

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра нарисної геометрії та комп'ютерної графіки

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання завдання

ПОБУДОВА РОЗГОРТОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

з дисципліни
«НАРИСНА ГЕОМЕТРІЯ»

Харків 2016

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри нарисної геометрії та комп'ютерної графіки 10 березня 2016 р., протокол № 6.

Методичні вказівки рекомендуються для студентів механічного факультету 1 курсу всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти Г.В. Морозова,
Н.В. Грінченко

Рецензент

проф. А.П. Фалендиш

РОЗГОРТКИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

У сучасному світі сфера застосування розгорток дуже велика. Людина, сама про те не замислюючись, практично кожен день стикається з ними.

Розгорткою багатогранної поверхні називається плоска фігура, що отримується послідовним поєднанням всіх граней поверхні з однією площиною. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що будь-яку об'ємну фігуру можна подати у вигляді плоского креслення, і це стосується не тільки багатогранників, але й тіл обертання. Побудова розгортки зводиться до визначення дійсної величини плоских фігур і площ криволінійних частин фігур, що обмежують їх, і виконуються в такому порядку:

1) проводиться аналіз поверхні деталі або фігури, визначається характер поверхонь, що обмежують конструкцію (розгортаються чи ні);

2) апроксимуються поверхні, що не розгортаються, конічні або циліндричні поверхні;

3) вписуються в криволінійні поверхні (або описуються навколо них) багатогранники;

4) вибирається спосіб побудови розгортки;

5) визначаються дійсні величини ребер апроксимуючої багатогранної поверхні;

б) будується розгортка на вільному місці креслення.

Апроксимація (лат. *Approximate* — *наближати*) — наближене вираження одних математичних (геометричних) об'єктів іншими, простішими наприклад кривих ліній — ламаними.

Існують різні способи побудови розгорток. Їх можна розділити на три основні групи: точні, наближені й умовні.

Точні у свою чергу включають у себе такі способи:

– спосіб нормального перетину (застосовується для побудови точних розгорток бічних поверхонь призм і циліндрів);

– спосіб розкочування (застосовується для побудови точної розгортки бічної поверхні призми). Цей спосіб зручний, якщо ребра призми паралельні одній площині проєкцій, а сторони основ – іншій;

– спосіб триангуляції (застосовується для побудови розгортки поверхні будь-якого багатогранника).

Наближені:

– спосіб призм, що апроксимуються (застосовується для побудови наближених розгорток відсіків циліндричних поверхонь);

– спосіб пірамід, що апроксимуються (застосовується для побудови розгорток бічних поверхонь конусів);

– спосіб трикутників, що апроксимуються (застосовується для побудови наближених розгорток відсіків торів).

Умовні (застосовуються для поверхонь, що не розгортаються):

– спосіб конусів і циліндрів, що апроксимуються;

– спосіб трикутників, що апроксимуються.

На цих способах побудови розгорток засноване виробництво безлічі видів продукції сучасної промисловості в таких галузях, як швейна, суднобудівельна, машинобудування і багатьох інших. У підсумку виходить, що майже все, що нас оточує, так чи інакше виконано за допомогою розгорток.

Виготовлення різних розгорток розвиває просторове мислення людини, саме тому в курсі нарисної геометрії вчать робити найпростіші розгортки геометричних тіл.

Представляючи поверхню у вигляді гнучкої плівки, але такої, що не розтягується, можна говорити про таке перетворення поверхні, при якому поверхня поєднується з площиною без складок і розривів. Поверхні, які допускають таке перетворення, називаються поверхнями, що розгортаються. Поверхні, які не можуть бути накладені на площину без складок і розривів, називаються поверхнями, що не розгортаються.

Ознаку здатності до швидкого розгортання поверхні можна визначити так: поверхня буде розгортатися, якщо дотична площини у всіх точках однієї і тієї самої її прямолінійної твірної постійна (рисунок 1).

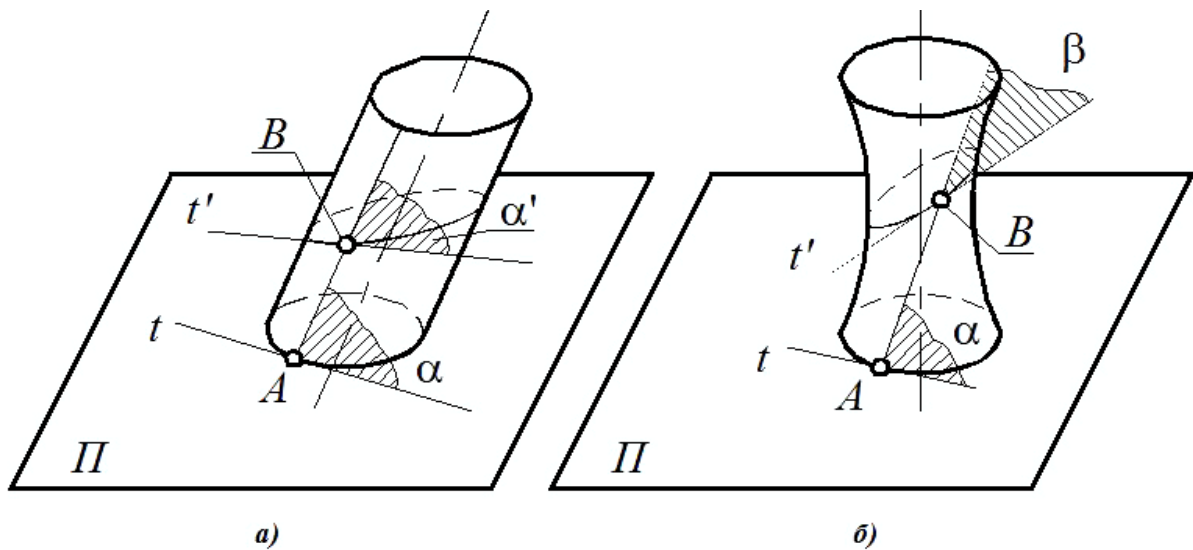


Рисунок 1 – Поверхня, що розгортається (а); не розгортається (б)

До поверхонь, що розгортаються, можна віднести багатогранні поверхні. **Розгорткою багатогранної поверхні** є плоска фігура, отримана послідовним поєднанням з однією і тією самою площиною всіх її граней (рисунок 2).

Тому побудова розгортки багатогранної поверхні зводиться до визначення натуральної величини окремих її граней.

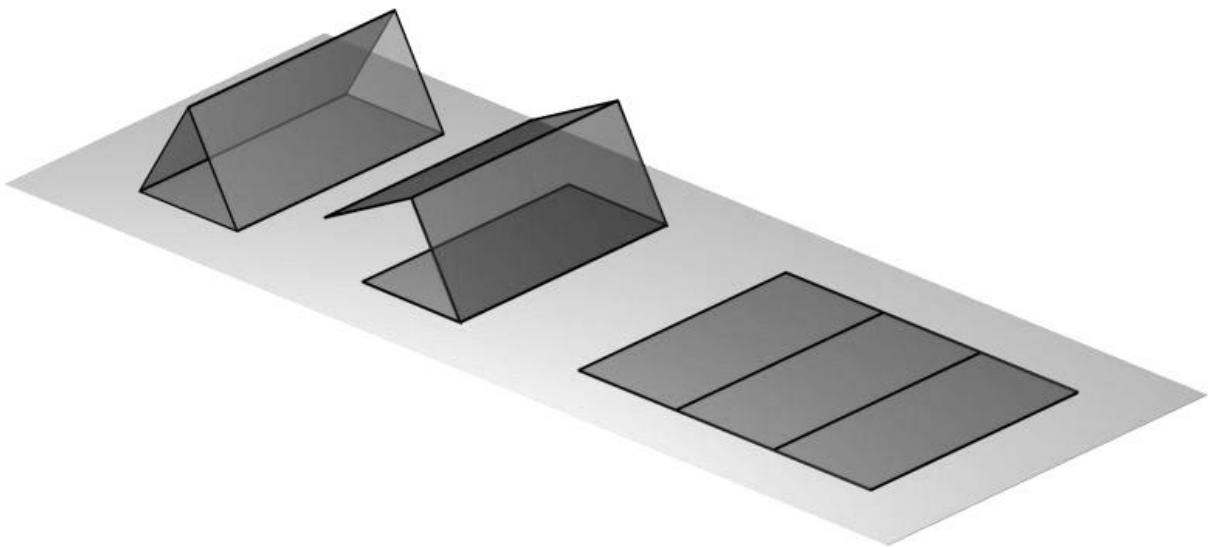


Рисунок 2 – Розгортка багатогранної поверхні

З класу лінійчатих поверхонь такими, що розгортаються, будуть тільки циліндричні, конічні і поверхні з ребром повернення (торси) (рисунок 3).

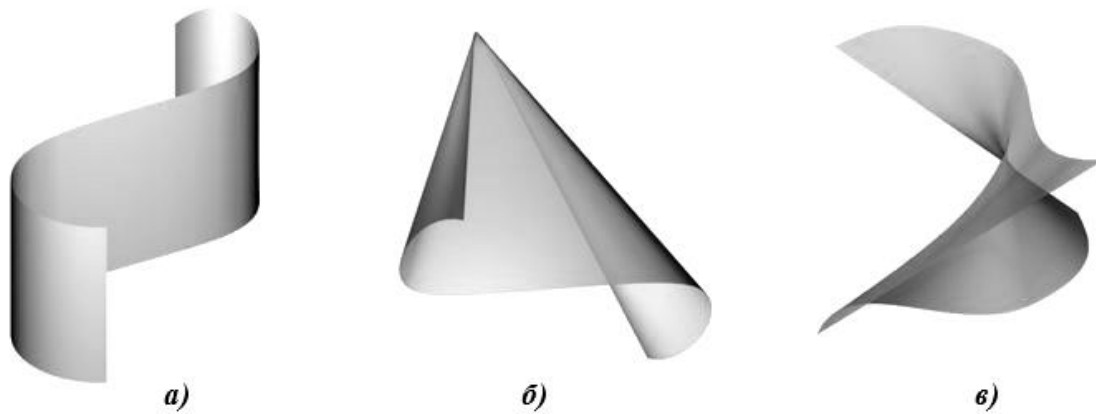


Рисунок 3 – Лінійчаті поверхні, що розгортаються:
циліндрична (а); конічна (б); торс (в)

Усі криволінійні поверхні є такими, що не розгортаються, оскільки на них взагалі не можна провести пряму лінію.

Побудова розгорток поверхонь є важливим технічним завданням і має велике практичне значення при конструюванні різних виробів з листового матеріалу, оскільки у промисловості застосовується багато конструкцій у вигляді судин і трубопроводів, виконаних з листового матеріалу способом згинання.

При цьому слід зазначити, що часто доводиться виготовляти з листового матеріалу не тільки поверхні, що розгортаються, але й поверхні, що не розгортаються. У цьому випадку поверхню, що не розгортається, розбивають на частини, які можна замінити поверхнями, що розгортаються, а потім будують розгортки цих частин.

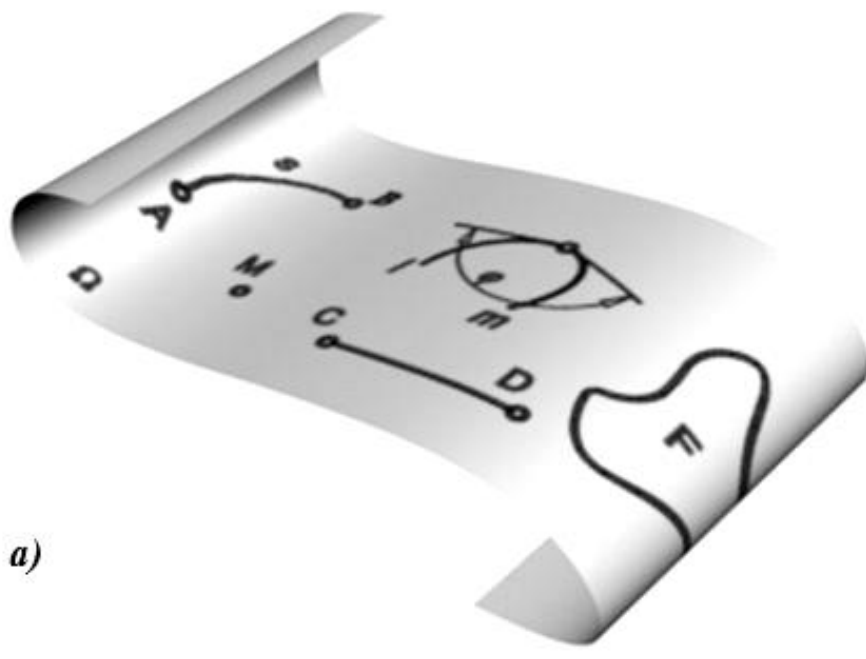
Якщо розглядати поверхню та її розгортку як точкові множини, то між цими двома множинами встановлюється взаємно однозначна відповідність. Кожній точці на поверхні відповідає єдина точка розгорнення, кожної лінії відповідає лінія на розгортці й навпаки.

