Лекція 5.

Способи перетворення проекцій

Для розв'язання метричних задач нарисної геометрії найчастіше використовують так звані способи перетворення проекцій, в основу яких покладено зміну взаємного положення геометричних фігур і площин проекцій так, щоб задані геометричні фігури відповідали метричним властивостям (лекція 4). До цих способів відносяться:

1. Спосіб обертання навколо проекціювальних осей.
2. Спосіб плоско-паралельного переміщення.
3. Спосіб заміни площин проекцій.
4. Спосіб обертання площини навколо лінії рівня.

Спосіб обертання навколо проекціювальних осей

Натуральну величину відрізка прямої можна визначити, повертаючи його навколо проекціювальної осі у положення, паралельне до площини проекцій.

На рис.1 задано проекції відрізка *AB* прямої загального положення. Через точку *B* проведено горизонтально-проекціювальну вісь *l*, навколо якої відрізок *AB* повернуто у фронтальне положення *A´B*. Тоді $A_2'B_2$ – натуральна величина відрізка *AB*, а α – натуральна величина кута його нахилу до горизонтальної площини проекцій. Відрізок *AB* можна повернути як за годинниковою стрілкою, так і проти неї. Множина положень відрізка *AB* навколо осі *l* утворює поверхню конуса обертання. Тому зазначений спосіб має ще одну назву «спосіб допоміжного конуса».

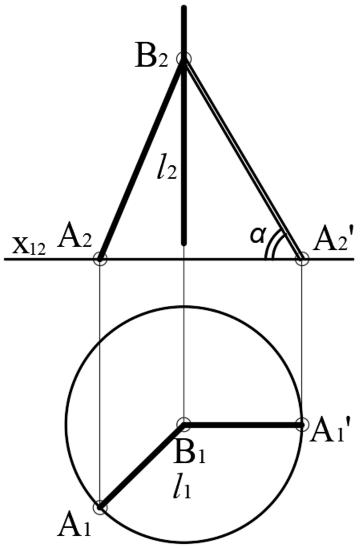


Рис.1

Способом обертання фігури навколо проекціювальних осей можна розв’язувати й інші метричні задачі, послідовно повертаючи геометричні фігури навколо двох осей – горизонтально-проекціювальної (вертикальної) та фронтально-проекціювальної. Наприклад, для визначення відстані від точки *M* до прямої *AB* (рис.2) потрібно послідовно виконати два повороти. При першому повороті точку і пряму повернуто навколо довільно призначеної вертикальної осі *l* так, щоб відрізок *AB* зайняв фронтальне положення. Другим поворотом відрізок *AB* повернуто навколо довільно призначеної фронтально-проекціювальної осі *m* у горизонтально-проекціювальне положення. В результаті отримано вироджену проекцію $A_1''B_1''$ відрізка, відстань від якої до проекції M_1'' точки *M* є шуканою. При цьому положення проекціювальних осей *l* і *m* не впливає на результат розв’язання задачі.

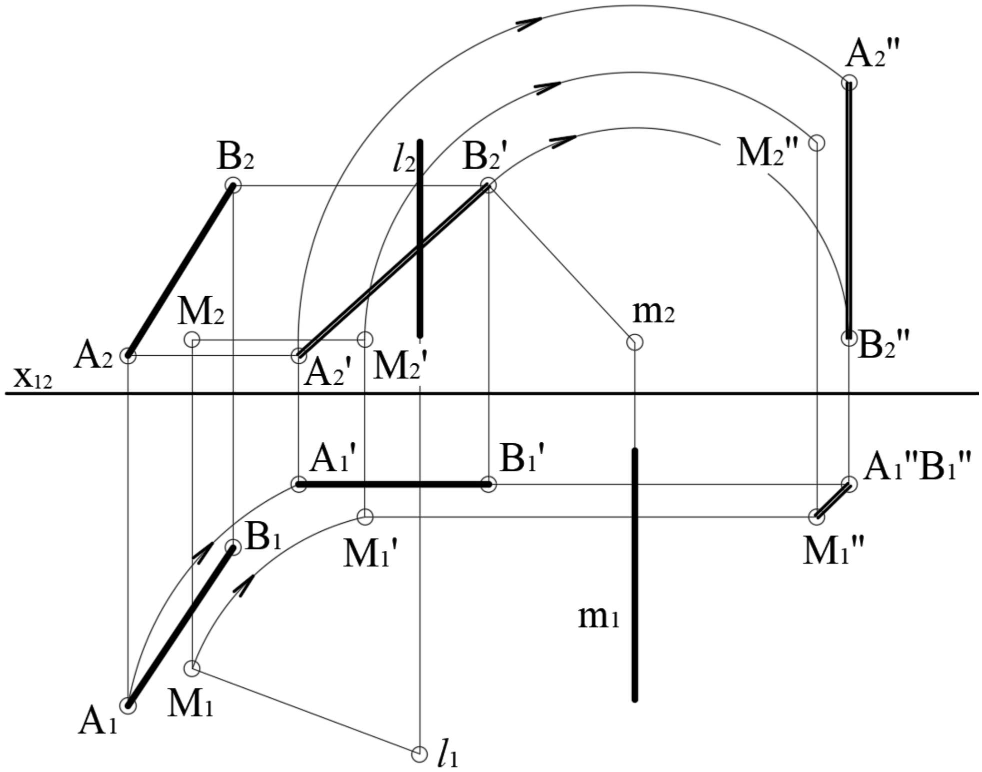


Рис.2

Зазначені осі взагалі можна не фіксувати, а побудувати лише вихідні фігури (*AB* і *M*) у повернутих положеннях. У цьому випадку спосіб має назву «плоско-паралельне переміщення».

Спосіб плоско-паралельного переміщення

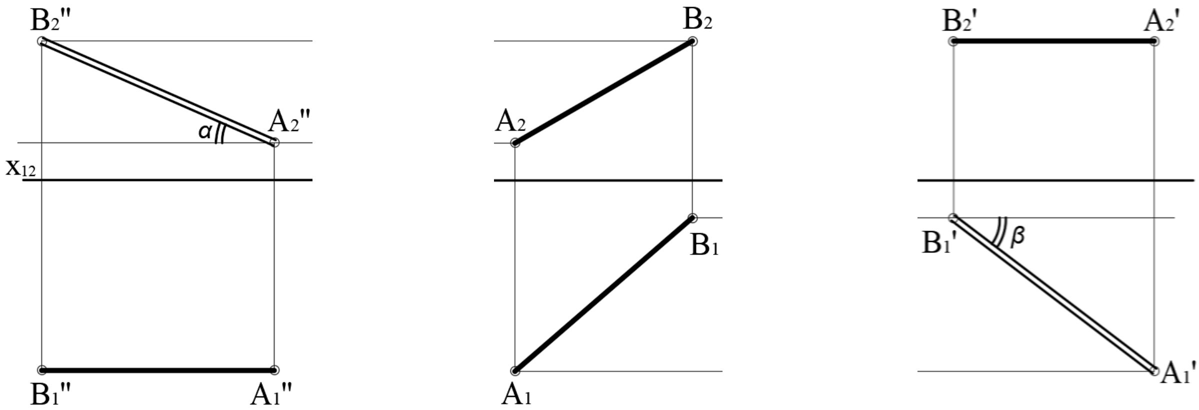
Суть способу плоско-паралельного переміщення полягає у зміні розташування геометричних фігур відносно площин проекцій $П_1$ і $П_2$ до положення, при якому метричні характеристики фігур проекціюються у натуральну величину на цих площинах проекцій.

Натуральна величина відрізка.

На рис.3, *б* показано відрізок прямої загального положення *AB*. Для визначення його натуральної величини відрізок потрібно повернути у горизонтальне або у фронтальне положення. Тоді на відповідній площині проекцій він зобразиться у натуральну величину.

