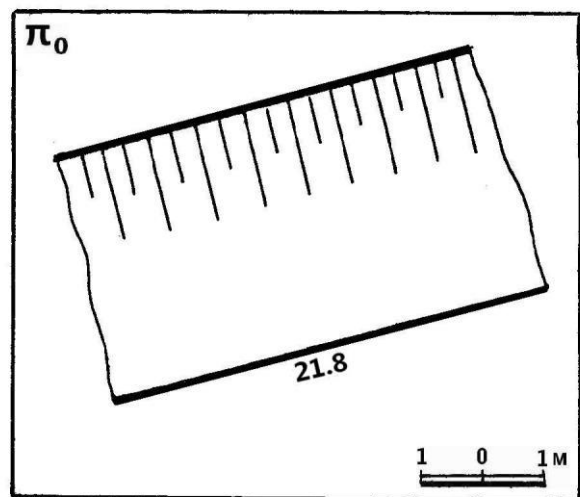
Задача № 11. Проградуювати площину земляного укосу (коефіцієнт укосу $m = 2.0$) та визначити числову позначку підосви укосу, рис. 17. Бровка та підосва укосу задані горизонтальними прямими.

Задача № 12. Проградуювати площину земляного укосу (коефіцієнт укосу $m = 1.5$) та визначити числову позначку бровки укосу, рис. 18. Бровка та підосва укосу задані горизонтальними прямими.



Числова позначка підосви _____

Рис. 17



Числова позначка бровки _____

Рис. 18



Задача № 13. Побудувати лінії перетину земляних укосів дамби з укосами дороги, рис. 19. Поверхня землі в зоні перетину укосів має числову позначку 22.0. Для розв'язування скористатися рис. 20.

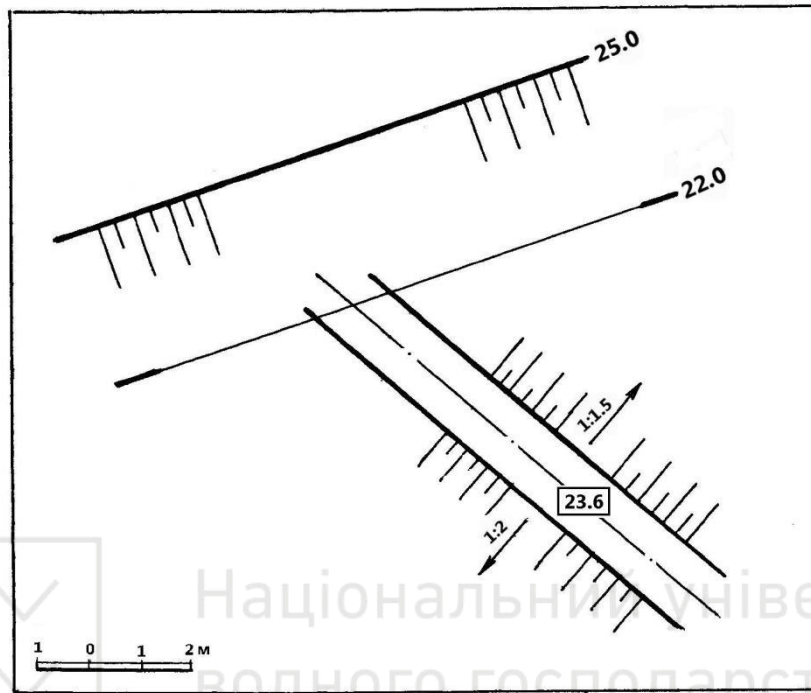


Рис. 19

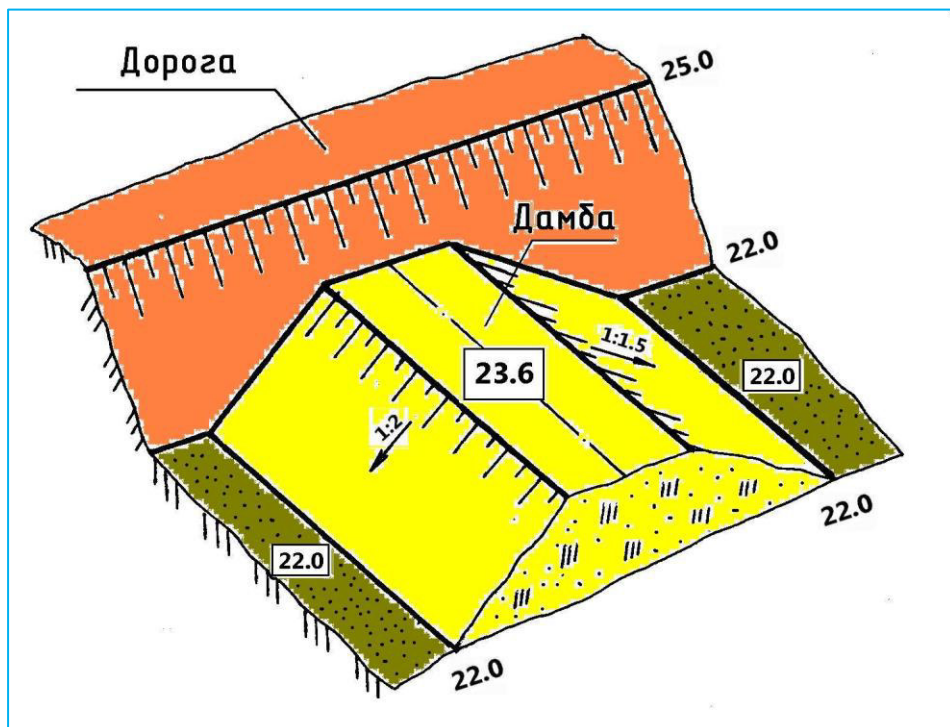


Рис. 20



Задача № 14. Побудувати лінії перетину земляних укосів магістрального каналу з укосами відвідного каналу, рис. 21. Поверхня землі в зоні перетину укосів має числову позначку 21.0. Для розв'язання скористатися рис. 22.