Зазначена взаємно однозначна відповідність має низку дуже важливих властивостей:

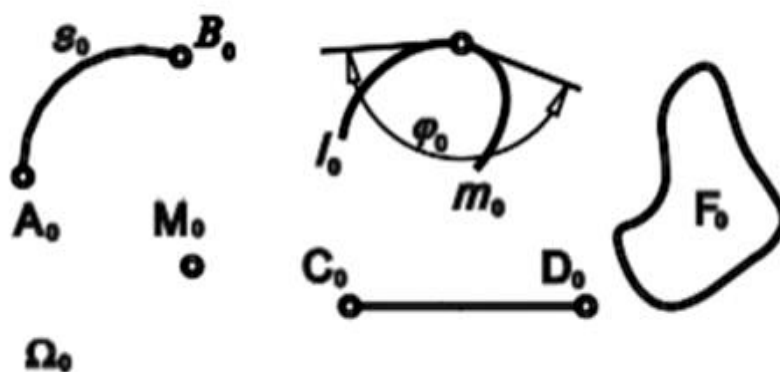
- довжини двох відповідних ліній розгортки і поверхні рівні між собою;
- кути, утворені лініями на розгортці, і кути між відповідними лініями на поверхні рівні;

– замкнута лінія на поверхні й відповідна їй лінія на розгортці обмежують однакову площу.

Ці властивості коротко можна сформулювати так: поверхня Ω називається тією, що розгортається на площину Ω_0 , якщо між їх точками M і M_0 (рисунок 4) можна встановити взаємно однозначну відповідність, при якій зберігаються довжини ліній, розташованих на поверхні, величини кутів між лініями і площі фігур, обмежених замкнутими лініями.



a)



б)

Рисунок 4 – Отримання розгортки поверхні: поверхня (а); розгортка поверхні (б)

Таким чином, довжина S дуги AB дорівнює довжині S_0 дуги A_0B_0 , кут φ дорівнює куту φ_0 і площа F дорівнює площі F_0 .

Після цього розгортку можна визначити як таке геометричне перетворення поверхні в плоску фігуру, яке є взаємно однозначним і має зазначені раніше властивості.

Також необхідно відзначити ще дві важливі властивості:

- пряма лінія на поверхні переходить у пряму на розгортці;
- паралельні прямі переходять теж у паралельні прямі.

Розглянемо простий приклад, на якому можна легко бачити зазначені основні властивості.

На рисунку 5 зображені конус і його розгортка, що має вигляд кругового сектора. Прямолінійна твірна SA на конусі переходить у відповідну їй пряму S_0A_0 . Положення точки S_0 обирається довільно. Довжина кривої q дорівнює довжині відповідної їй кривої q_0 на розгортці. Кут між SA і q визначається як кут між SA і дотичною t в точці A і є прямим, переходить у рівний кут між S_0A_0 і дотичною t_0 . Площа поверхні конуса і площа кругового сектора розгортки рівні між собою.

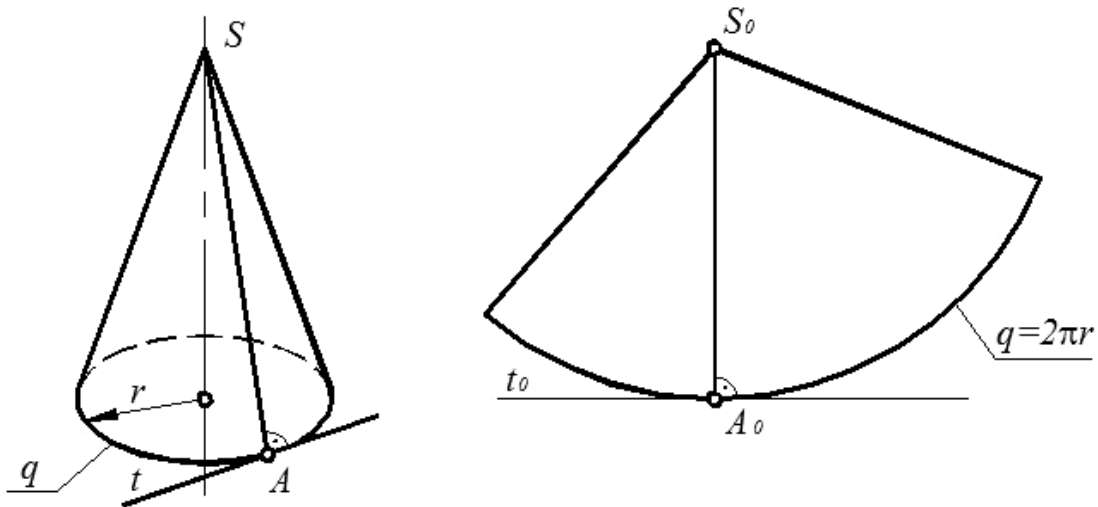


Рисунок 5 – Поверхня конуса і його розгортка

Розгортка поверхні прямої призми

Розгортка поверхні прямої призми є плоскою фігурою, складеною з бічних граней – прямокутників і двох рівних між собою багатокутників основ. Для прикладу взята правильна пряма шестигранна призма. Всі бічні грані призми –

прямокутники, рівні між собою по ширині a і висоті H ; основи призми – правильні шестикутники зі стороною, рівною a . Оскільки справжні розміри граней нам відомі, не важко виконати побудову розгортки. Креслення розгортки правильної прямої шестигранної призми виконується так (рисунок б):

1 Для цього на горизонтальній прямій послідовно відкладають шість відрізків, рівних стороні основи a шестикутника, тобто $6a$.

2 З отриманих точок будують перпендикуляри, рівні висоті призми H , і через кінцеві точки перпендикулярів проводять другу горизонтальну пряму. Отриманий прямокутник ($H \times 6a$) є розгорткою бічної поверхні призми.

3 Потім на одній осі прилаштовують фігури основ – два шестикутники зі сторонами, рівними a . Контур обводять суцільною основною лінією, а лінії згину – штрихпунктирною з двома точками.

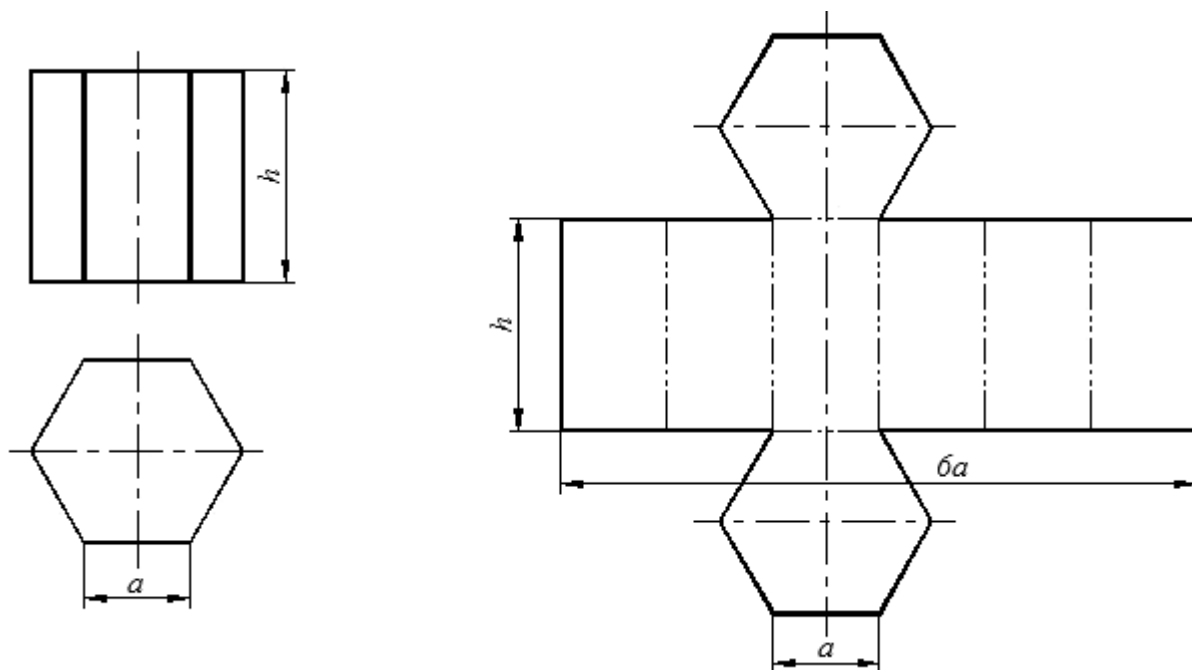


Рисунок б – Розгортка прямої призми

Точка на розгортці призми

Точка A на поверхні розгортки шестигранної призми будується так. На горизонтальній проекції призми вимірюють відстань h від однієї з вершин основи до горизонтальної проекції

точки A_1 . На фронтальній проекції призми вимірюють відстань H від основи до фронтальної проекції точки A_2 . Відстані h та H відкладають на відповідній грані розгортки призми та отримують на ній точку A_0 (рисунок 7).

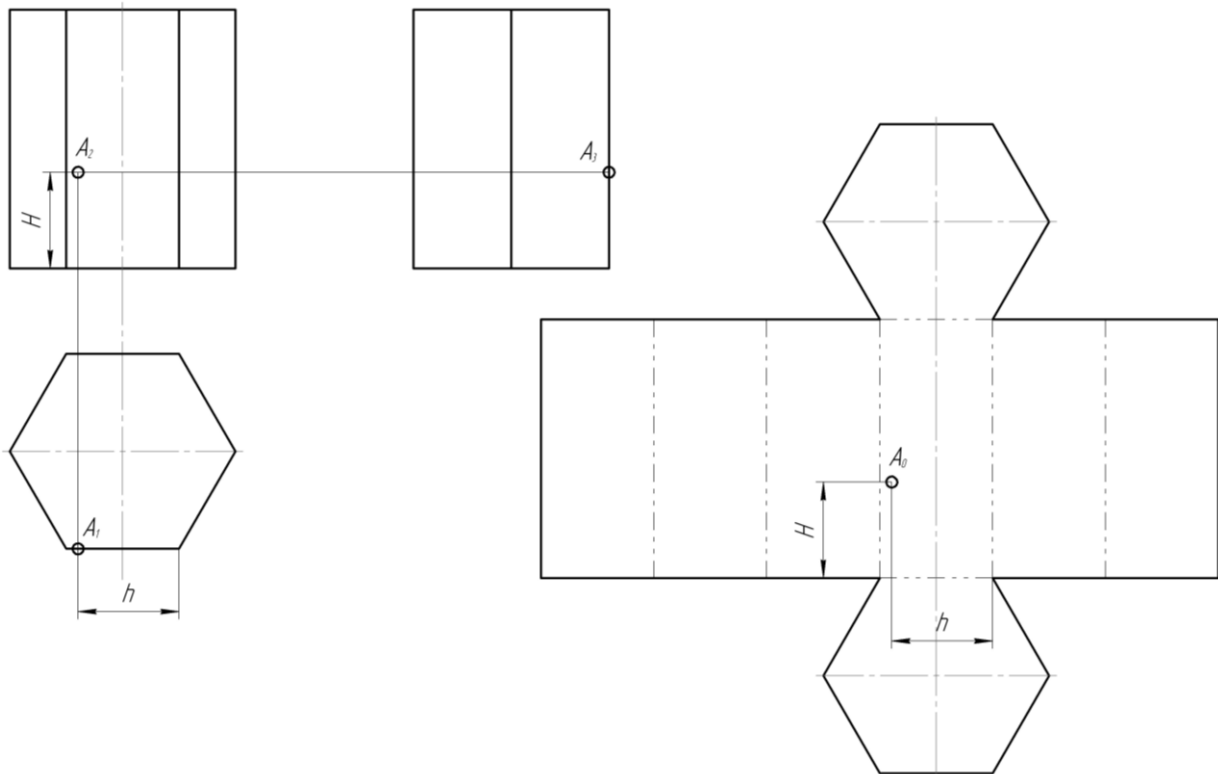


Рисунок 7 – Побудова точки на розгортці призми

Розгортка поверхні правильної піраміди

Розгортка поверхні правильної піраміди являє собою плоску фігуру, складену з бічних граней – рівнобедрених або рівносторонніх трикутників і правильного багатокутника основи. Для прикладу взята правильна чотирикутна піраміда.