На рис.3, *в* відрізок *AB* повернуто у горизонтальне положення. Для цього його фронтальну проекцію розміщено паралельно осі x_{12} (положення $A_2'B_2'$). В результаті на площині проекцій $П_1$ у натуральну величину зобразився сам відрізок ($A_1'B_1'$) та кут β його нахилу до площини $П_2$.

На рис.3, *а* відрізок *AB* переведено у фронтальне положення, для чого його горизонтальну проекцію розміщено паралельно до осі x_{12} (положення $A_1''B_1''$). На площині проекцій $П_2$ отримано натуральну величину відрізка *AB* ($A_2''B_2''$) та кута α його нахилу до площини $П_1$.



а) *б)* *в)*

Рис.3

Якщо відрізок потрібно перевести у проекціювальне положення, його натуральну величину слід розмістити перпендикулярно до однієї з площин проекцій. На рис.4 горизонтальну проекцію горизонтального відрізка $A'_1B'_1$, яка є його натуральною величиною, повернуто у положення, перпендикулярне до площини $П_2$ ($A_1''B_1''$). В результаті на фронтальній площині проекцій відрізок *AB* зобразився точкою.

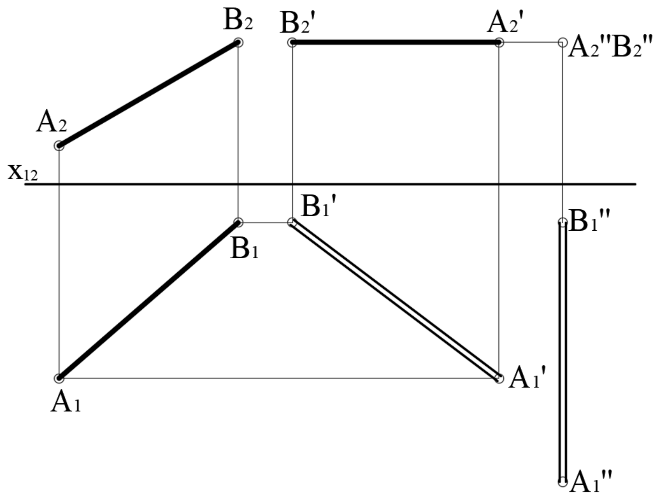


Рис.4

Відстань від точки до прямої.

Для розв'язання цієї задачі способом плоско-паралельного переміщення спершу необхідно розмістити пряму паралельно до однієї з площин проекцій, а потім перевести її у положення, перпендикулярне до іншої з площини проекцій.

На рис.5 відрізок *AB* прямої спочатку повернуто у фронтальне положення. При цьому горизонтальна проекція точки *M* повертається разом з горизонтальною проекцією відрізка зі збереженням взаємного розташування горизонтальних проекцій. Знайдену на площині $П_2$ натуральну величину відрізка *AB* повернуто у вертикальне положення. Нова проекція точки *M* також повертається зі збереженням її розташування відносно $A_2'B_2'$.

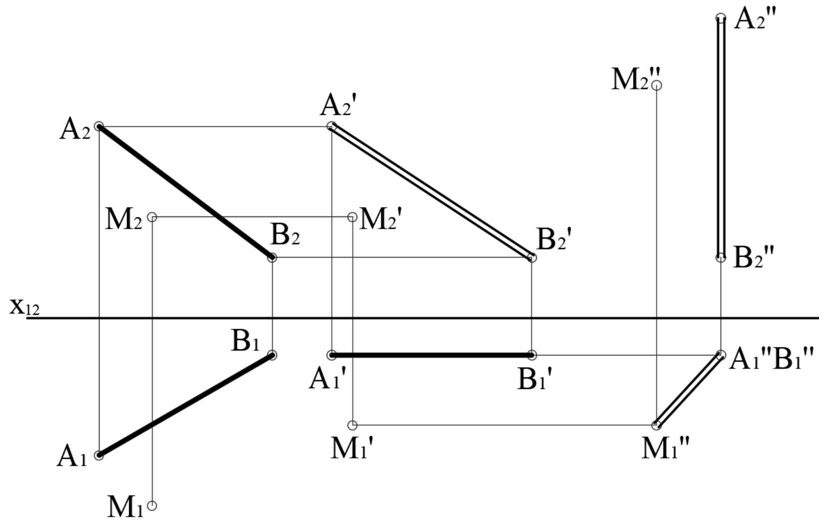


Рис.5

В результаті перетворень відрізок *AB* на площині $П_1$ зображується точкою, де і визначається відстань між ним та точкою *M*.

Відстань від точки до площини. Натуральна величина відсіку площини.

Для знаходження відстані від точки до площини останню потрібно перевести або у вертикальне, або фронтально-проекціювальне положення. Для цього у відповідне положення слід перевести якусь лінію площини. Якщо цією лінією є лінія рівня площини, то для розв'язання задачі достатньо виконати одне переміщення.

На рис.6 показано трикутник ABC загального положення та точку M. У трикутнику ABC проведено горизонталь h. Потім горизонтальну проекцію трикутника повернуто таким чином, щоб горизонталь зайняла положення, перпендикулярне до площини $П_2$. Разом з проекцією трикутника повернуто горизонтальну проекцію точки M зі збереженням їх взаємного розташування. В результаті на площині $П_2$ горизонталь трикутника спроекціювалась точкою, трикутник – лінією, що дозволило показати відстань між ним та точкою M.

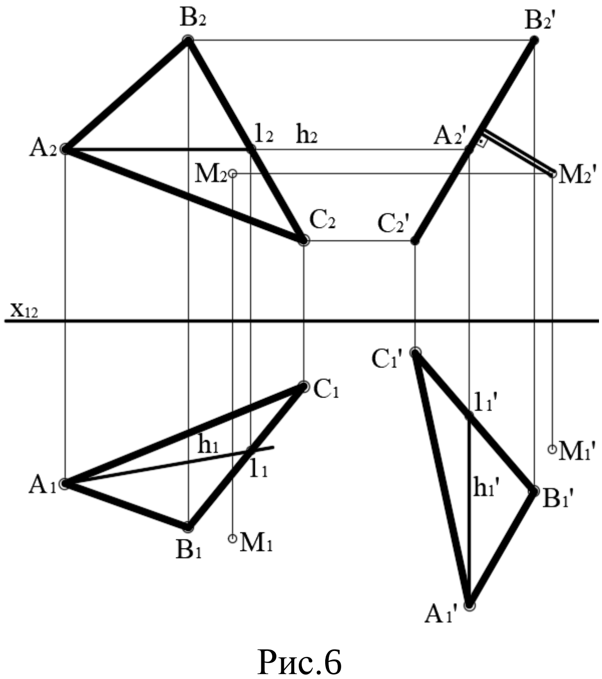


Рис.6

Для знаходження натуральної величини відсіку площини останню потрібно повернути в положення, паралельне до однієї з площин проекцій, попередньо перевівши у проекціювальне положення.

На рис.7 у трикутнику ABC проведено горизонталь, після чого трикутник повернуто у фронтально-проекціювальне положення. На цьому етапі перетворень знайдено кут α нахилу площини трикутника ABC до площини проекцій $П_1$.

Далі положення трикутника змінено на горизонтальне, для чого його вироджену проекцію $A_2'B_2'C_2'$ розміщено паралельно до осі x_{12}. В результаті на площині $П_1$ трикутник зображується у натуральну величину.