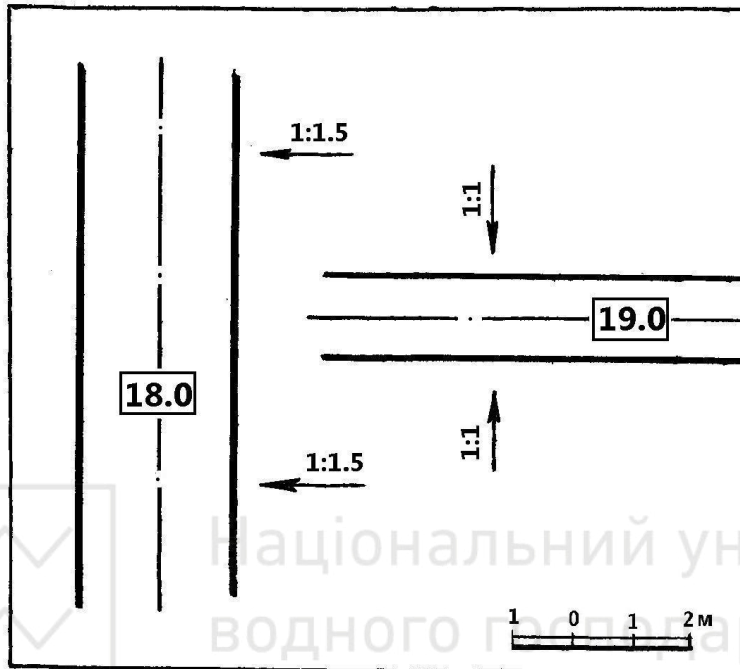


Рис. 21

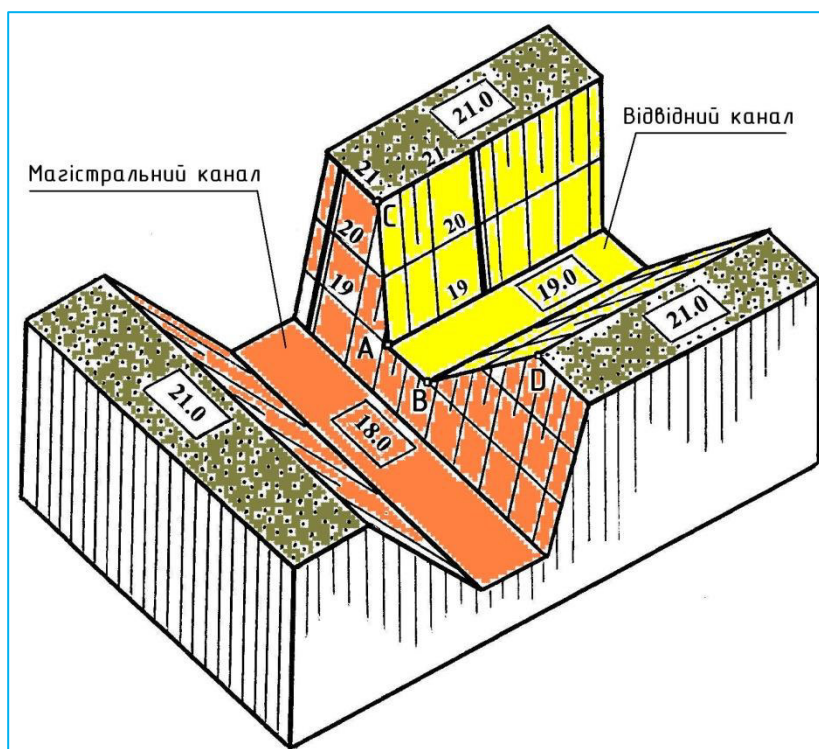


Рис. 22



Задача № 15. Проградувати земляні укоси **насипу**, що примикають до нахиленої ділянки дороги, рис. 23. Укоси мають уклон 1:1. Для розв'язування скористатися рис. 24.