Креслення розгортки правильної піраміди виконується так (рисунок 8):

1 З довільної точки S_0 , як з центра, проводять дугу радіусом L , який дорівнює довжині бічного ребра піраміди, оскільки в цьому прикладі ребра піраміди є лініями рівня.

2 На цій дузі відкладають чотири відрізки, які дорівнюють стороні основи піраміди, яка на ортогональному кресленні проектується в натуральну величину, тому що теж є лінією рівня.

3 Знайдені точки з'єднують прямими лініями з точкою S_0 .

4 До основи одного з трикутників прилаштовують квадрат, який дорівнює основі піраміди.

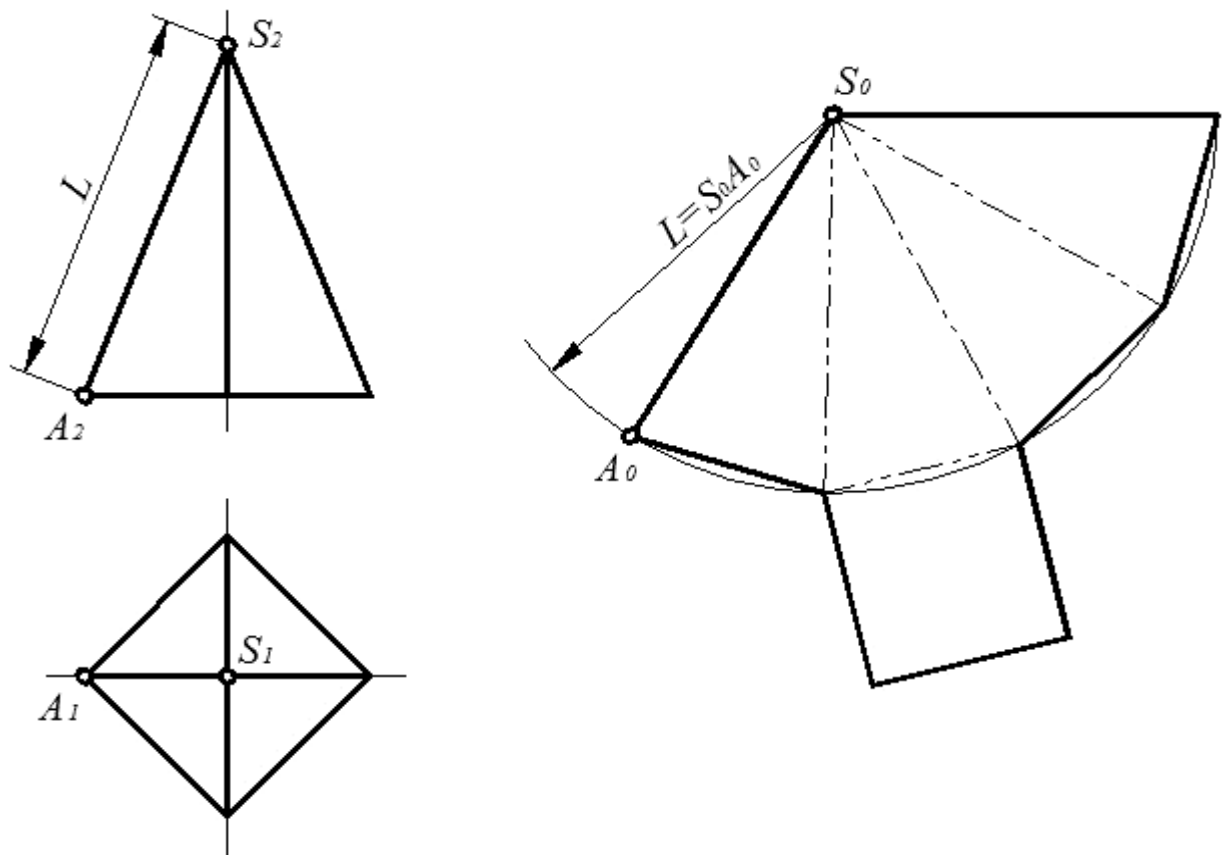


Рисунок 8 – Розгортка піраміди

Точка на розгортці піраміди

Положення точки B на поверхні розгортки шестигранної піраміди визначається в такому порядку. Через фронтальну проекцію точки проводять горизонтальну пряму до перетину з бічними ребрами. Отримують проекції точок l_2 і 2_2 . Вимірюють відстань H по бічному ребру, яке проектується в натуральну величину на фронтальній проекції піраміди, та h – відстань між проекціями точок 2_2 та B_2 . На бічному ребрі розгортки піраміди відкладають відрізок H та з отриманої точки l_0 проводять пряму l_02_0 паралельно ребру основи. На прямій l_02_0 відкладають відстань h . Так отримують точку B_0 на розгортці піраміди (рисунок 9).

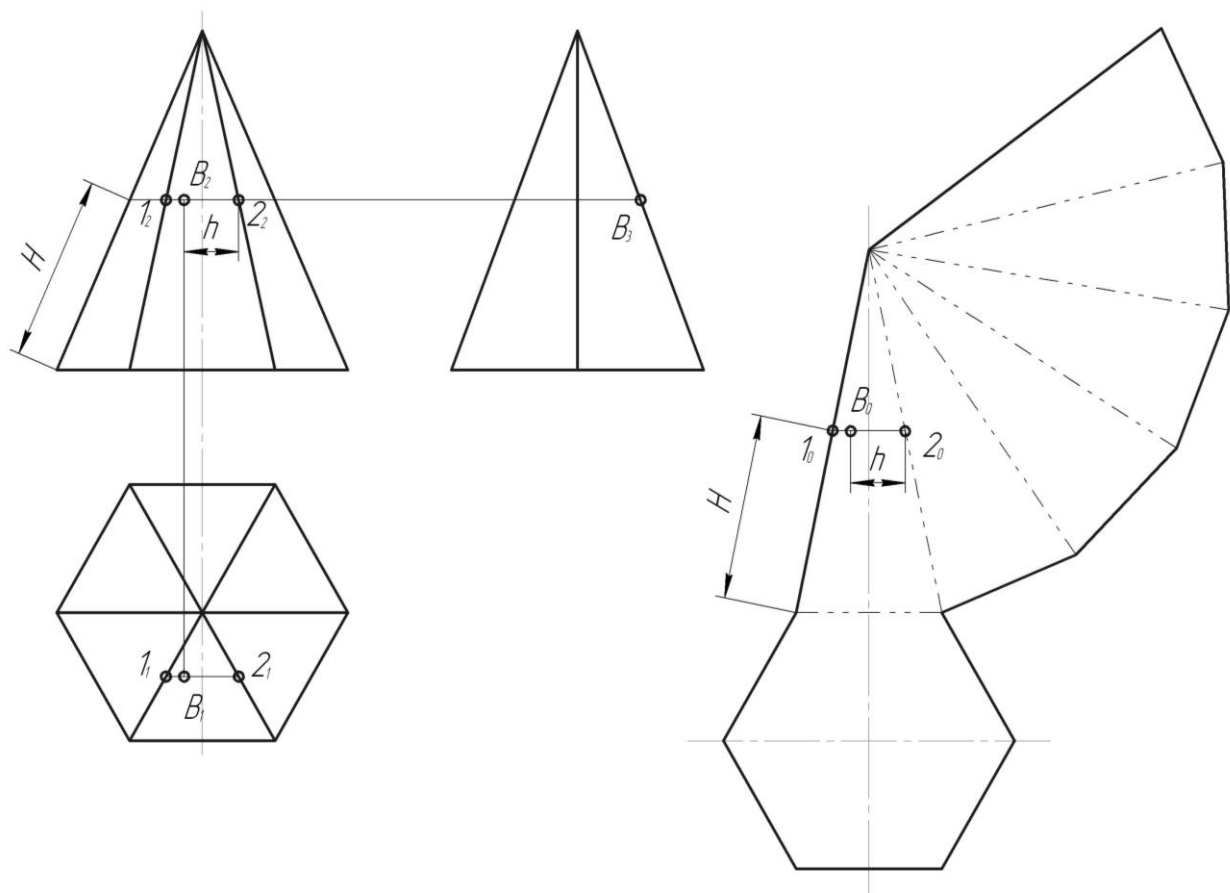


Рисунок 9 – Побудова точки на розгортці піраміди

Розгортка поверхні прямого кругового конуса

Розгортка поверхні прямого кругового конуса має вигляд плоскої фігури, що складається з кругового сектора і кола.

Креслення розгортки прямого кругового конуса виконується так (рисунок 10):

1 Провести осьову лінію і з точки S_0 , що розташована на ній, як з центру, проводять дугу радіусом L , яка дорівнює твірній конуса.

2 Визначити кут сектора за формулою

$$\alpha = \frac{360^\circ \times R}{L},$$

де R – радіус кола основи конуса,

L – довжина твірної конуса.

3 Отриманий кут розташувати симетрично відносно осьової лінії з вершиною в точці S_0 .

4 До отриманого сектора прилаштувати коло з центром на осьовій лінії і діаметром, який дорівнює діаметру основи конуса.