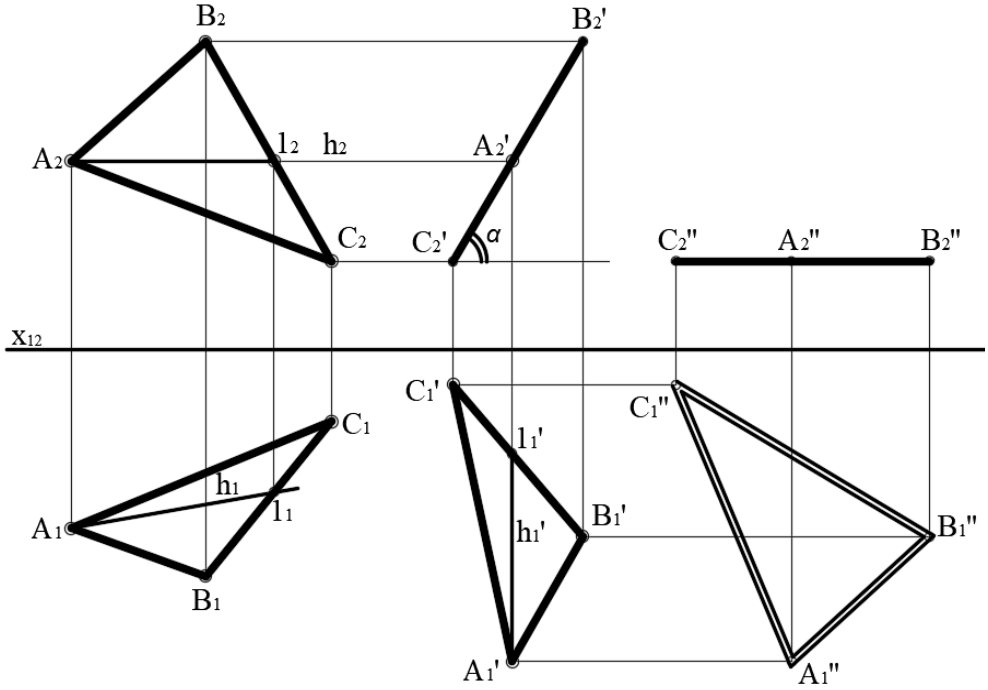


Рис.7

На рис.8 показано аналогічне перетворення з використанням фронталі площини *ABC*. Спершу трикутник переведено у вертикальне положення, потім – у положення, паралельне до площини проекцій $П_2$, на якій він і зображується у натуральну величину. Кут β між виродженою проекцією трикутника $A'_1B'_1C'_1$ та горизонтальною прямою є кутом його нахилу до площини проекцій $П_2$.

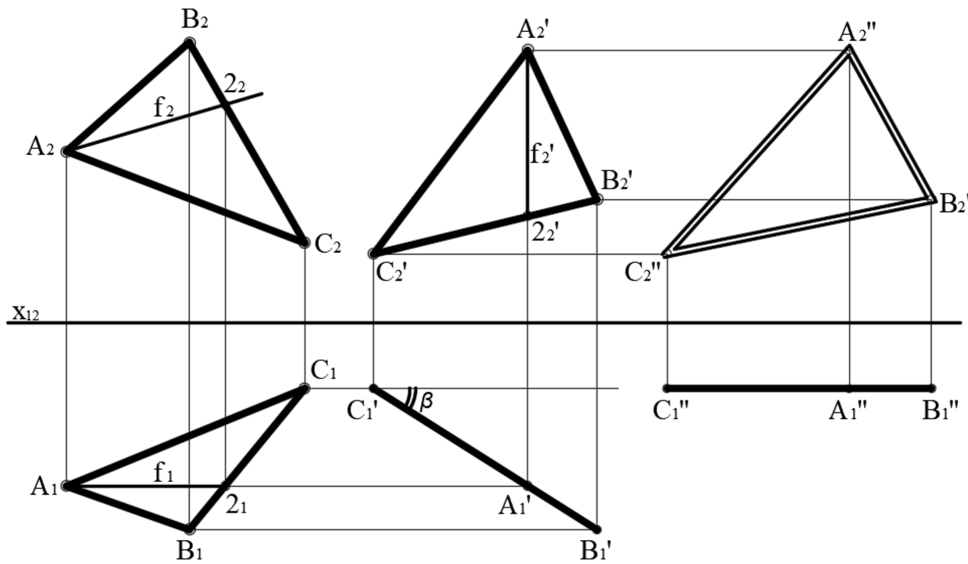
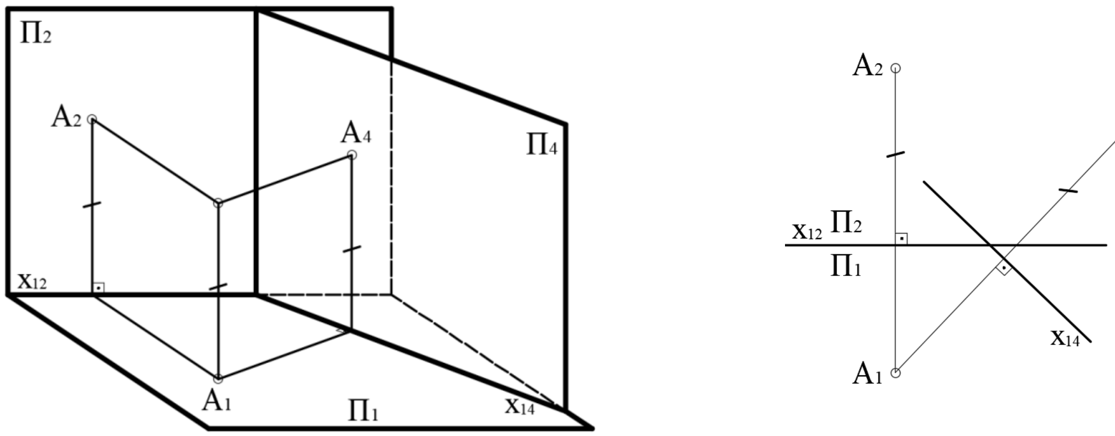


Рис.8

Спосіб заміни площин проекцій

Для визначення метричних характеристик геометричних фігур останні повинні займати певне положення відносно площин проекцій. Геометричні фігури повинні бути паралельні або перпендикулярні до площин проекцій. Спосіб заміни площин проекцій полягає у застосуванні додаткових площин, відносно яких геометричні фігури займатимуть необхідне пололження.

На рис.9, *а* зображено т. *А* у системі площин проекцій $П_1$ та $П_2$. Проведено нову вертикальну площину проекцій $П_4$, на якій побудовано нову ортогональну проекцію т. *А*. Нову площину проекцій позначено не $П_3$, а $П_4$, оскільки $П_3$ – традиційне позначення профільної площини проекцій. Лінія перетину площини $П_4$ з площиною $П_1$ – нова вісь x_{14}, перпендикулярно до якої проведено нову лінію зв'язку з проекції A_1 (рис.9, *б*).



а) *б)*

Рис.9

Як видно з рис.9, *а* відстань від проекції A_4 до осі x_{14} така ж, як відстань від проекції A_2 до осі x_{12}. Отже, при заміні площин проекцій відстань від старої проекції до старої осі дорівнює відстані від нової проекції до нової осі. Тому для побудови проекції A_4 слід виміряти відстань від A_2 до x_{12} і відкласти на новій лінії зв'язку від осі x_{14} (рис.9, *б*).

Натуральна величина відрізка.

На рис.10 показано відрізок *АВ* прямої загального положення у системі площин проекцій $П_1$ та $П_2$. Для визначення його натуральної величини потрібно провести допоміжну площину проекцій, паралельну до відрізка. Якщо допоміжна площина $П_4$ вертикальна, то нова вісь x_{14} буде паралельна до горизонтальної проекції A_1B_1 відрізка.