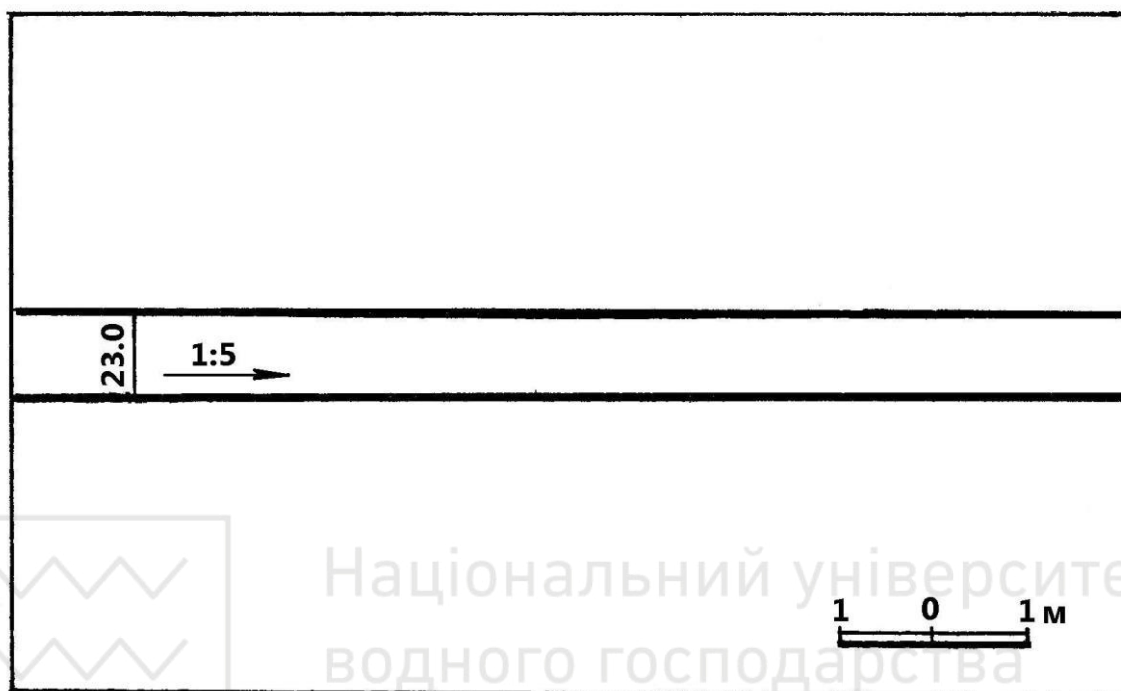


Рис. 23

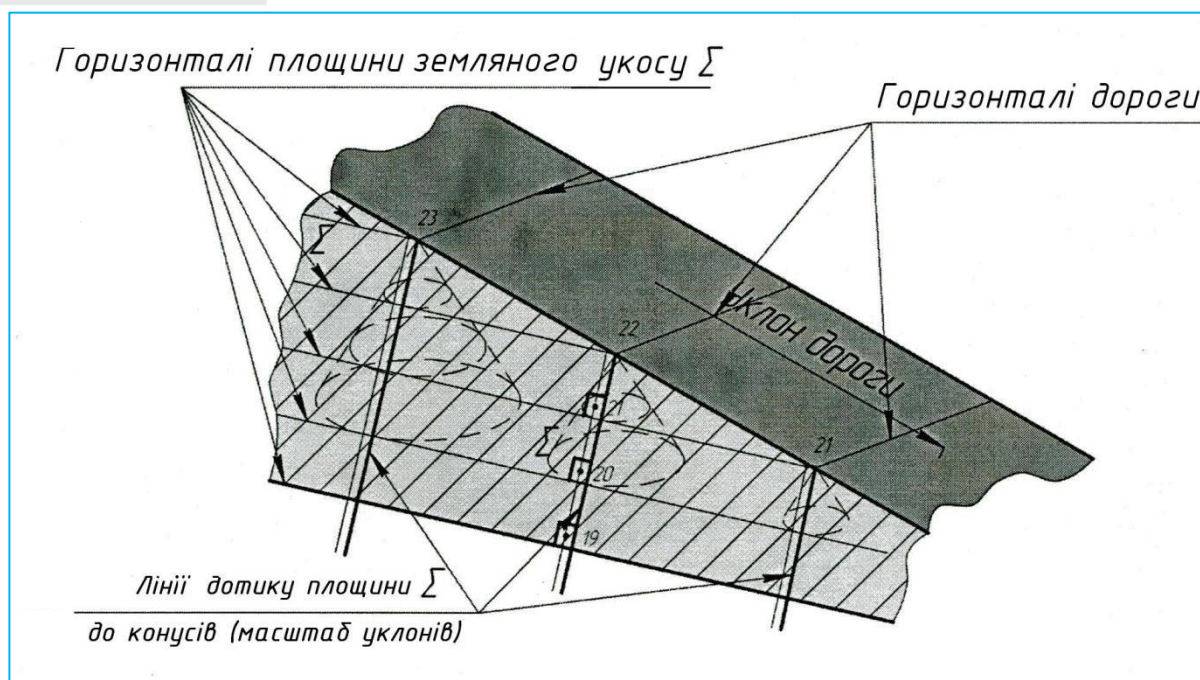


Рис. 24



Задача № 16. Проградувати земляні укоси **виїмки**, що примикають до нахиленої ділянки дороги, рис. 25. Укоси мають уклон 1:1. Для розв'язування скористатися рис. 26.