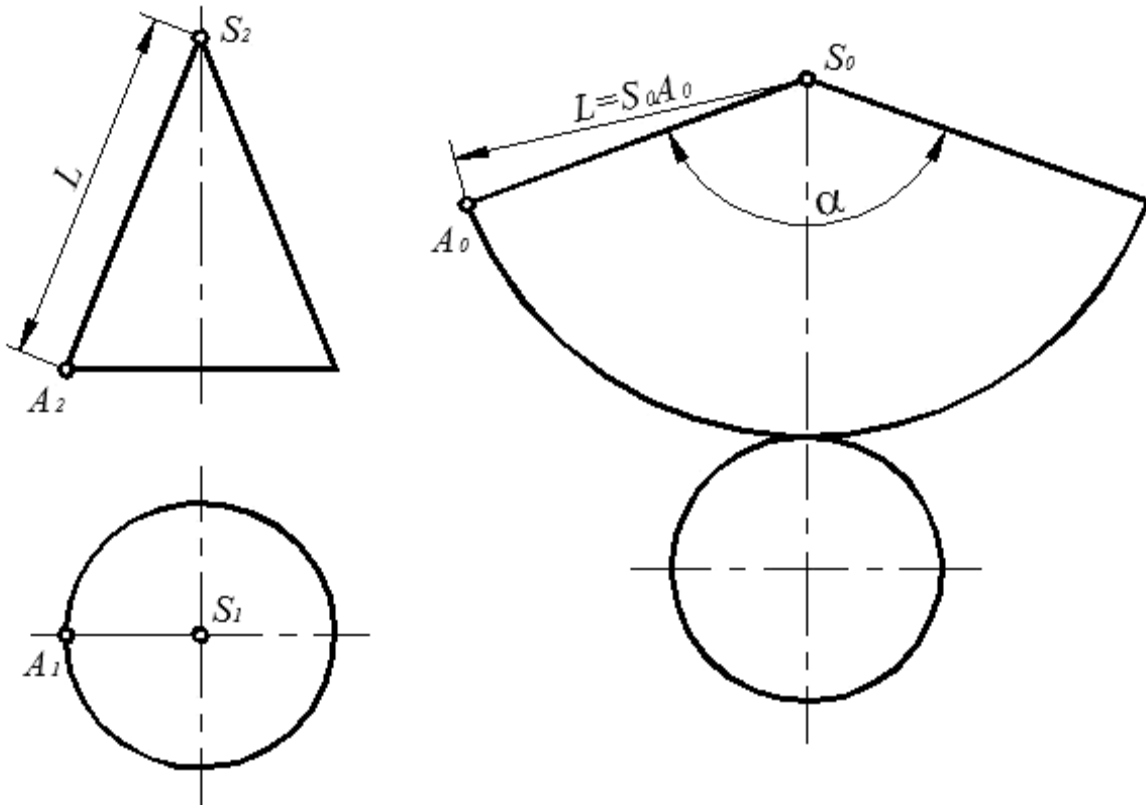


Рисунок 10 – Розгортка прямого кругового конуса

Точка на розгортці конуса

Положення точки на поверхні розгортки конуса визначається в такому порядку. Насамперед визначають положення проєкцій точки D способом допоміжної твірної, яку проводять із вершини конуса через задану проєкцію точки до перетину з основою конуса. Розгортку кінчної поверхні будують способом триангуляції, тобто вписують у конус дванадцятигранну піраміду. На горизонтальній проєкції вимірюють відстань h від однієї з вершин основи піраміди (точки Z_1) до точки перетину допоміжної твірної з основою піраміди. На фронтальній проєкції вимірюють відстань H на бічній контурній твірній від основи до точки перетину горизонтальної прямої, яка проходить через

фронтальну проекцію точки D_2 , і бічної контурної твірної (рисунок 11).

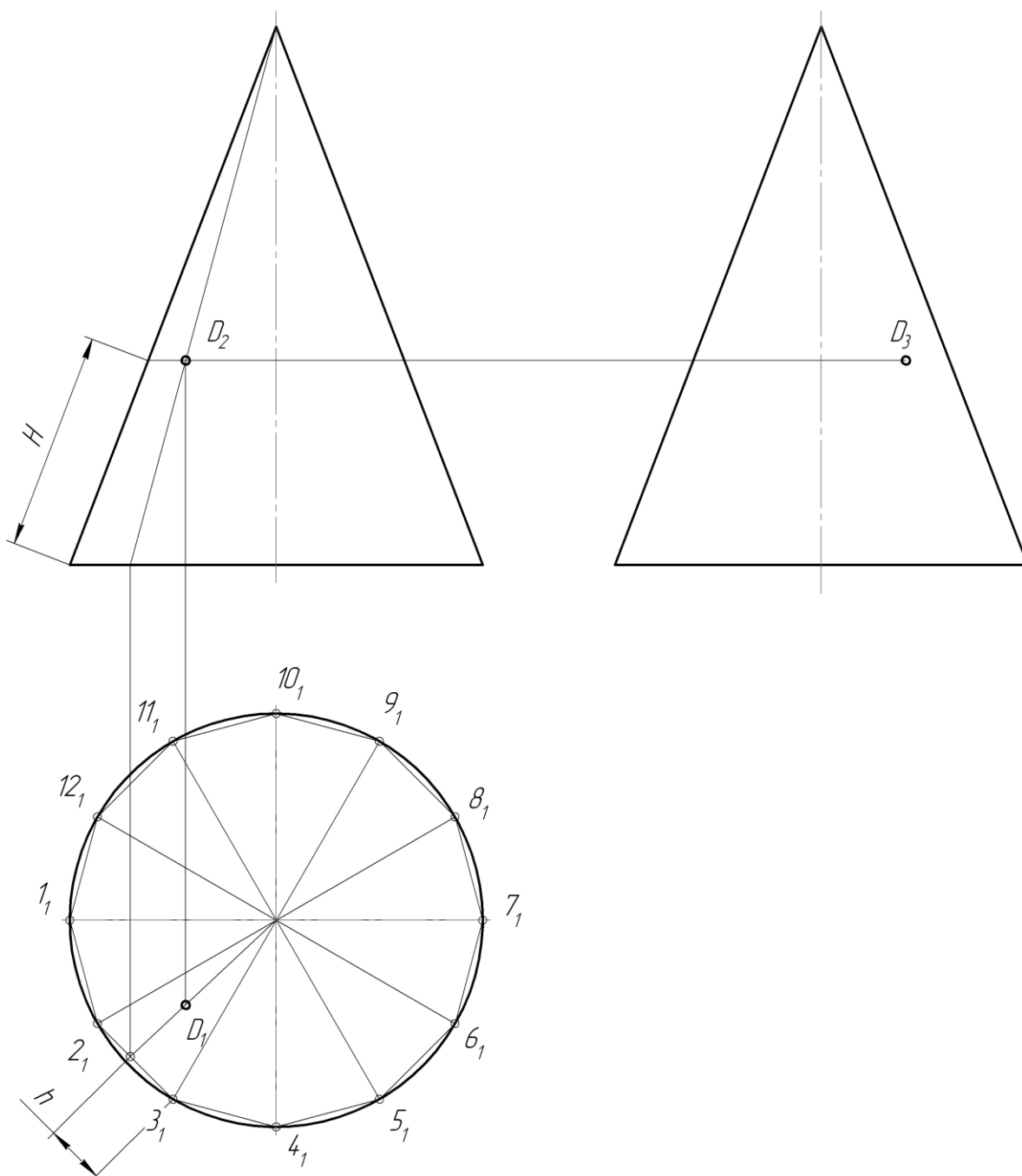


Рисунок 11 – Побудова точки на поверхні конуса

Відстані h та H відкладають на розгортці конуса та отримують на ній точку D_0 (рисунок 12).

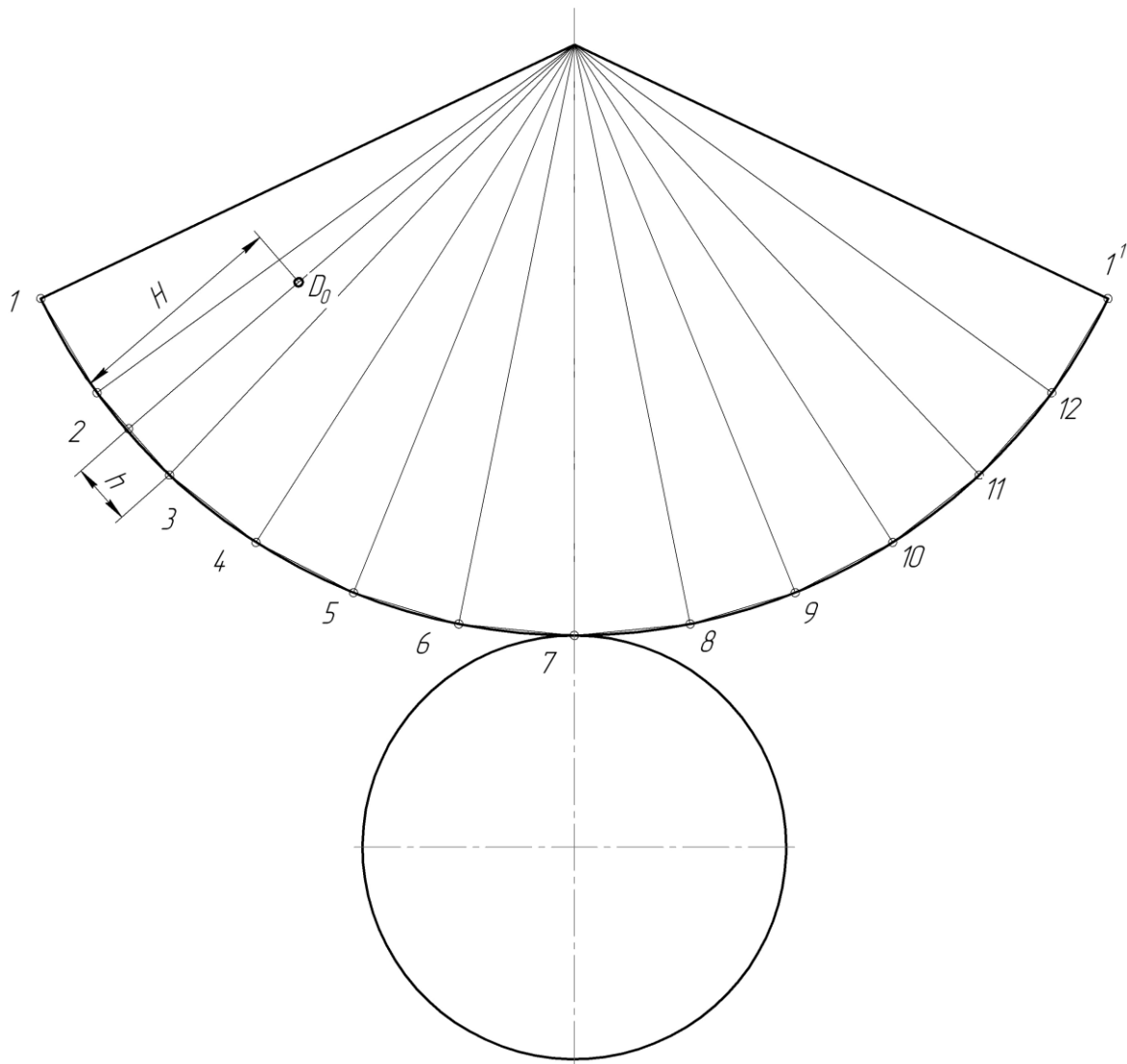


Рисунок 12 – Побудова точки на розгортці конуса

Розгортки циліндричних і призматичних поверхонь

Способи побудови креслень розгорток циліндричних і призматичних поверхонь ідентичні, оскільки циліндричну поверхню можна розглядати як окремий випадок призматичної.

Зазвичай використовують один з двох способів побудови: спосіб розкочування або спосіб нормального перетину.

Розгортка поверхні прямого кругового циліндра

Розгортка поверхні прямого кругового циліндра є плоскою фігурою, що складається з прямокутника і двох кіл (рисунок 13).

Одна сторона прямокутника дорівнює висоті циліндра, інша – довжині кола основи. Довжину кола можна визначити за формулою

$$C = \pi D,$$

де D – діаметр кола основи.