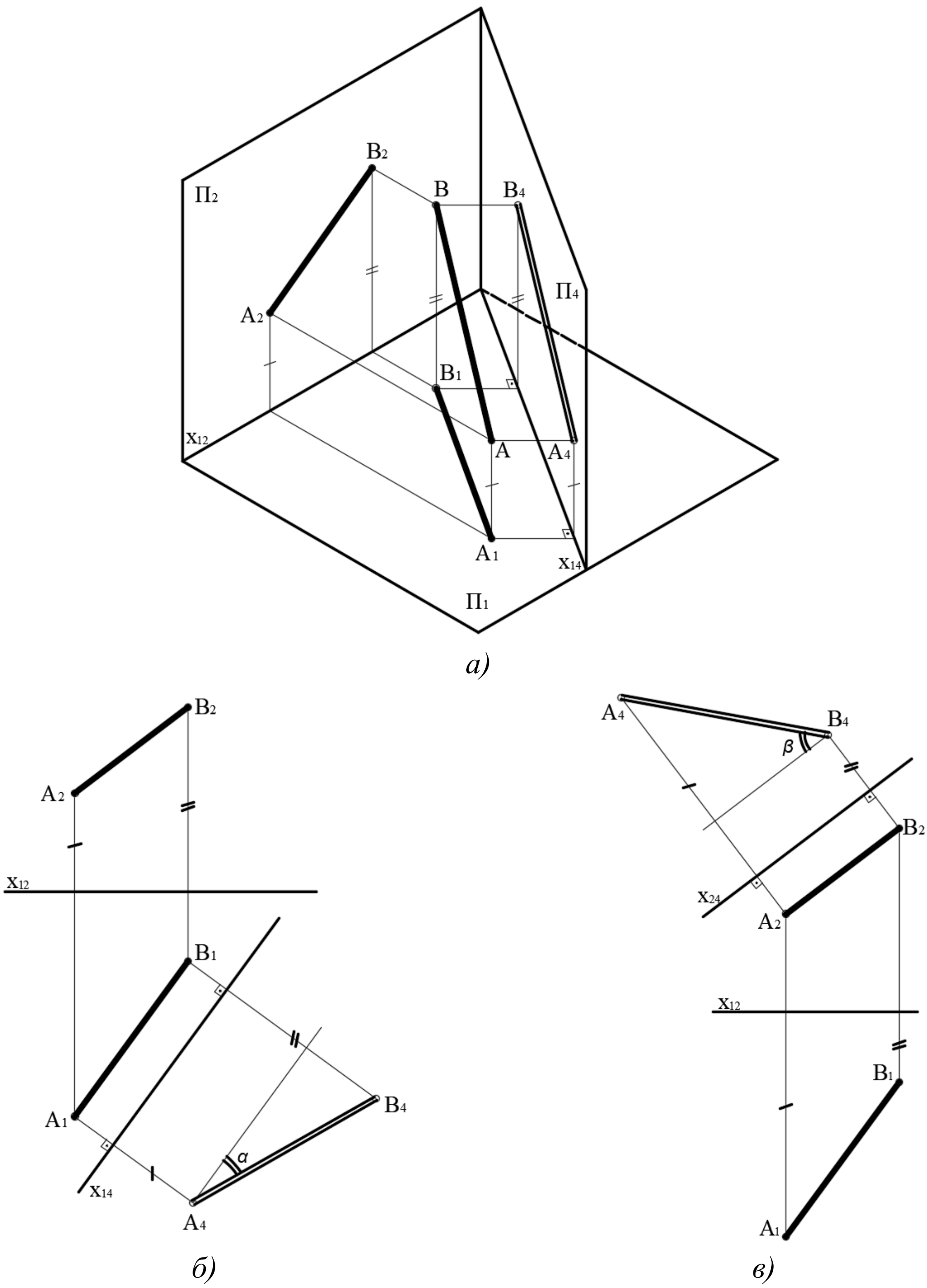


Рис.10

Через горизонтальні проекції точок A_1 та B_1 проведено нові лінії зв'язку під прямим кутом до нової осі x_{14}. На них від нової осі відкладено відстані від проекцій A_2 і B_2 до осі x_{12} (рис.10, *б*). На новій проекції побудовано відрізок A_4B_4, який є натуральною величиною відрізка AB.

Через т. A_4 проведено пряму, паралельну до осі x_{14}. Кут α між цією прямою і відрізком A_4B_4 є натуральною величиною кута нахилу відрізка AB до площини проекцій Π_1.

Для визначення кута нахилу відрізка до площини проекцій Π_2 потрібно провести фронтально-проекціювальну допоміжну площину проекцій. Нова вісь x_{24} буде паралельна до фронтальної проекції A_2B_2 відрізка (рис.10, *в*). Перпендикулярно до нової осі проведено нові лінії зв'язку, на яких відкладено відстані від проекцій A_1 і B_1 до осі x_{12}. Побудовано проекцію A_4B_4, яка є натуральною величиною відрізка AB. Кут β між проекцією A_4B_4 та прямою, проведеною з т. B_4 паралельно до осі x_{24} і є натуральною величиною кута нахилу відрізка AB до площини проекцій Π_2.

Відстань від точки до прямої.

Для розв'язання даної задачі пряму необхідно спроекціювати в точку. Для цього потрібно провести додаткову площину проекцій, перпендикулярну до прямої. Проте нову площину проекцій, перпендикулярну до заданої прямої, можна провести лише в тому разі, якщо пряма є лінією рівня. Тому спочатку потрібно пряму загального положення перетворити на пряму рівня, а потім обирати площину проекцій, перпендикулярну до цієї прямої.

Отже, для визначення відстані від точки до прямої потрібно виконати такі дії:

- провести площину, паралельну до прямої, та знайти натуральну величину прямої;
- провести площину, перпендикулярну до прямої, та спроекціювати пряму в точку.

На рис.11 дано дві проекції відрізка прямої AB загального положення та точки M. Спочатку проведено нову вертикальну площину проекцій Π_4, паралельну до відрізка AB. Нова вісь x_{14} паралельна до горизонтальної проекції A_1B_1 відрізка AB. З горизонтальних проекцій точок A, B та M проведено лінії зв'язку перпендикулярно до нової осі; на площині Π_4 побудовано нову проекцію відрізка AB – його натуральну величину, та нову проекцію точки M.

Далі проведено площину Π_5, перпендикулярну до відрізка AB. Нова вісь x_{45} перпендикулярна до проекції A_4B_4, яка є натуральною величиною відрізка AB.

На нових лініях зв'язку відкладено відстані від A_1 і B_1 до осі x_{14}. Оскільки ці відстані для обох точок однакові, відрізок AB зобразиться точкою. Також проведено нову лінію зв'язку перпендикулярно до нової осі x_{45} від проекції M_4 точки M та побудовано нову проекцію M_5 точки M.

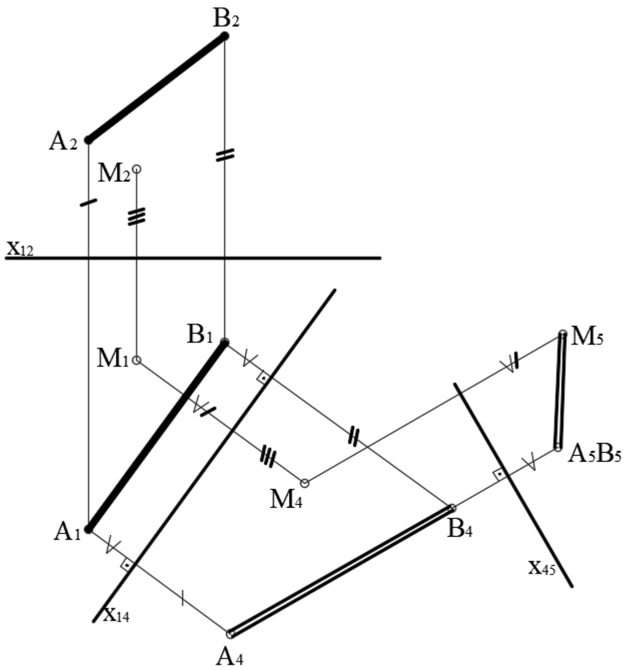


Рис.11

Відстань між виродженою проекцією відрізка A_5B_5 та проекцією M_5 точки M і є натуральною величиною відстані між відрізком AB та точкою M.

Відстань від точки до площини. Натуральна величина відсіку площини.