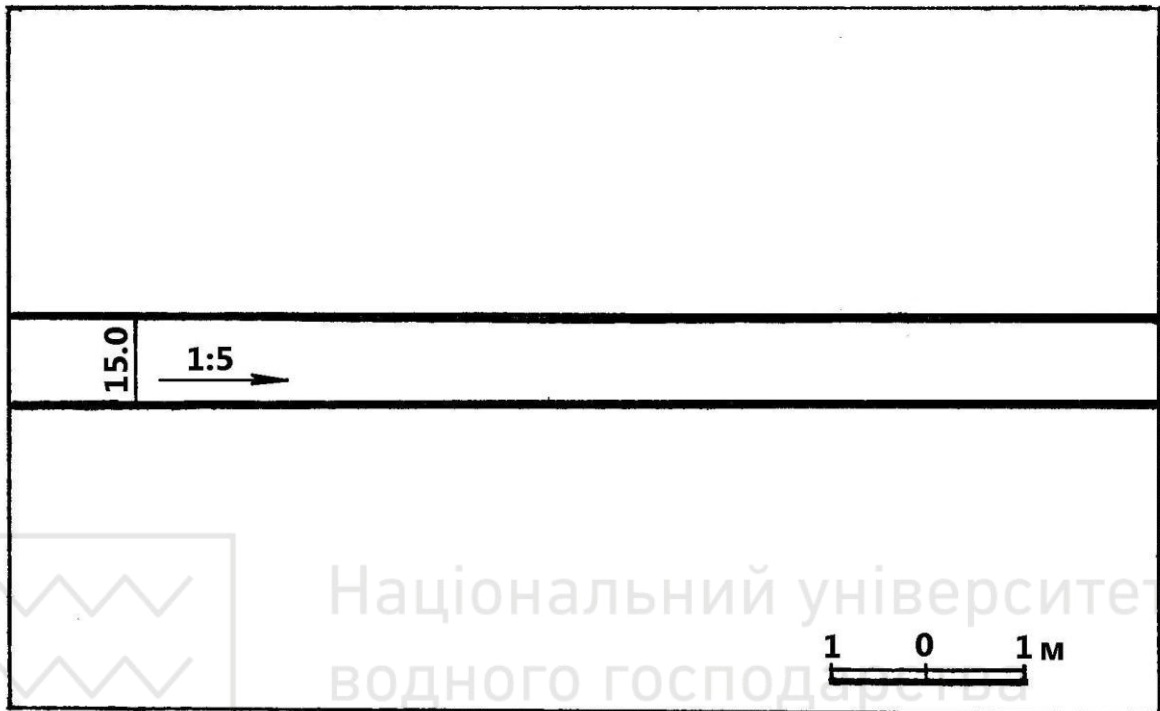


Рис. 25

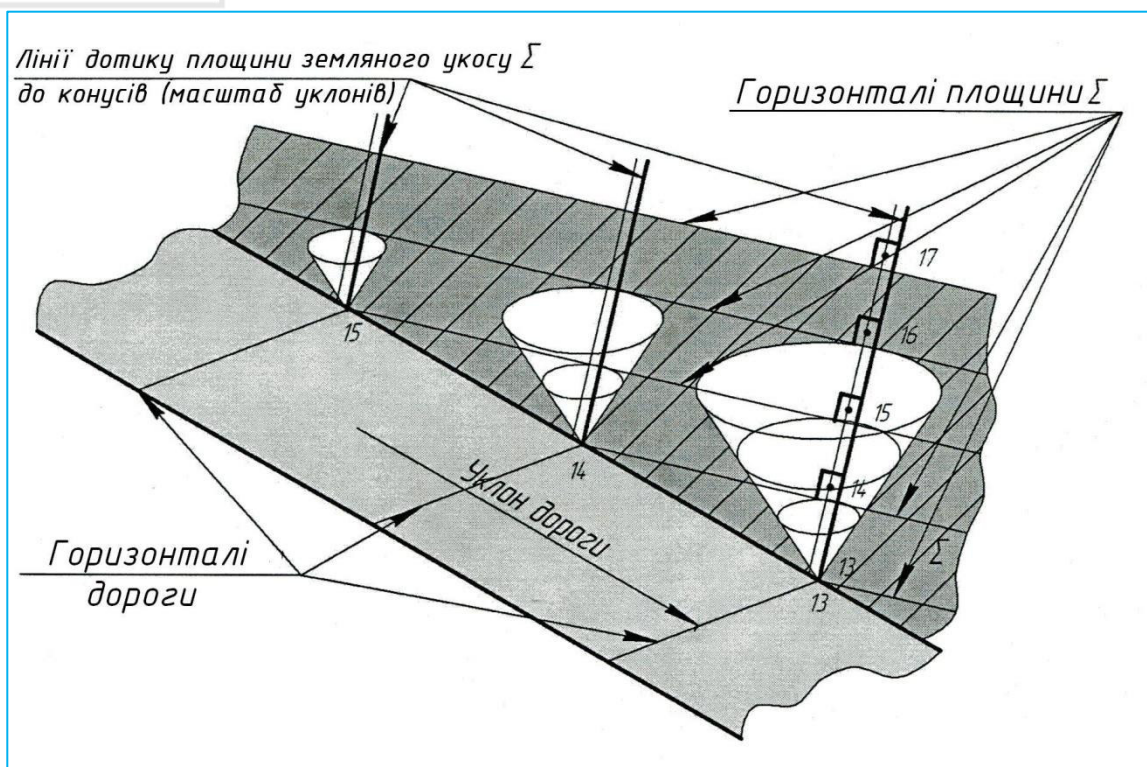


Рис. 26



Задача № 17. Визначити способом профілю точки перетину М і N осі прямолінійного трубопроводу CD з укосами насипу полотна дороги, рис. 27. Для розв'язування скористатися рис. 27.



Рис. 27

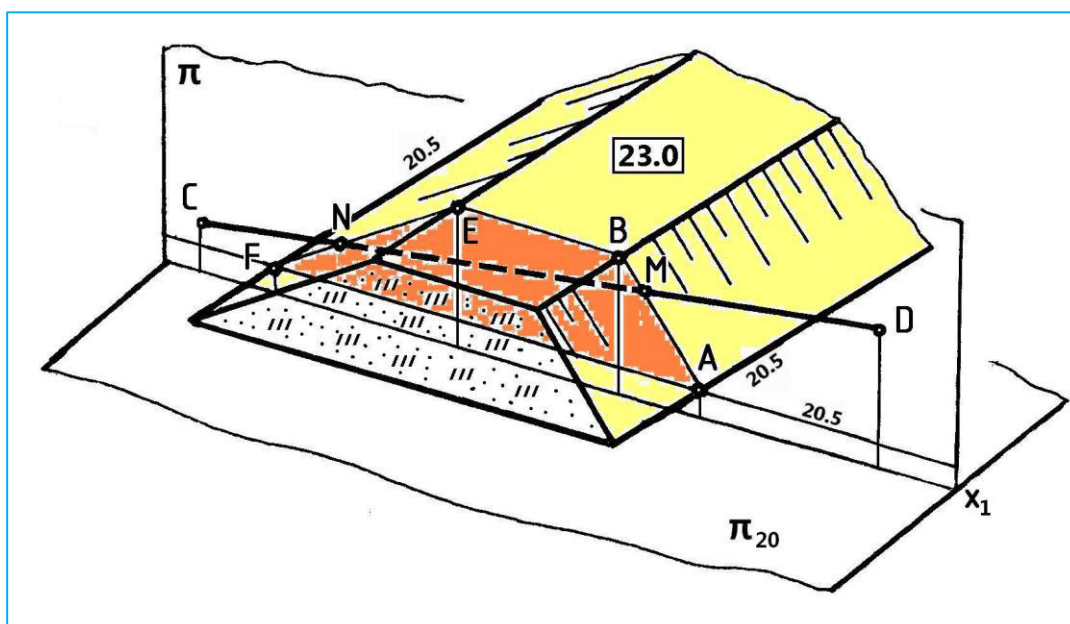


Рис 28



3.3. Тема «Поверхні. Перетин поверхні з площиною, взаємний перетин поверхонь»

Задача № 18. Проградувати земляні укоси насипу, що примикають до нахиленої криволінійної ділянки дороги. Уклон полотна дороги 1:4, укосів – 1:1, рис. 29. Для розв'язування скористатися рис. 30.