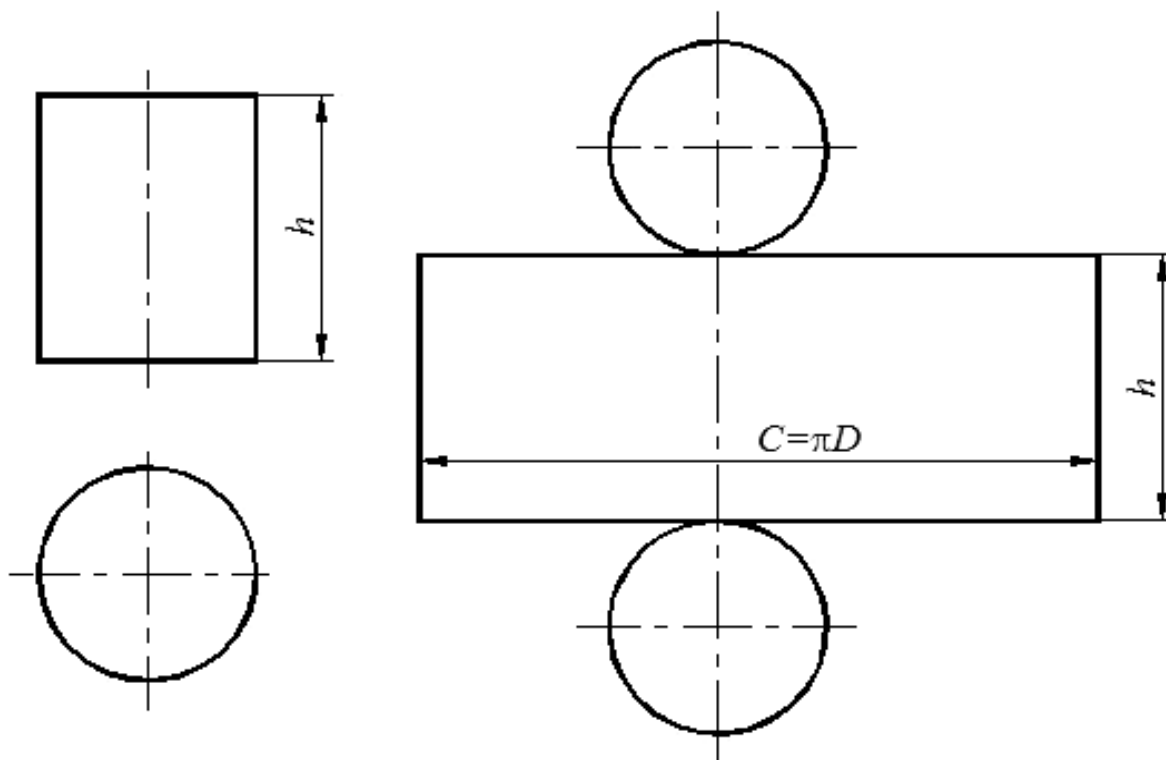


Рисунок 13 – Розгортка прямого кругового циліндра

Точка на розгортці циліндра

Положення точки C на поверхні циліндричної розгортки визначається так. Розгортку циліндричної поверхні будують способом апроксимації, тобто умовно замінюють циліндр вписаною в нього дванадцятигранною призмою. На горизонтальній проекції циліндра вимірюють відстань h від горизонтальній проекції точки C_1 до однієї з вершин дванадцятикутника 10_1 . На фронтальній проекції циліндра вимірюють відстань H від основи до фронтальної проекції точки C_2 (рисунок 14).

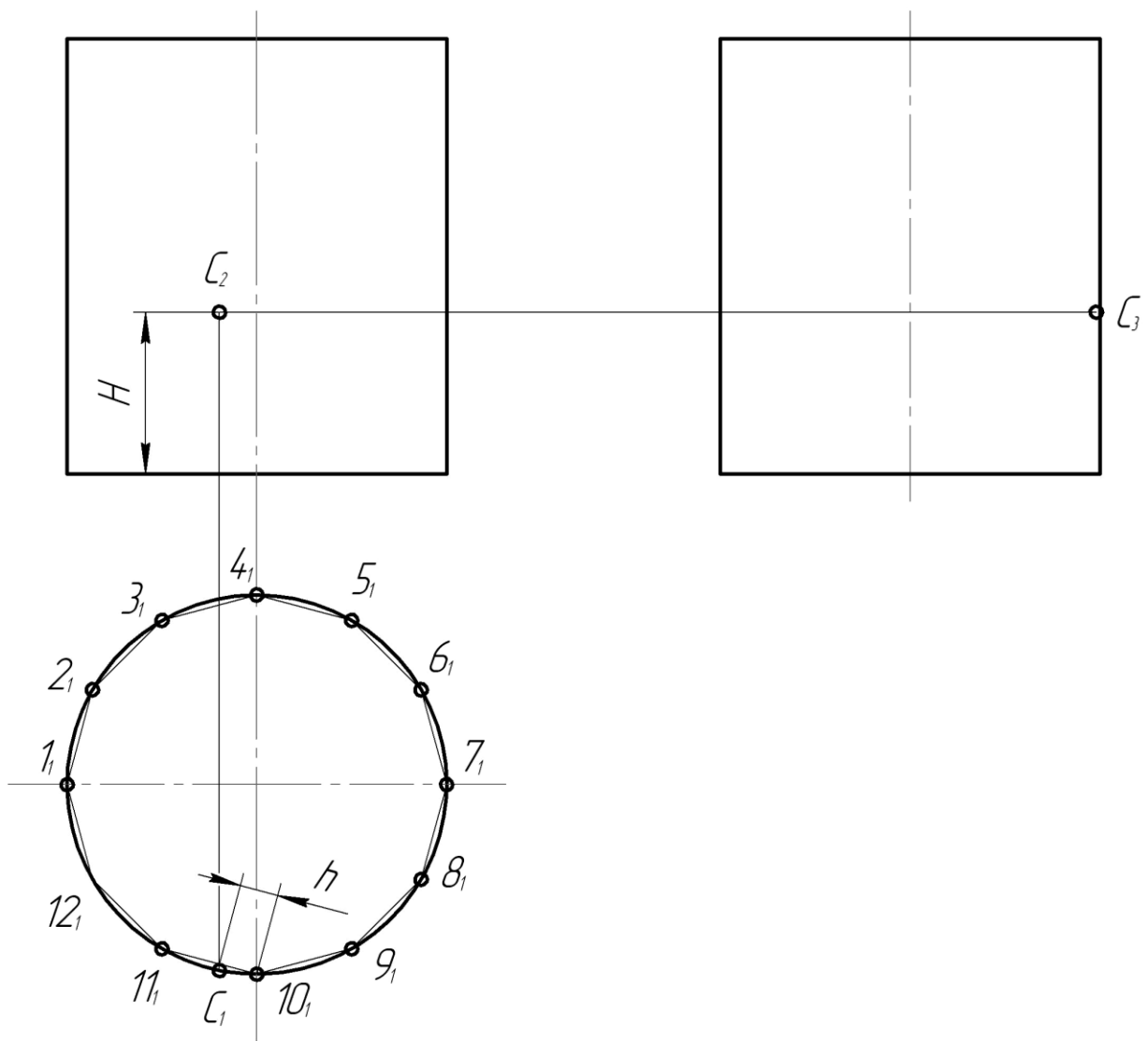


Рисунок 14 – Побудова точки на поверхні циліндра

Відстані h та H відкладають на розгортці циліндра та отримують на ній точку C (рисунок 15).

Спосіб розкочування

При побудові розгорток таким способом поверхня циліндра або призми розрізається по одній з твірних або по одному ребру і поєднується обертанням навколо твірної або навколо ребра з деякою площиною. Цей спосіб зазвичай застосовується у випадку, коли твірні циліндра або ребра призми є лініями рівня. Якщо твірні циліндра або ребра призми не є лініями рівня, то попередньо одним із способів перетворення комплексного креслення їх треба привести в стан ліній рівня.

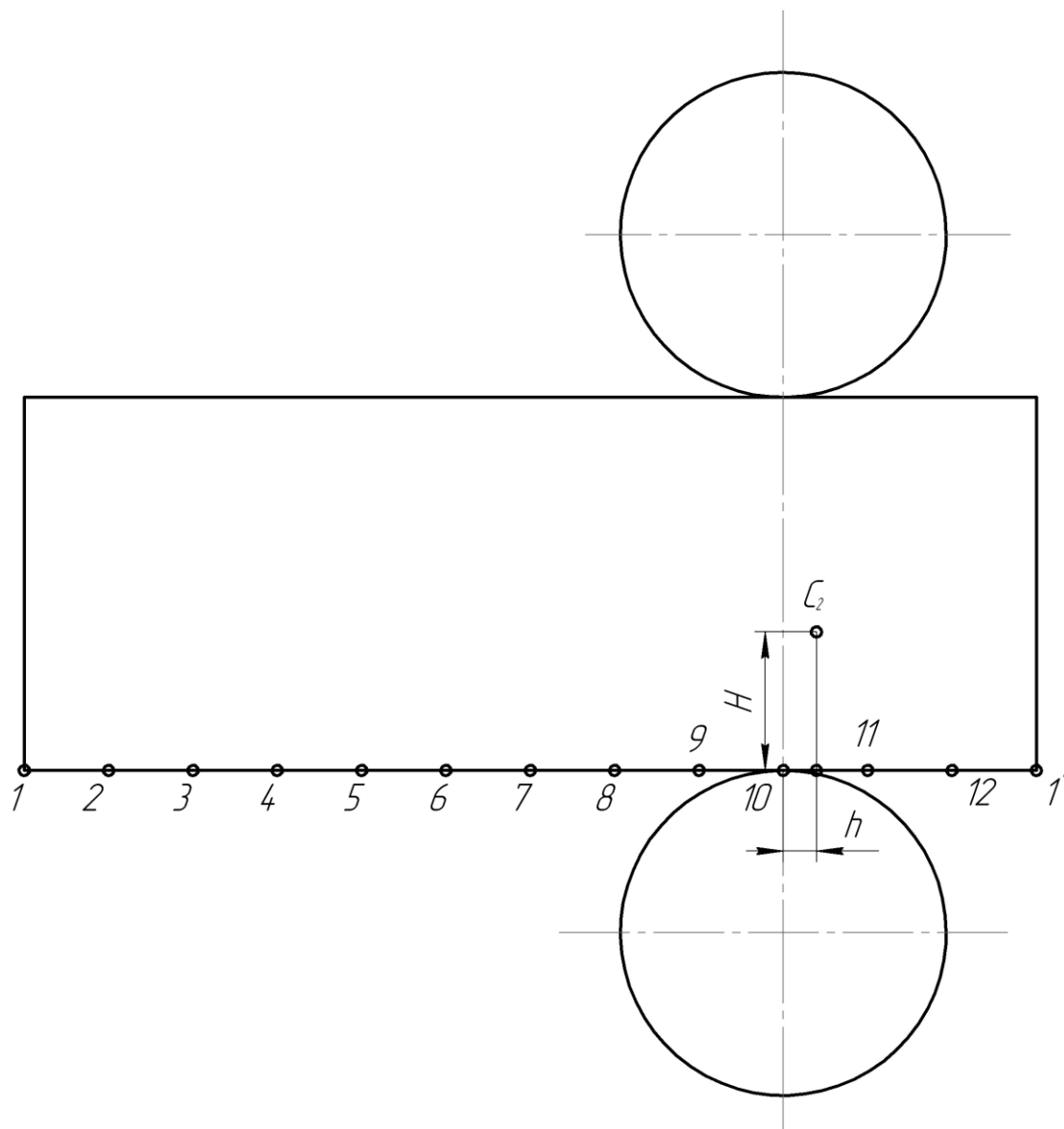


Рисунок 15 – Побудова точки на розгортці циліндра

Спосіб нормального перетину

Спосіб нормального перетину полягає в тому, що циліндр або призма перетинаються площиною, яка перпендикулярна до твірних циліндра або ребер призми. Спосіб нормального перетину застосовується в тому випадку, якщо основа призми не є площиною рівня, а основа циліндра – колом.

Будується перетин циліндра або призми цією площиною і визначається його натуральна величина. Потім перетин спрямляється, і перпендикулярно до спрямленого нормального перерізу проводяться прямі, відповідні твірним циліндра або ребрам призми, і на цих прямих відкладаються натуральні

величини твірних або ребер. Поєднавши кінці твірних або ребер плавною кривою чи ламаною лінією, отримують розгортку бічної поверхні циліндра або призми.

Розгортки методом тріангуляції

Розгортки конічних, пірамідальних та інших лінійчатих поверхонь, за винятком циліндричних поверхонь, будуються методом тріангуляції (способом трикутників). Для побудови розгорток циліндричних поверхонь даний спосіб хоча і застосовуємо, але він не зручний.

Особливості способу: поверхня замінюється вписаною або описаною багатогранною поверхнею з трикутними гранями, і будується розгортка цієї багатогранної поверхні. Іншими словами, побудова розгорток зазначених поверхонь зводиться до багаторазової побудови натурального виду трикутників. Чим на більшу кількість трикутників розбита дана поверхню, тим точніше її розгортка.

Для побудови розгортки методом тріангуляції конічну поверхню замінюють вписаною в неї поверхнею піраміди.

Розгортки поверхонь, що не розгортаються

Усі поверхні обертання, за винятком конуса і циліндра обертання, є такими, що не розгортаються, тому можуть бути побудовані лише їх умовні розгортки.