Для визначення відстані від точки до площини потрібно площину спроекціювати в лінію. Для цього слід провести додаткову площину проекцій, перпендикулярну до заданої площини. Щоб спроекціювати площину в лінію, необхідно якусь лінію цієї площини спроекціювати в точку. Тобто, фактично слід провести додаткову площину проекцій, перпендикулярну до якоїсь лінії заданої площини.

На рис.12 показано площину загального положення (ABC) і точку M.

У трикутнику ABC проведено горизонталь h. Оскільки горизонталь паралельна до площини $П_1$, то її горизонтальна проекція h_1 – натуральна величина. Як було показано в попередньому прикладі, лінію рівня, наприклад, горизонталь, можна спроекціювати в точку лише однією заміною фронтальної площини проекцій. Тому далі проведено додаткову вертикальну площину $П_4$, перпендикулярну до горизонталі h трикутника ABC. Нова вісь x_{14} перпендикулярна до горизонтальної проекції h_1 горизонталі h.

На новій площині проекцій горизонталь зобразиться точкою A_41_4, а трикутник ABC – лінією. Також побудовано нову проекцію точки M. Довжина перпендикуляра, опущеного з проекції M_4 точки M на вироджену проекцію площини ABC і є натуральна величина відстані від точки M до площини трикутника ABC.

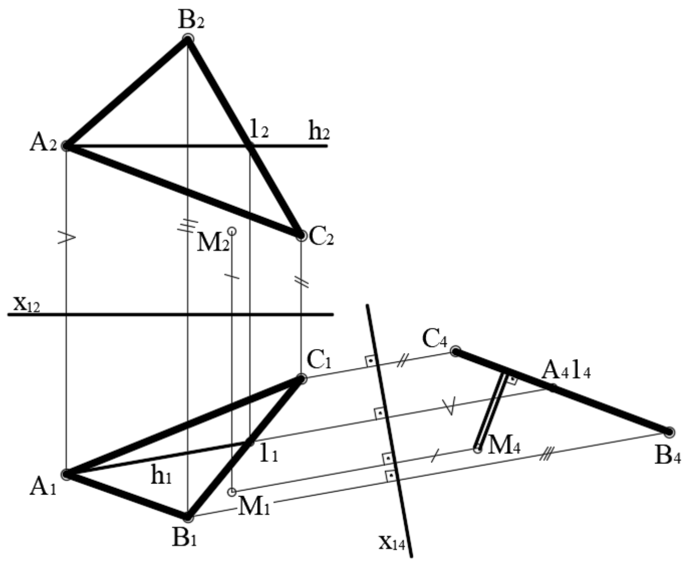


Рис.12

На рис.13 та 14 показано знаходження натуральної величини трикутника *ABC* та кутів його нахилу до площин проекцій $П_1$ і $П_2$.

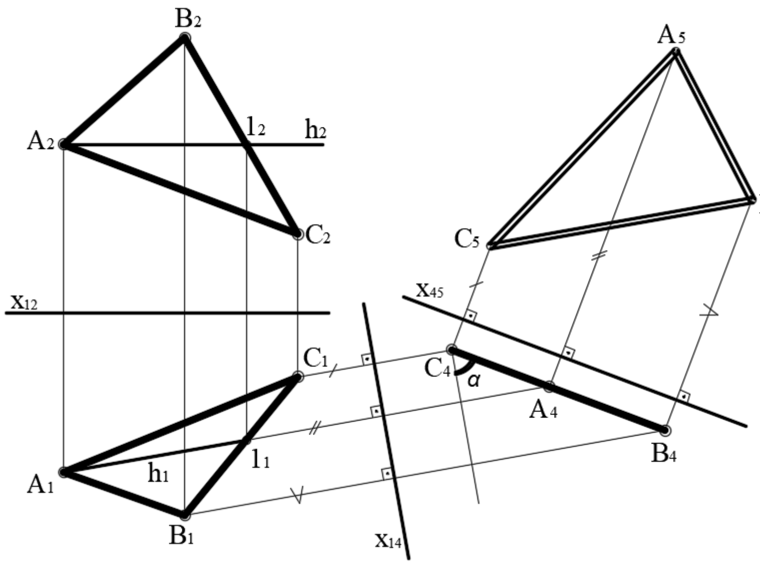


Рис.13

Для визначення натуральної величини відсіку площини потрібно застосувати додаткову площину проекцій, паралельну до заданої. У продовження побудов, наведених на рис.12, на рис.13 проведено додаткову площину $П_5$, паралельну до площини трикутника *ABC*. Нова вісь x_{45} паралельна до виродженої проекції $A_4B_4C_4$ трикутника *ABC*. Побудована проекція $A_5B_5C_5$ і є натуральною величиною трикутника *ABC* – усіх його сторін та плоских кутів.

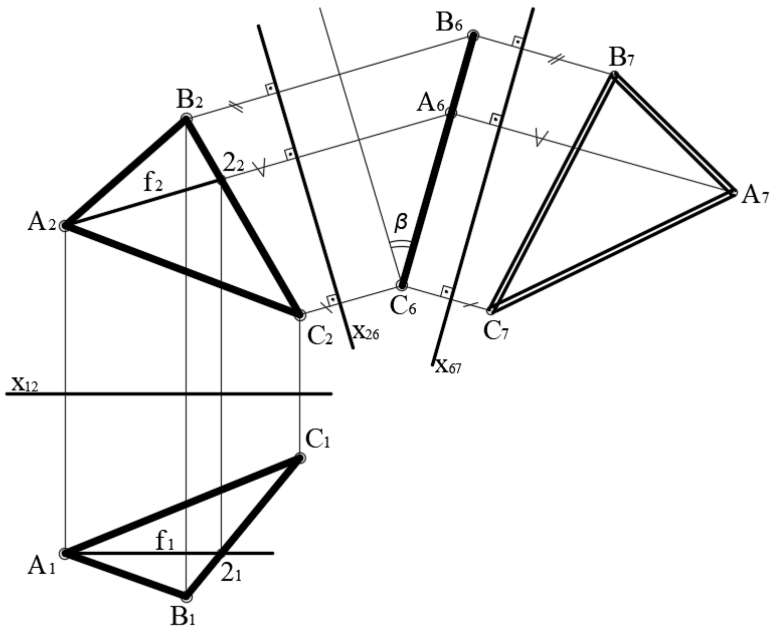


Рис.14

Для визначення кута α нахилу трикутника ABC до площини Π_1 через точку C_4 його виродженої проекції проведено пряму, паралельну до осі x_{14}. Кут між цією прямою та проекцією $A_4B_4C_4$ і є шуканим.

Для знаходження кута β нахилу трикутника ABC до площини Π_2 (рис.14) проведено фронтально-проекціювальну додаткову площину Π_6, перпендикулярну до фронталі трикутника.

Спосіб обертання навколо лінії рівня

Обертання площини навколо ліній рівня. Натуральна величина відсіку площини

Якщо площину повернути навколо лінії рівня як навколо нерухомої осі у положення, паралельне до відповідної площини проекцій, то вона зобразиться на цій площині проекцій у натуральну величину.

На рис.15 показано трикутник ABC, сторона AC якого – горизонталь, а сторона AB – фронталь. Трикутник повернуто навколо горизонталі AC у горизонтальне положення. При цьому точка B рухається у вертикальній площині Γ, перпендикулярній до AC. Відстань між точками A і B у повернутому положенні дорівнюватиме натуральній величині A_2B_2 фронталі AB. З точки A_1 як з центру засічкою радіусом A_2B_2 на виродженій проекції площини Γ визначено повернуте положення B_1' точки B. Натуральною величиною трикутника ABC є трикутник $A_1B_1'C_1$.