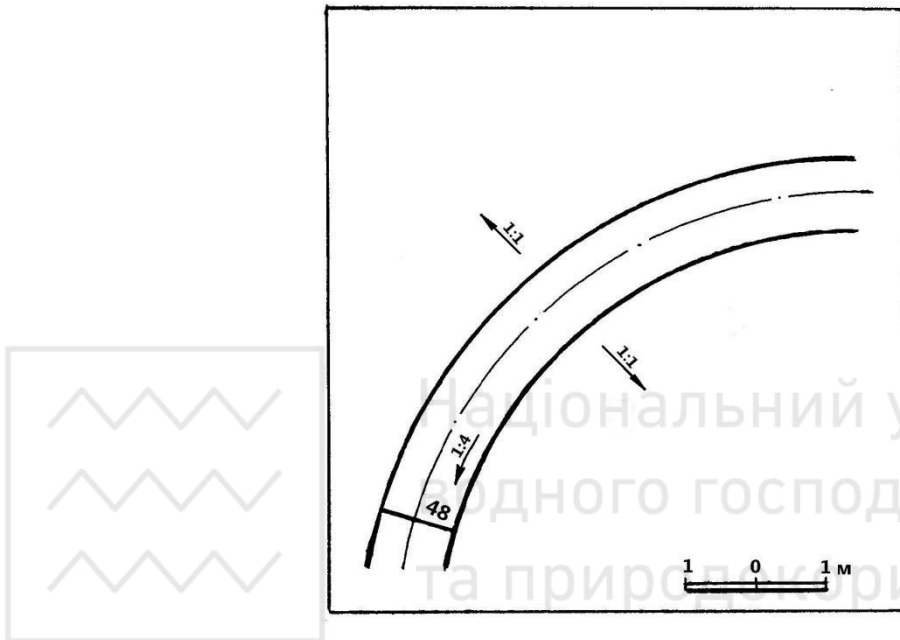


Рис. 29

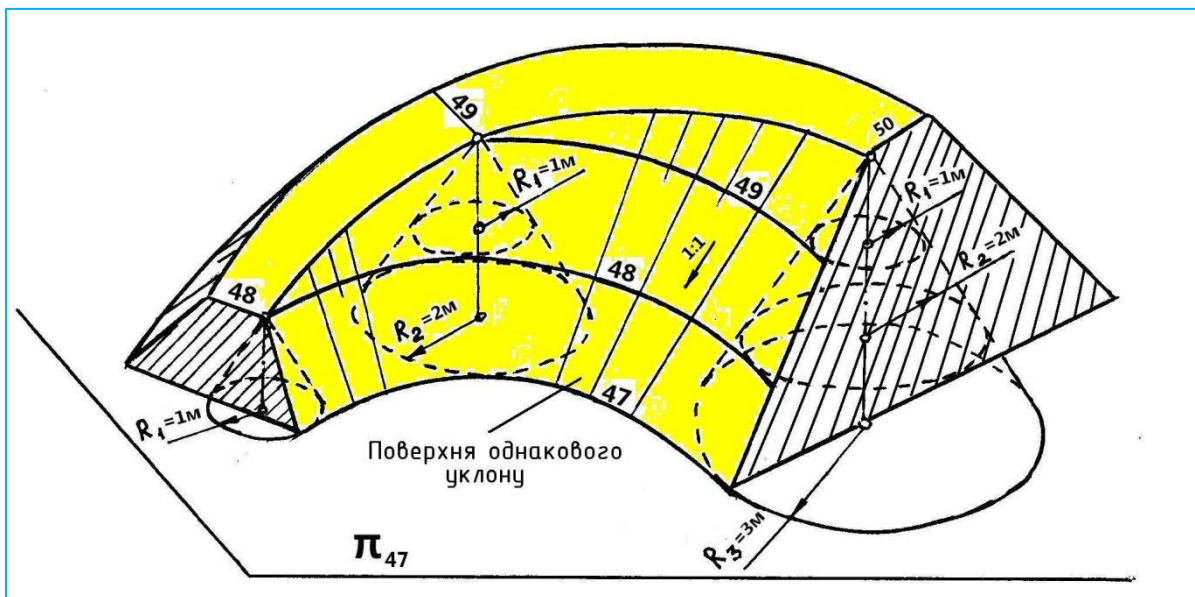


Рис. 30



Задача № 19. Побудувати межі земляних робіт укосів, що примикають до горизонтальної ділянки дороги, рис. 31. Уклон укосів 1:1. Для розв'язування скористатися рис. 1.67 на с. 45 розділу 1.

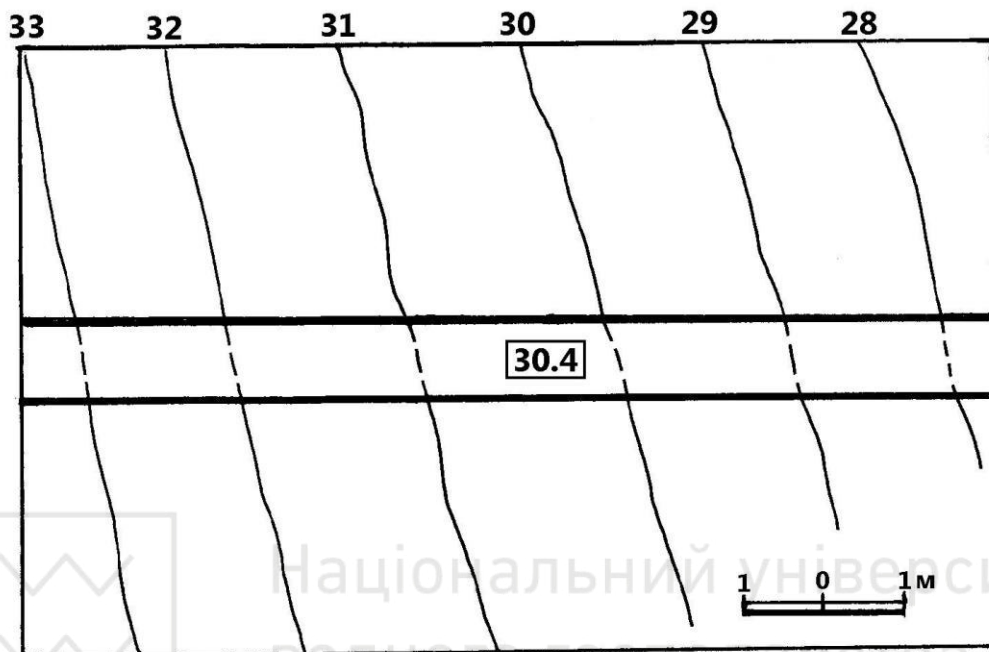


Рис. 31

Задача № 20. Побудувати межі земляних робіт укосів, що примикають до нахиленої ділянки дороги, рис. 32. Уклон укосів 1:1. Для розв'язування скористатися рис. 1.72 – рис. 1.77 на с. 47– с. 49 розділу 1.

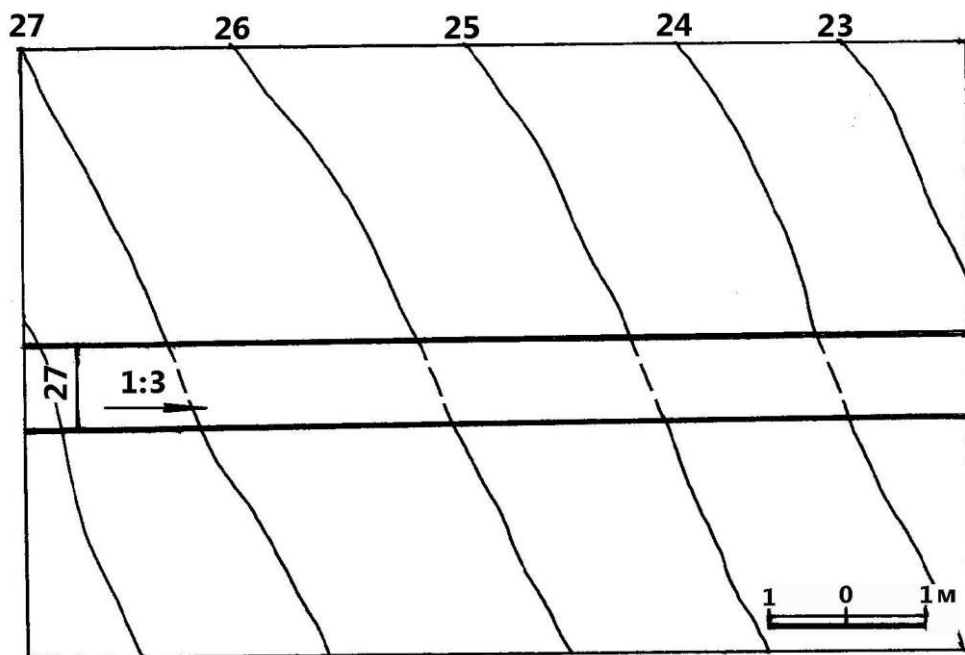


Рис. 32



Задача № 21. Побудувати межі земляних робіт укосів, що примикають до горизонтального будівельного майданчика, рис. 33. Уклон укосів 1:1. Для розв'язування скористатися рис. 1.78 – рис.1.80 на с. 50 – с. 51 розділу 1.