Загальний прийом побудови умовних розгорток поверхонь обертання є таким: поверхню розбивають, зазвичай площинами, на ряд частин. Кожну частину заміняють наближеною до неї поверхнею, що розгортається, зазвичай циліндричною або конічною.

На цьому засновані два способи побудови умовних розгорток поверхонь обертання: спосіб циліндрів і спосіб конусів.

Спосіб циліндрів

Спосіб циліндрів полягає в тому, що дану поверхню обертання розбивають за допомогою меридіанів на порівняно

вузькі, рівні між собою частини, потім кожен таку частину замінюють описаною циліндричною поверхнею, яка дотикається до даної поверхні в точках середнього меридіана частини (рисунок 16). Межами циліндричної поверхні будуть площини меридіанів, що обмежують дану частину.

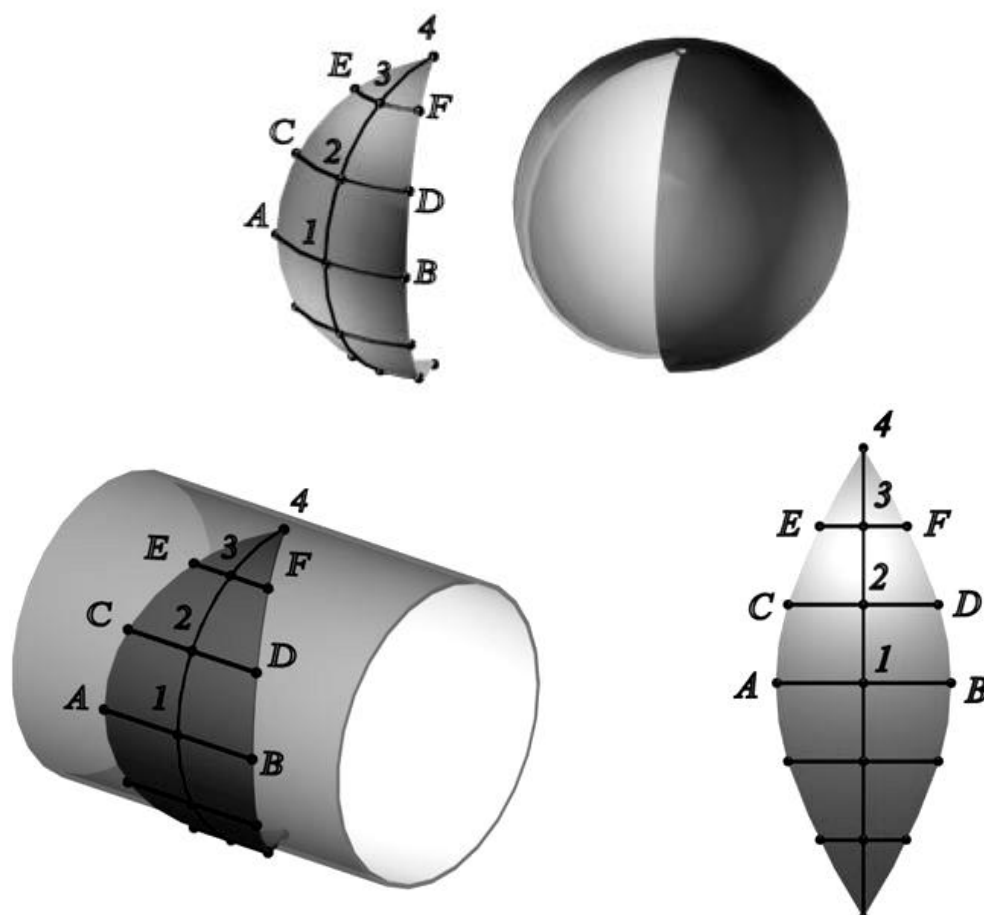


Рисунок 16 – Спосіб циліндрів

Для побудови розгортки цієї циліндричної поверхні (пелюстки) фронтальну проекцію $l-2$ головного меридіана потрібно розділити на шість рівних частин точками $1, 2, 3, 4 \dots$ і провести через точки поділу горизонтальні проекції твірних циліндричної поверхні. Потім меридіан потрібно «випрямити», тобто дуги $1-2, 2-3, 3-4$ замінити хордами $1_2-2_2, 2_2-3_2, 3_2-4_2$. Для цього на площині Π_1 через точки $1, 2, 3, 4$ провести дуги в межах однієї частини і замінити довжину кожної дуги відповідними дотичними A_1B_1, C_1D_1, E_1F_1 .

Для побудови розгортки однієї з шести частин у довільному місці провести вертикальну вісь симетрії і відкласти на ній

відрізки 1_2-2_2 , 2_2-3_2 , 3_2-4_2 з площини Π_2 , тобто довжину контурної твірної, замінену хордами:

$$1_02_0=1_22_2; \quad 2_03_0=2_23_2; \quad 3_04_0=3_24_2.$$

Через точки 10, 20, 30, 40 провести горизонтальні лінії і відкласти на них такі відрізки:

$$A_0B_0=A_1B_1; \quad C_0D_0=C_1D_1; \quad E_0F_0=E_1F_1.$$

З'єднавши отримані точки плавною кривою лінією, отримують розгортку однієї частини даної сфери, яка дорівнює $1/6$ її частини. Розгортки інших частин є повторенням першої. Зазвичай сферу, як і будь-яку іншу поверхню обертання, розбивають на дванадцять і більше частин для отримання більш точної розгортки.

Щоб нанести на розгортці точку L (див. рисунок 17), що належить сфері, потрібно попередньо повернути її до суміщення з головним меридіаном l , отримавши L' (L'_1 , L'_2). Потім виміряти на Π_2 відстань від повернутого положення точки $L(L'_2)$ до найближчого поділу меридіана (у даному випадку це відстань L'_23_2), а на Π_1 виміряти відстань від точки L до проекції середнього меридіана частини, на якій знаходиться точка L .

За допомогою цих двох відстаней будується на розгортці потрібної частини точка L_0 , відповідна даній точці L (рівність відповідних відрізків позначено спеціальними значками).

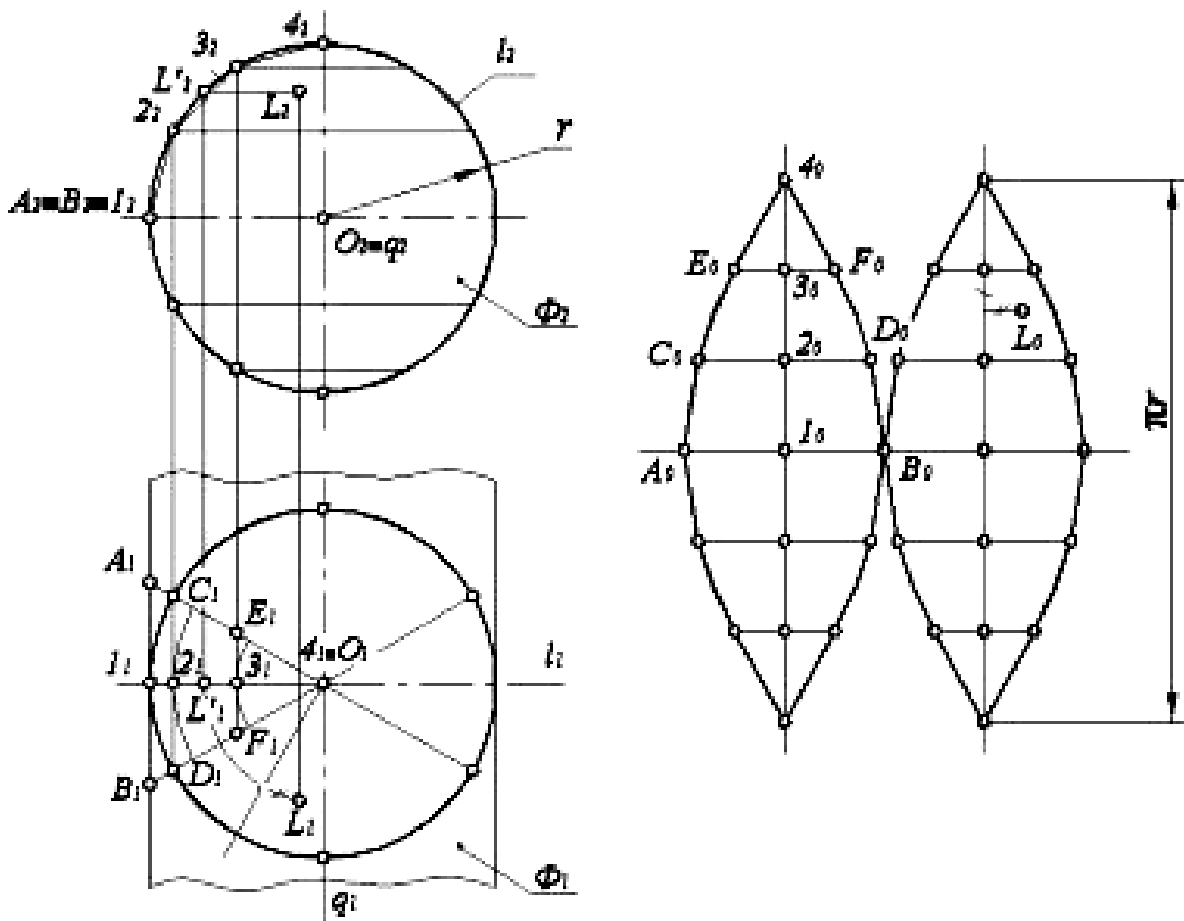


Рисунок 17 – Побудова розгортки сфери способом циліндрів

Спосіб конусів

Спосіб конусів полягає в заміні поверхні обертання іншою поверхнею, що складається з конусів, вписаних у дану поверхню. Таким чином, поверхня обертання виявляється розділеною на кілька частин (поясів), кожна з яких замінена конусом.

Після того як окремі конуси згорнуті і складені, кола, у які переходять дуги, повинні попарно збігатися і бути колами на заданій поверхні.

Отже, можна зробити висновок, що деякі кола на поверхні виявилися лініями розривів на її розгортці, і, таким чином, у цьому випадку порушено одну з основних властивостей розгортки. Це можна бачити на розгортках усіх поверхонь, що не розгортаються (див. рисунки 18, 19).