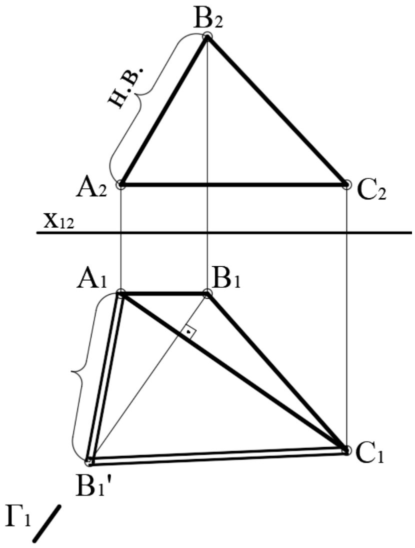


Рис.15

На рис.16 наведено трикутник *ABC*, у якого лише одна сторона *AC* є лінією рівня, а саме – горизонталлю.

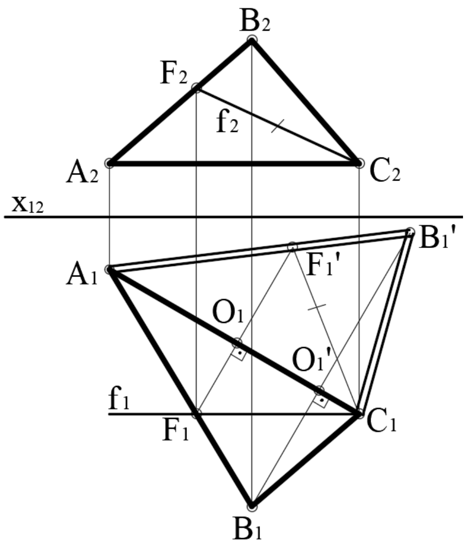


Рис.16

Через т. *C* у площині трикутника проведено фронталь *CF*. Фронтальна проекція C_2F_2 – натуральна величина відрізка *CF*. При обертанні навколо горизонталі трикутника *AC* точки *F* і *B* рухатимуться у паралельних вертикальних площинах, перпендикулярних до *AC*. Нове положення точки *F* знайдено на перетині дуги з центром у т. C_1 радіуса C_2F_2 та перпендикуляра F_1O_1. Нове положення т. *B* визначиться в результаті перетину прямої A_1F_1' і перпендикуляра B_1O_1'.

На рис.17 показано трикутник *ABC*, усі сторони якого є відрізками загального положення. У трикутнику через т. *A* проведено горизонталь *AH*. Через т. *H* проведено фронталь *HF*. Трикутник *ABC* обертається навколо горизонталі *AH*. Нове положення точок F і B знайдено, як у попередньому прикладі. Нове положення точки C визначено на перетині прямої $B_1{'}H_1$ і перпендикуляра $C_1O_1{''}$.

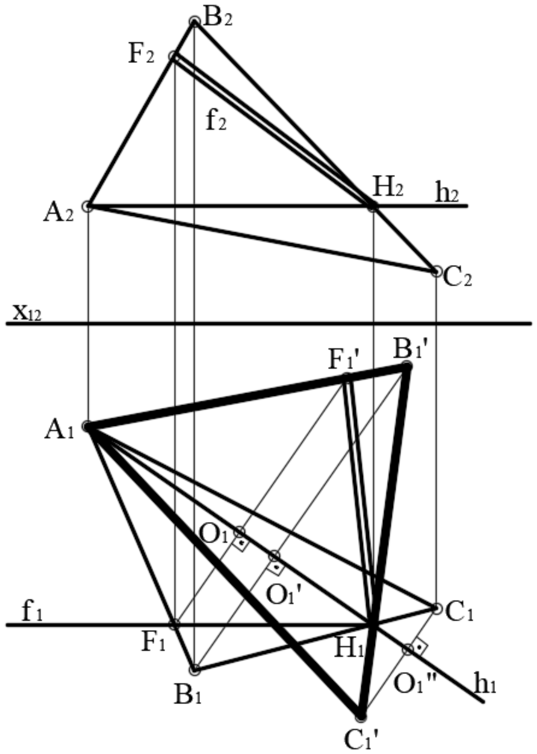
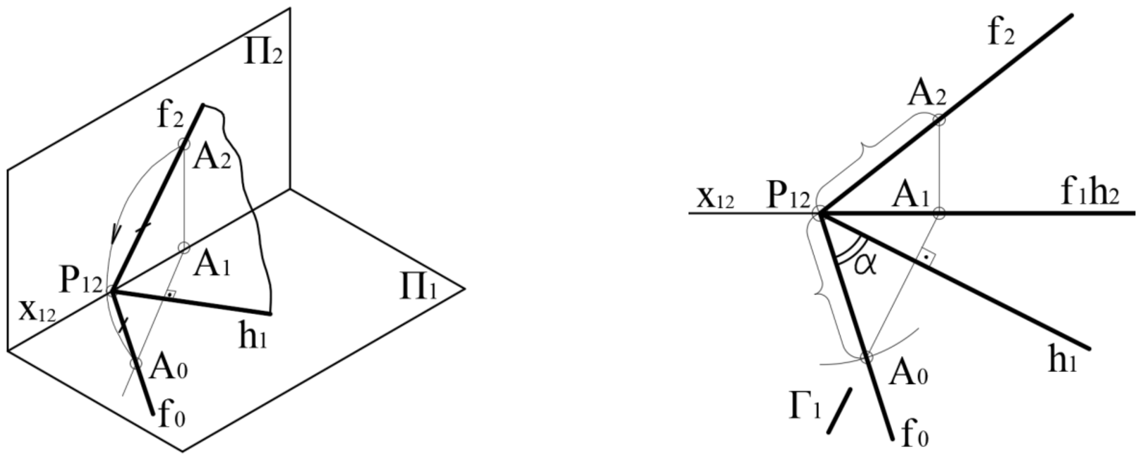


Рис.17

Суміщення площини загального положення з площиною проекцій

Окремим випадком способу обертання навколо лінії рівня є спосіб суміщення площини з площиною проекцій, якщо віссю обертання є слід площини на площині проекцій.

На рис.18 зображено площину загального положення, задану слідами (f, h).



а) *б)*

Рис.18

Для визначення натуральної величини плоского кута, утвореного слідами площини, її потрібно сумістити з однією з площин проекцій, наприклад, з $П_1$. Для цього площину повернуто навколо її горизонтального сліду. Для побудови суміщеного фронтального сліду на нього обрано довільну точку *A*. При обертанні площини навколо горизонтального сліду точка *A* рухатиметься у вертикальній площині, перпендикулярній до *h*. На $П_1$ ця площина зобразиться прямою, перпендикулярною до h_1. Відстань від т. *A* до точки перетину слідів на суміщеній проекції збережеться: $P_{12}A_2=P_{12}A_0$. Точку A_0 знайдено на перетині дуги радіуса $P_{12}A_2$ з перпендикуляром, опущеним з т. A_1 до h_1. Суміщений з площиною $П_1$ фронтальний слід f_0 пройде через точку перетину слідів і визначену точку A_0. Натуральна величина кута α між слідами площини – це кут між горизонтальним слідом h_1 та суміщеним фронтальним слідом f_0.

На рис.19 показано побудови при обертанні відсіку площини навколо її фронтального сліду до суміщення з площиною проекцій $П_2$. В цьому випадку розв'язання задачі зводиться до побудови суміщеного горизонтального сліду h_0. При обертанні відсіку площини усі її точки рухатимуться у фронтально-проекціювальних площинах, перпендикулярних до фронтального сліду f_2. Побудови аналогічні розглянутим у попередньому прикладі.