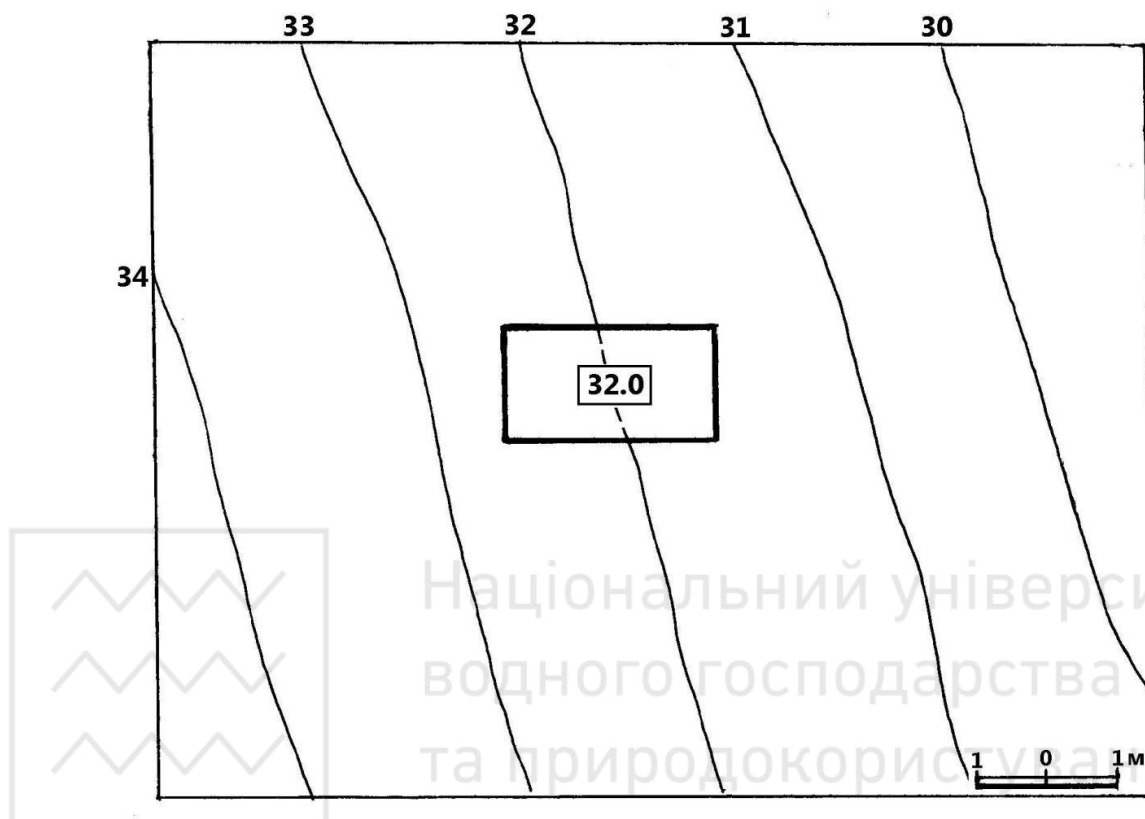


Рис. 33

Задача № 22. Визначити точку К перетину прямої АВ із землею поверхнею способом профілю, рис. 34. Для розв'язування скористатися рис. 1.83 на с. 56 розділу 1.

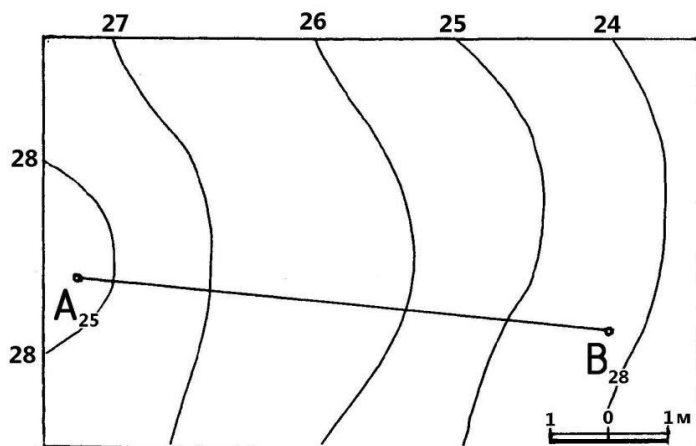


Рис. 34



Задача № 23. Побудувати межі земляних робіт укосів, що примикають до криволінійного нахиленого полотна дороги, рис. 35. Уклон укосів 1:1. Для розв'язування скористатися рис. 1.84 – рис. 1.87 на с. 57, 58 розділу 1.

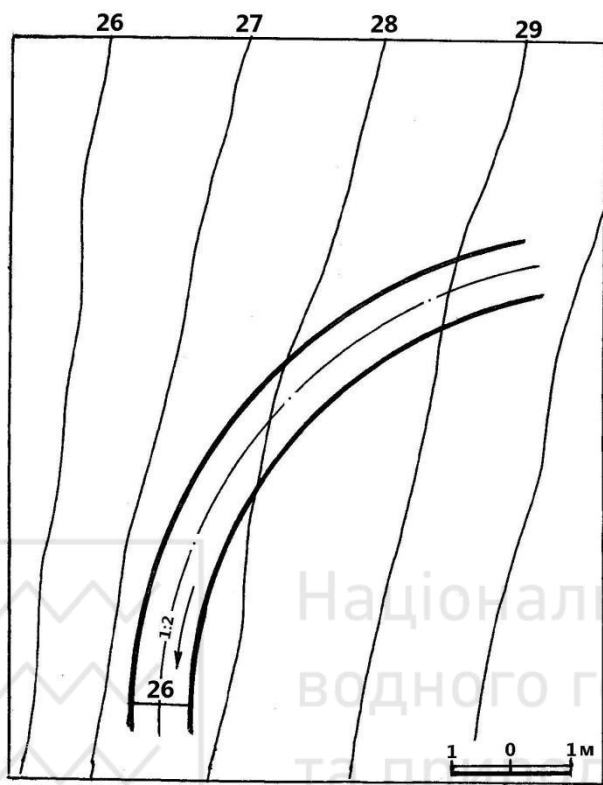


Рис. 35

Задача № 24. Побудувати межі земляних робіт укосів, що примикають до будівельного майданчика та в'їзду до нього, рис. 36. Уклон укосів 1:1. Для розв'язування скористатися рис. 1.91 на с. 63 розділу 1.