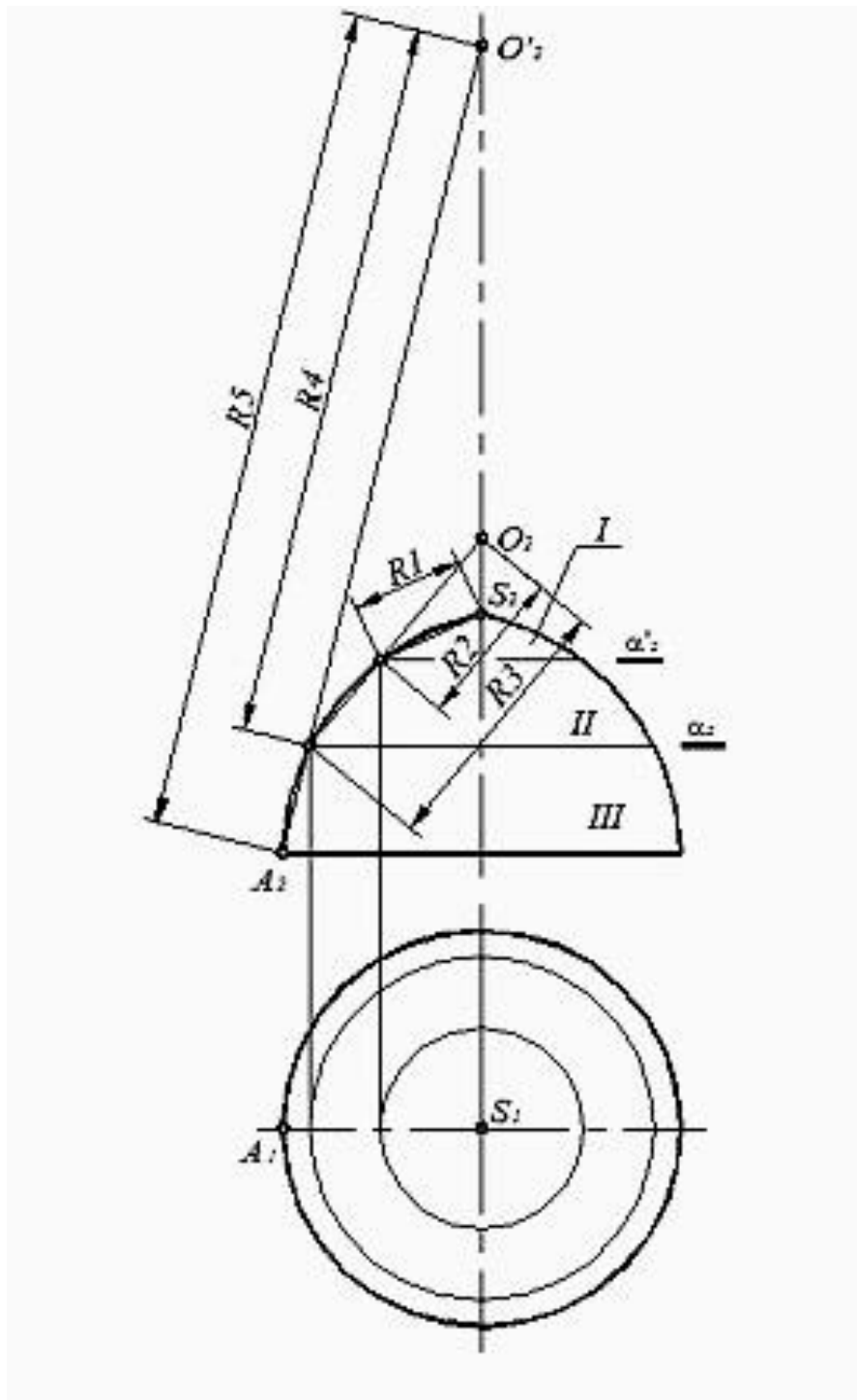


Рисунок 18 – Розбиття поверхні обертання довільного вигляду на конуси

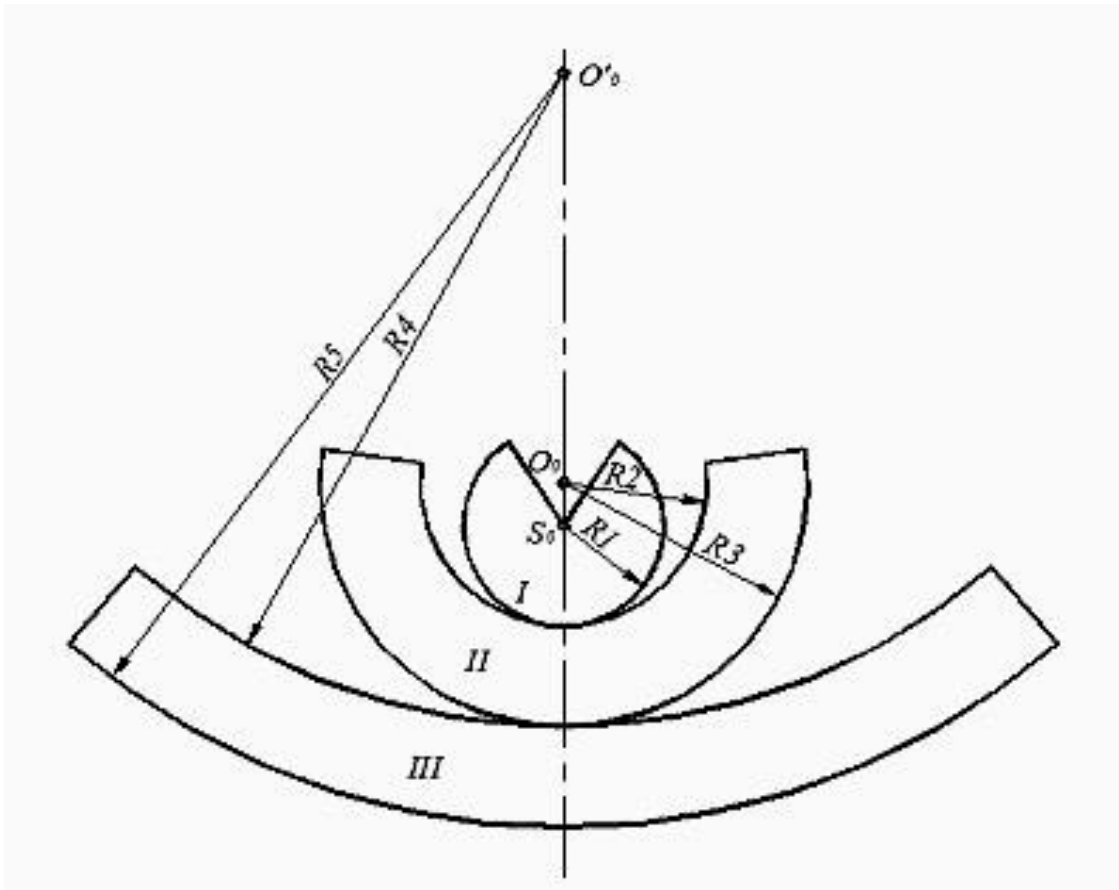


Рисунок 19 – Побудова розгортки кільця способом конусів

Вимоги до виконання завдання

Згідно з двома заданими виглядами деталі – головним і виглядом зліва – побудувати три основні вигляди деталі з зображенням проекції лінії перетину поверхонь.

Завдання виконується на форматі А3 олівцем. Масштаб зображення даного креслення 1:1. Креслення виконується за ГОСТами 2.301-68*, 2.104-68, 2.302-68*, 2.303-68*, 2.304-81, 2.305-68*, 2.307-68*.

Завдання видається викладачем індивідуально.

Побудова розгортки конуса з призматичним отвором

Розглянемо приклад побудови розгортки прямого кругового конуса з наскрізним отвором у вигляді тригранної призми. Послідовність побудови наведено на рисунках 20 – 31.

Для того щоб виконати розгортку, студент повинен мати уявлення про основи креслення: вміти ділити коло на рівні частини; знімати та переносити розміри циркулем; використовувати лекала; користуватися відповідним довідковим матеріалом і вміти будувати проекції лінії перетину поверхонь за відповідним алгоритмом. Тому пояснення багатьох моментів у тексті не наведено.

Для побудови розгортки конуса з призматичним отвором насамперед необхідно побудувати проекції самої фігури та ліній перетину поверхонь (рисунок 20).

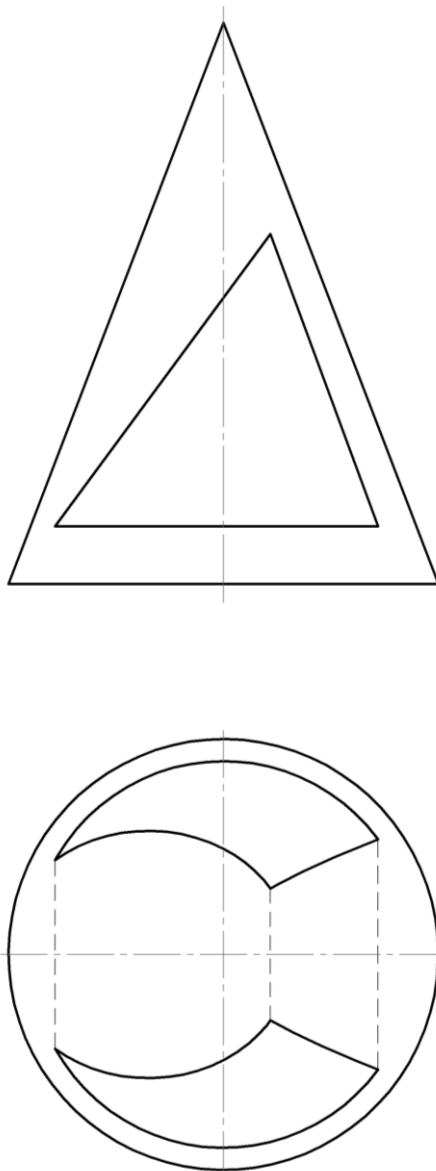


Рисунок 20 – Побудова проекцій конуса з призматичним отвором і лінії перетину

Побудова розгортки конуса з отвором складається з таких етапів:

1 Виконуємо розгортку конуса. Вона складається з кола, діаметр якого дорівнює діаметру основи конуса, і кругового сектора, кут сектора розраховують за формулою

$$\alpha = \frac{360^{\circ} \times R}{L},$$

де R – радіус кола основи конуса;

L – довжина твірної конуса (вона дорівнює фронтальній контурній твірній на кресленні) (рисунок 21).

2 Застосовуємо спосіб триангуляції, тобто в конічну поверхню вписуємо дванадцятигранну піраміду (рисунок 22). Натуральні величини бічних ребер піраміди дорівнюють фронтальній контурній твірній конуса, ребра на основі піраміди (дванадцятикутника) проектується в натуральну величину на горизонтальній проекції піраміди і дорівнюють h . Згідно з цим вписуємо в розгортку бічної поверхні конуса піраміду (рисунок 23).

3 На лінії перетину відмічаємо характерні точки:

A, B, C, D, K, M, N та $A', B', C', D', K', M', N'$ – точки перетину ребер піраміди з площинами, що утворюють отвір у поверхні піраміди;

E, F та E', F' – точки перетину ребер призматичного отвору та поверхні піраміди (рисунок 24).

4 Наносимо на розгортку лінії перетину поверхонь. Оскільки ми маємо дві симетричні лінії перетину, то розглянемо побудову лінії, яка розташована між ребрами піраміди 2 – 6.

На горизонтальній проекції конуса через точки E_1 та F_1 проводимо допоміжні прямі по гранях піраміди до вершини. Знайдемо точки перетину цих прямих з основою піраміди – це точки 13_1 і 14_1 . За допомогою ліній зв'язку будуюмо фронтальні проекції допоміжних прямих. Заміряємо відстань між точками b_1 і 13_1 (h_1) і 13_1 і 14_1 (h_2) (рисунок 25). Відкладаємо відстані h_1 та h_2 на розгортці конуса та переносимо допоміжні прямі (рисунок 26).