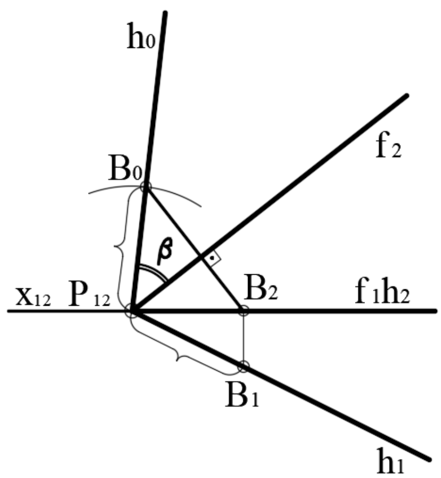
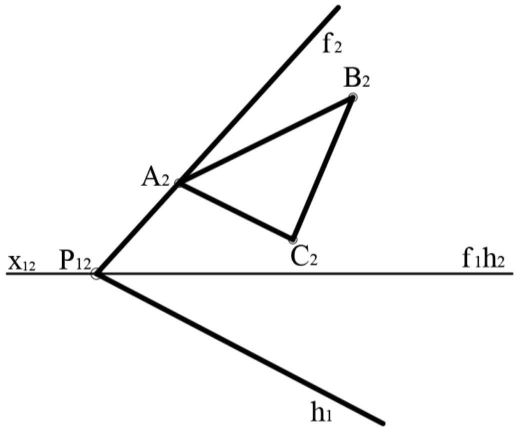


Рис.19

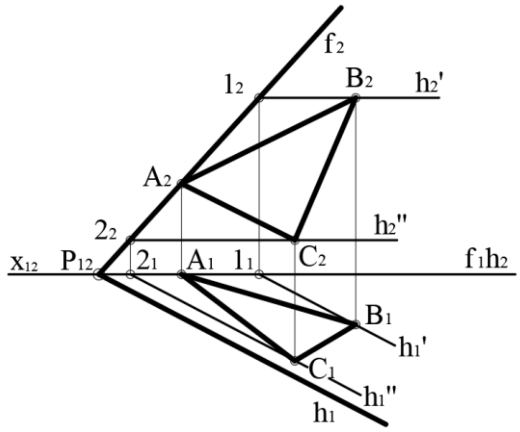
Визначення натуральної величини плоскої фігури

На рис.20, *а* показано площину *Г*, задану слідами (*f*, *h*).

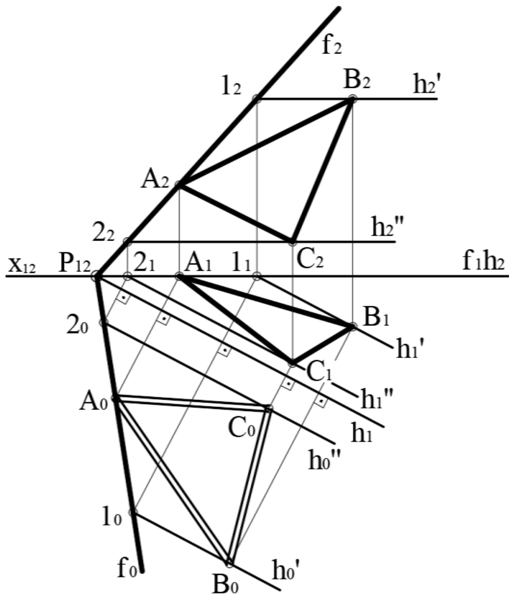
Задано фронтальну проекцію трикутника *ABC*, який належить площині *Г*. Необхідно визначити натуральну величину трикутника *ABC* способом суміщення. Спершу потрібно побудувати горизонтальну проекцію трикутника *ABC*. Як відомо, точка належить площині, якщо вона належить якійсь лінії цієї площини.



а)



б)



в)

Рис.20

Точка A належить фронтальному сліду площини $Г$. Через точки B і C проведено горизонталі h' і h''. Вони перетинають фронтальний слід площини $Г$ відповідно у точках *1, 2*. Побудовано горизонтальні проекції точок *1* і *2*. Через них проведено горизонтальні проекції горизонталей h' і h'' паралельно до горизонтального сліду h_1 площини. На них знайдено горизонтальні проекції точок B і C (рис.20, *б*).

Потім площину $Г$ повернуто навколо її горизонтального сліду до суміщення з площиною проекцій $П_1$ (рис.20, *в*). При цьому точки A, B і C рухаються у вертикальних площинах, перпендикулярних до h. Через горизонтальні проекції A_1, B_1 і C_1 точок проведено лінії зв'язку, перпендикулярні до h_1.

Суміщену проекцію точки A побудовано, як у попередньому прикладі. Через неї та точку перетину слідів P_{12} проведено суміщену проекцію фронтального сліду f_0.

Знайдено нові проекції горизонталей h' і h''. Для цього на суміщеному фронтальному сліді побудовано нові проекції точок 1_0 і 2_0, через які проведено нові проекції горизонталей h_0' і h_0'' паралельно до горизонтального сліду h_1 площини $Г$. На перетині їх з відповідними лініями зв'язку побудовано нові проекції точок B і C. $A_0B_0C_0$ – натуральна величина трикутника ABC.

Побудова у площині геометричної фігури заданої форми

На рис.21 дано дві проекції площини $Г$, заданої слідами (f, h). Задано фронтальну проекцію точки O. Потрібно побудувати у площині $Г$ коло радіуса R з центром у точці O.

Для розв'язання задачі площину $Г$ потрібно сумістити, наприклад, з горизонтальною площиною проекцій. На суміщеній проекції слід побудувати коло, а потім разом з площиною $Г$ повернути у вихідне положення.

Спершу через точку O проведено горизонталь h' і на ній побудовано горизонтальну проекцію O_1 центра кола. Для побудови суміщеної проекції f_0 фронтального сліду використано точку A – точку його перетину з горизонталлю h'. При обертанні площини $Г$ навколо її горизонтального сліду h точки рухаються у вертикальних площинах, перпендикулярних до h_1. Відстані від точки перетину слідів до точки A (і до будь-яких точок на фронтальному сліді) на фронтальній і суміщеній проекціях однакові.

Побудовано суміщену проекцію горизонталі h'_0 та знайдено суміщену проекцію O_0 центра кола. Побудовано коло заданого радіуса R.

На фронтальній та горизонтальній площинах проекцій коло зобразиться еліпсами. Для їх побудови необхідно знайти ряд характерних точок, зокрема тих, які визначать велику та малу осі еліпсів на $П_1$ і $П_2$.

Велику вісь еліпса на $П_1$ визначать точки 1 і 2, що належать горизонталі h', яка проходить через центр кола. Велику вісь еліпса на $П_2$ визначать точки 3 і 4, що належать фронталі f', яка проходить через центр кола. Ці точки можна побудувати як з використанням суміщеної проекції кола, так і без неї, оскільки довжина великих осей еліпсів – проекцій кола дорівнює його діаметру.

Малі осі еліпсів належать прямим максимального нахилу площини $Г$ до $П_1$ і $П_2$, які проходять через центр кола. Малу вісь еліпса на $П_1$ визначать точки 5 і 6 прямої, перпендикулярної до горизонталі h'. Через точки 5_0 і 6_0 на суміщеній проекції кола проведено додаткові горизонталі, які перетинають фронтальний слід f відповідно у точках D і E. Побудовано горизонтальні проекції цих горизонталей, на яких визначено проекції точок 5_1 і 6_1.