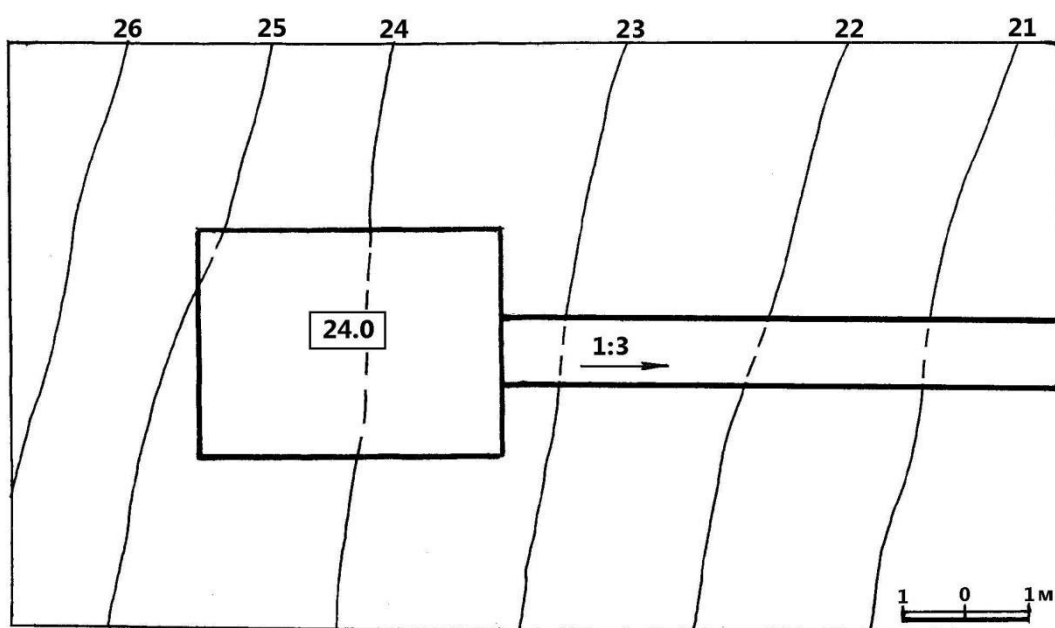


Рис. 36



Задача № 25. Побудувати межі земляних робіт укосів, що примикають до гребня греблі та в'їзду до нього, рис. 37. Уклон укосів 1:1. Для розв'язування скористатися рис. 1.88 на с. 60 розділу 1.

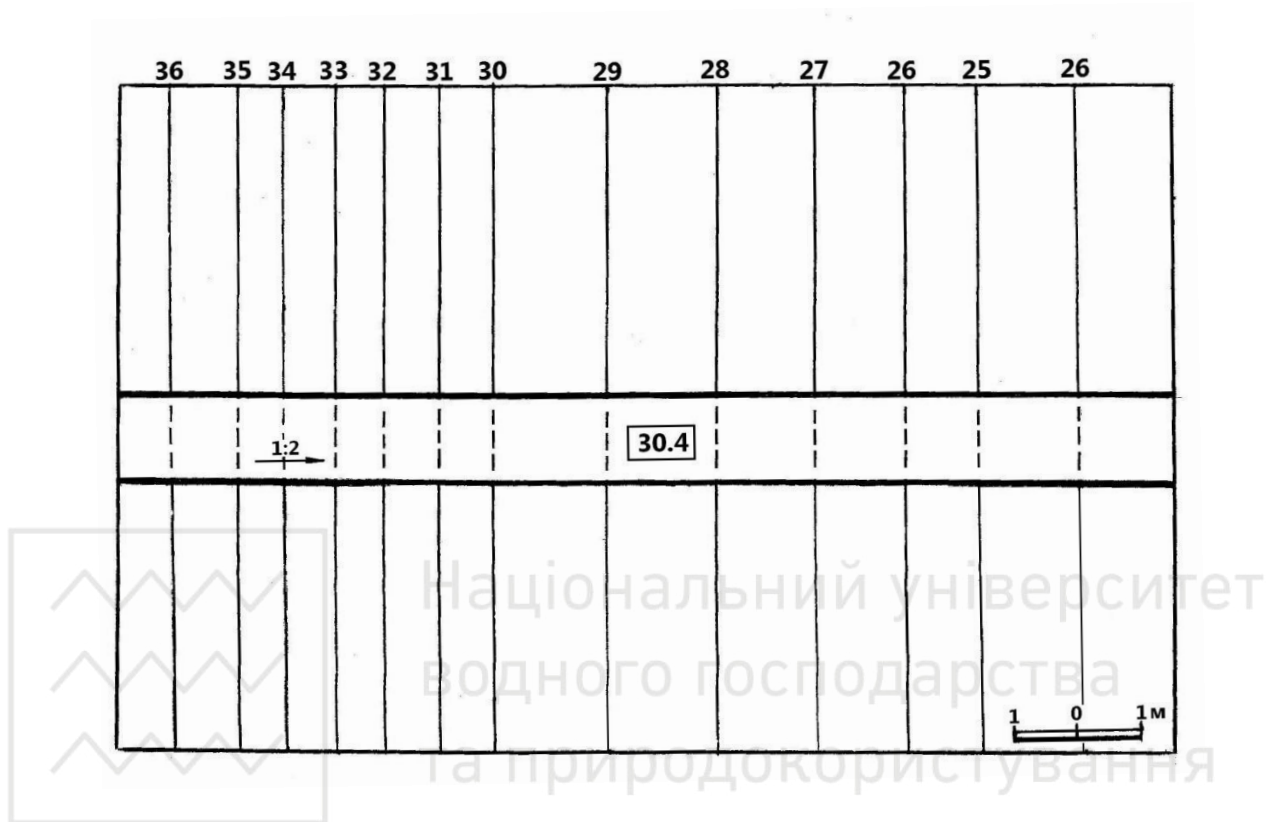


Рис. 37



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бакутис В. Э. Инженерное благоустройство городских территорий: Учебник / В. Э. Бакутис, В. А. Бутягин, Л. Б. Лунц. – М. : Стройиздат, 1971. – 225 с.
2. Белов Н. В. Начертательная геометрия: Учеб. пособие для студентов строительных вузов и факультетов / Н. В. Белов, А. А. Виксель. – Л. : Стройиздат, 1969. – 288 с.
3. Буткова Т. А. Проекции с числовыми отметками: Учеб. – метод. пособие / Т. А. Буткова, М. П. Елисеева. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 52 с.
4. Брилинг Н. С. Черчение: Учеб. пособие / Н. С. Брилинг. – М. : Стройиздат, 1989. – 420 с.
5. Габидулин В. М. Трехмерное моделирование в AutoCAD 2014 / В. М. Габидулин – М. : ДКМ-Пресс, 2014. – 280 с.
6. Гончаров С. М. Сільсько-господарські меліорації: Підручник для студентів спец. «Гідромеліорація» / С. М. Гончаров, Г. С. Потоцький, С. В. Ковальов, М. Є. Козішкурт; За ред. С. М. Гончарова, Г. С. Потоцького. – К. : Вища шк., 1991. – 382 с.
7. Гусев В. А. Организация строительства жилых и общественных зданий: Справочник проектировщика / В. А. Гусев, П. И. Недавний, Е. П. Колесников, А. В. Борейко. – Киев : Будівельник, 1976. – 263 с.
8. Жарков Н. В. AutoCAD 2014. Официальная русская версия / Н. В. Жарков. С.П.-б. : Наука и техника, 2014. – 624 с.
9. Климухин А. Г. Начертательная геометрия: Учеб. пособие по направлению «Архитектура» / А. Г. Климухин. – М. : «Архитектура-С», 2007. – 336 с.
10. Ковбасюк А. И. Проекции с числовыми отметками: Методическое пособие и индивидуальные задания для студентов факультета гидромелиорации / А. И. Ковбасюк, И. М. Горенштейн. – Кишинев : КИСИ, 1970. – 74 с.
11. Козяр М. М. Комп'ютерна графіка. AutoCAD: Навчальний посібник / М. М. Козяр. – Херсон: Гринь ДС, 2015. – 304 с.
12. Козяр М. М. Сучасні програмні засоби проектування та геометричного моделювання на ЕОМ: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів та інженерно-технічних працівників / М. М. Козяр. – Рівне, Кузнецовськ : НУВГП, ЗАТ “УБ РАЕС”, 2005. – 298 с.
13. Короев Ю. И. Начертательная геометрия: Учебник для студентов архитектурных специальностей вузов / Ю. И. Короев. – М. : Стройиздат, 1987. – 319 с.



14. Коршак Ф. А. Основы начертательной геометрии. (Перспектива, числовые отметки, тени): Учеб. пособие / Ф. А. Коршак. – Саратов : Изд-во Саратовского унив., 1961. – 152 с.
15. Кривцов В. В. Проекції з числовими позначками : Навч. посібник / В. В. Кривцов, Є. В. Пугачов. – Рівне : НУВГП, 2014. – 135 с.
16. Крылов Н. Н. Начертательная геометрия: Учебник для студентов строит. специальностей вузов / Н. Н. Крылов, Г. С. Иконникова, В. Л. Николаев, Н. М. Лаврухина; Под ред. Н. Н. Крылова. – М. : Высш. шк., 2002. – 224 с.
17. Кузнецов Н. С. Начертательная геометрия: Учебник для строит. вузов / Н. С. Кузнецов. – М. : Высш. шк., 1969. – 501 с.
18. Леонтович В. В. Вертикальная планировка городских территорий: Учеб. пособие / В. В. Леонтович. – М. : Высш. шк., 1985. – 119 с.
19. Луговой М. А. Проекция с числовыми отметками / А. М. Луговой. – М. : МАДИ, 1995. – 56 с.
20. Михайленко В. Є. Нарисна геометрія: Підручник / В. Є. Михайленко, М. Ф. Євстіфєєв, С. М. Ковальов, О. В. Кащенко; За ред. В. Є. Михайленка. – К. : Вища шк., 2004. – 303 с.
21. Мохов И. С. Самоучитель AutoCAD 2014 / И. С. Мохов. //http://ca2d.ru/.
22. Оганесов О. А. Курс лекций по начертательной геометрии: Учеб. пособие для студентов строит. специальностей. Часть 2 / О. А. Оганесов, В. А. Кайль, И. М. Рябикова, Н. Н. Кузенева; Под ред. О. А. Оганесова. – М. : МАДИ, 2010. – 99 с.
23. Першин М. Н. Строительство автомобильных дорог: Учеб. пособие / М. Н. Першин. – Л. : ЛИСИ, 1978. – 110 с.
24. Полещук Н. Н. Самоучитель AutoCAD 2015 / Н. Н. Полещук. – С.П.-б. : БХВ-Петербург, 2015. – 464 с.
25. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия: Учеб. пособие для студентов вузов строит. специальностей / Н. Л. Русскевич. – К. : Вища шк., 1978. – 312 с.
26. Русскевич Н. Л. Справочник по инженерно-строительному черчению / Н. Л. Русскевич, Д. И. Ткач, М. Н. Ткач. – К. : Будівельник, 1987. – 164 с.
27. Сербина Е. И. Сборник задач по начертательной геометрии. (Проекция с числовыми отметками. Перспектива, Тени.): Учеб. пособие для строит. специальностей втузов / Е. И. Сербина. – М. : Высш. шк., 1970. – 224 с.
28. Тимрот Е. С. Начертательная геометрия: Учеб. пособие для архитектурных вузов / Е. С. Тимрот. – М. : Стройиздат, 1962. – 280 с.



29. Тосунова М. И. Планировка городов и населенных мест: Учебник / М. И. Тосунова – М. : Высш. шк., 1986. – 207 с.
30. Ушацький С. А. Організація будівництва: Підручник / С. А. Ушацький, Ю. П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За ред. С. А. Ушацького. – К. : Кондор, 2007. – 521 с.
31. George Omura and Brian C.Benton. Mastering. AutoCAD 2015 and AutoCADLT 2015: Autodesk Official Press – Sybex, 2014. – 1080 p.
32. Ellen Finkelstein. AutoCAD 2015 and AutoCAD LT 2015 Bible. – Wiley, 2014. – 1296 p.





Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчальне видання

Кривцов Валерій Володимирович

Козяр Микола Миколайович

Коптюк Роман Миколайович

ЗОБРАЖЕННЯ ЗЕМЛЯНИХ СПОРУД ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ПРОЕКЦІЙ З ЧИСЛОВИМИ ПОЗНАЧКАМИ

Навчальний посібник



Друкується в авторській редакції

Технічний редактор

Г.Ф. Сімчук

Підписано до друку 03.02.2017 р. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Папір друкарський № 1. Гарнітура Times. Друк різнографічний.
Ум.-друк. арк. 10,3. Обл.-вид. арк. 10,7.
Тираж 100 прим. Зам. № 5315.

*Видавець і виготовлювач
Редакційно-видавничий відділ
Національного університету
водного господарства та природокористування
33028, Рівне, вул. Соборна, 11.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
РВ № 31 від 26.04.2005 р.*