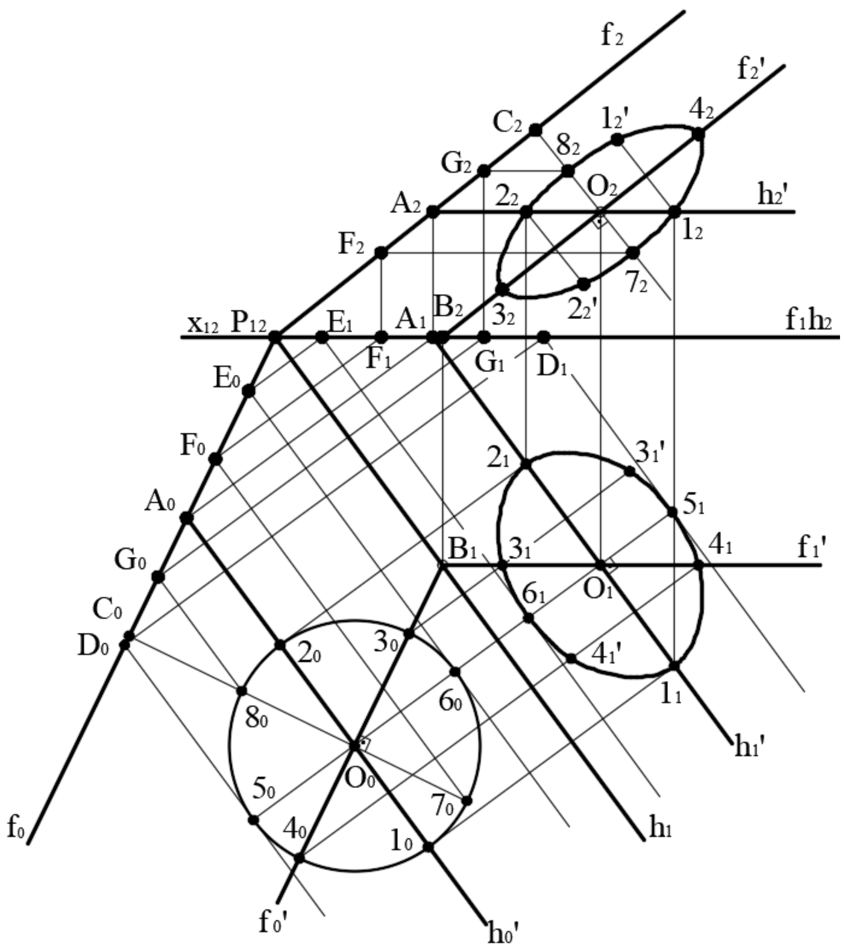


Рис.21

Малу вісь еліпса на Π_2 визначать точки *7* і *8* прямої *CO*, перпендикулярної до фронталі f'. На суміщеній проекції кола через точки 7_0 і 8_0 також проведено додаткові горизонталі, які перетинають фронтальний слід *f* у точках *F* і *G*. Побудовано фронтальні проекції цих горизонталей, на яких визначено проекції точок 7_2 і 8_2.

На горизонтальній проекції побудовано точки $3_1'$ та $4_1'$, симетричні точкам 3_1 і 4_1 відносно великої осі *1-2* еліпса. На фронтальній проекції аналогічно знайдено точки $1_2'$ та $2_2'$, симетричні точкам 1_2 і 2_2 відносно великої осі еліпса *3-4*. Це зроблено для зручнішої побудови симетричних зображень еліпсів, що є проекціями кола.

На рис.22 зображено площину загального положення *Г*, яку задано слідами, і точку *O*, що належить цій площині. Потрібно побудувати конус обертання, основою якого є коло радіуса *R* у площині *Г* з центром у точці *O*. Задано також висоту *b* конуса.

Спочатку задану площину потрібно сумістити з площиною проекцій Π_1 обертанням навколо горизонтального сліду. На суміщеній проекції побудовано коло-основу конуса. Далі зворотнім проекціюванням побудовано еліпси – проекції кола на $П_1$ та $П_2$.

Вісь конуса буде перпендикулярна до заданої площини *Г*. Тому через центр основи конуса (точку *О*) проведено перпендикуляр до площини *Г*. Фронтальна проекція осі перпендикулярна до фронтального сліду площини, а горизонтальна проекція осі – до горизонтального сліду.

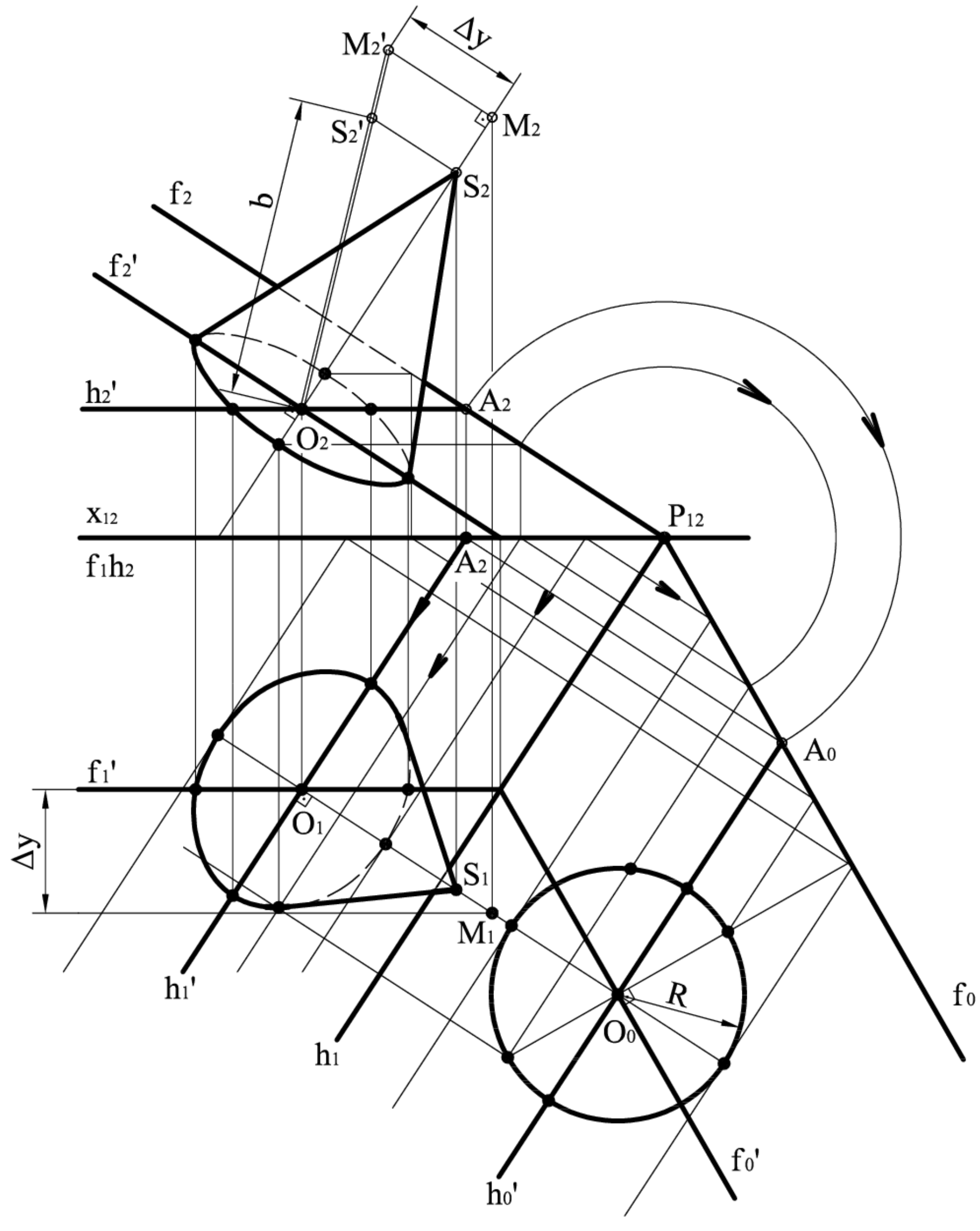


Рис.22

Для побудови конуса заданої висоти на його осі обрано довільну точку *M* і способом прямокутного трикутника визначено натуральну величину відрізка *OM* (гіпотенуза O_2M_2'). На цій гіпотенузі відкладено висоту конуса *b* і знайдено точку

S_2', за допомогою якої визначено фронтальну проекцію вершини конуса S_2. За вертикальною відповідністю знайдено горизонтальну проекцію вершини конуса S_1. Насамкінець побудовано контурні твірні конуса. Для цього з проекцій вершини S_1, S_2 проведено дотичні до еліпсів – проекцій кола – основи конуса.