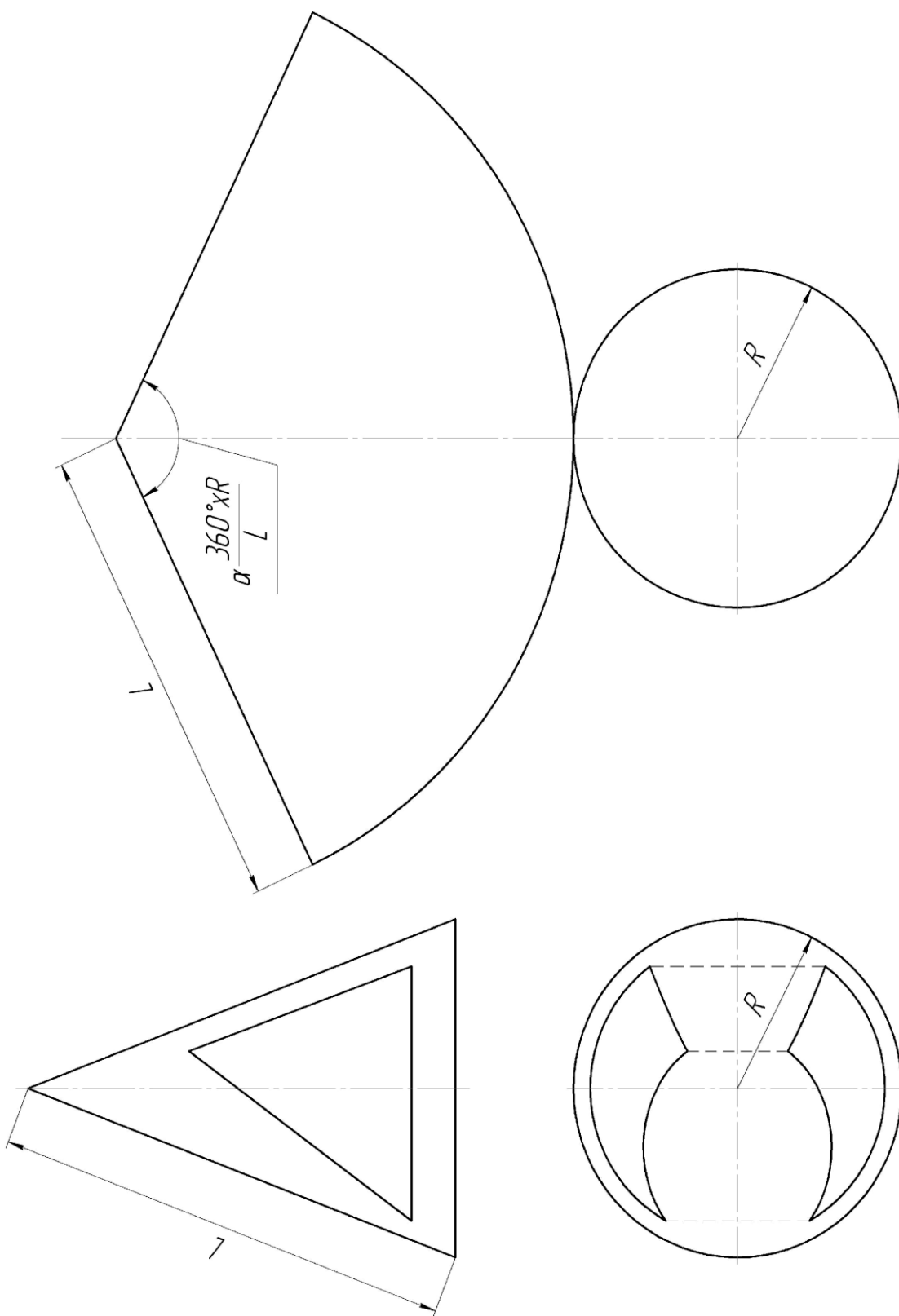


Рисунок .21. Побудова розгортки конуса

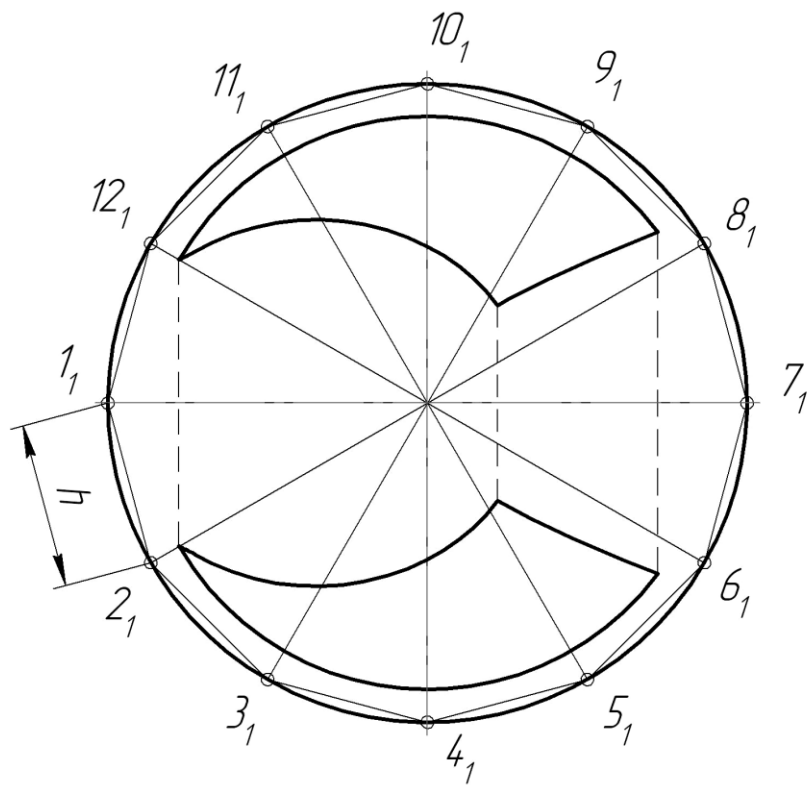
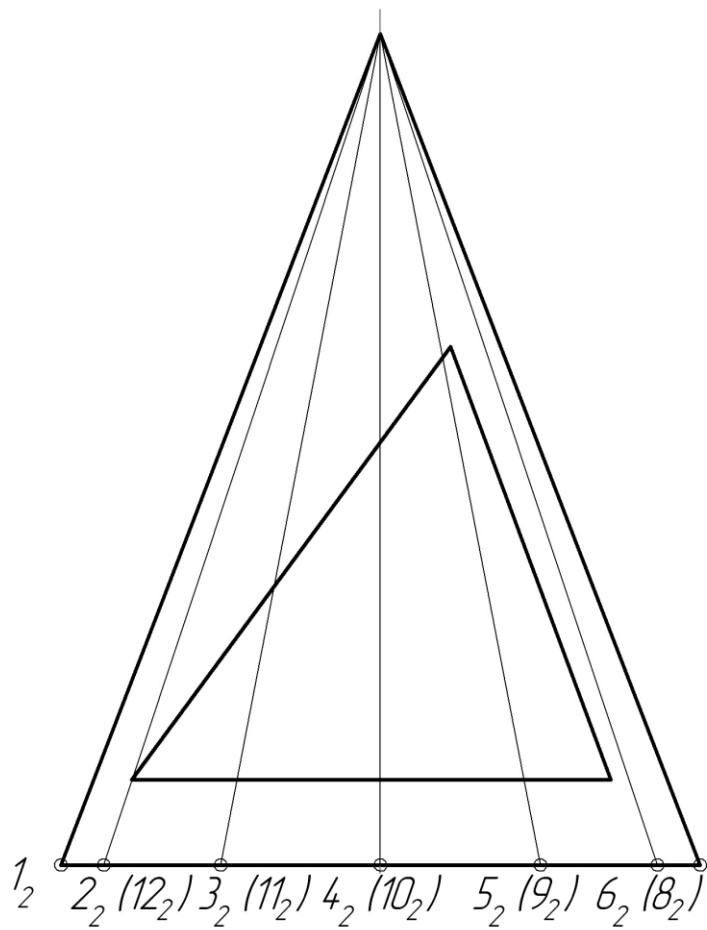


Рисунок 22 – Триангуляція конуса

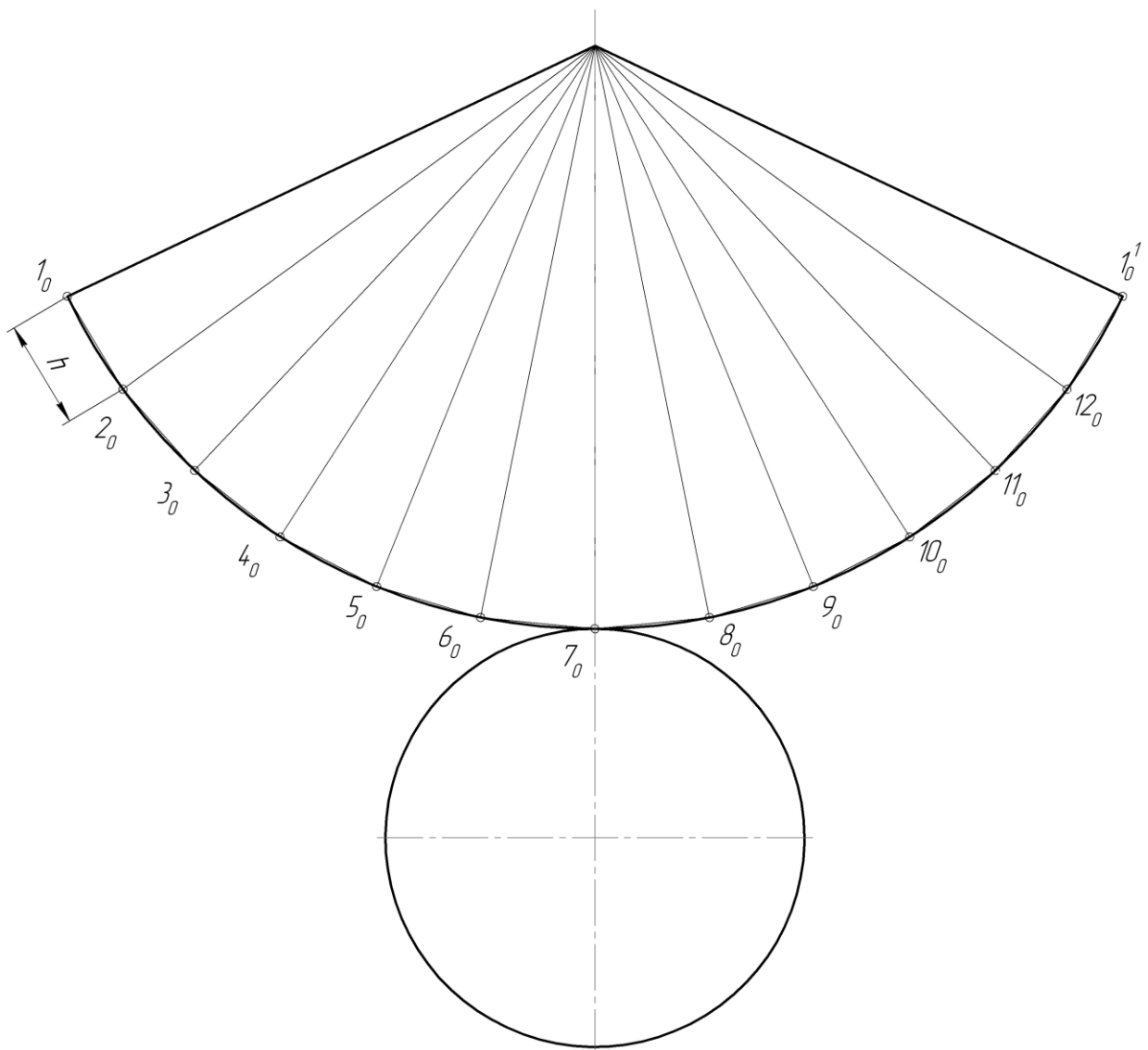


Рисунок 23 – Застосування способу триангуляції конуса на розгортці

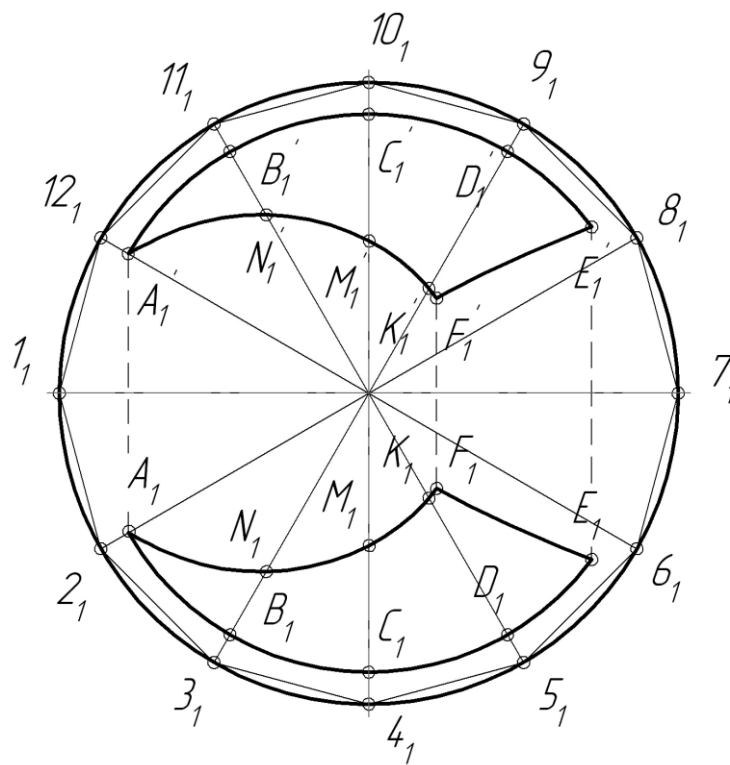
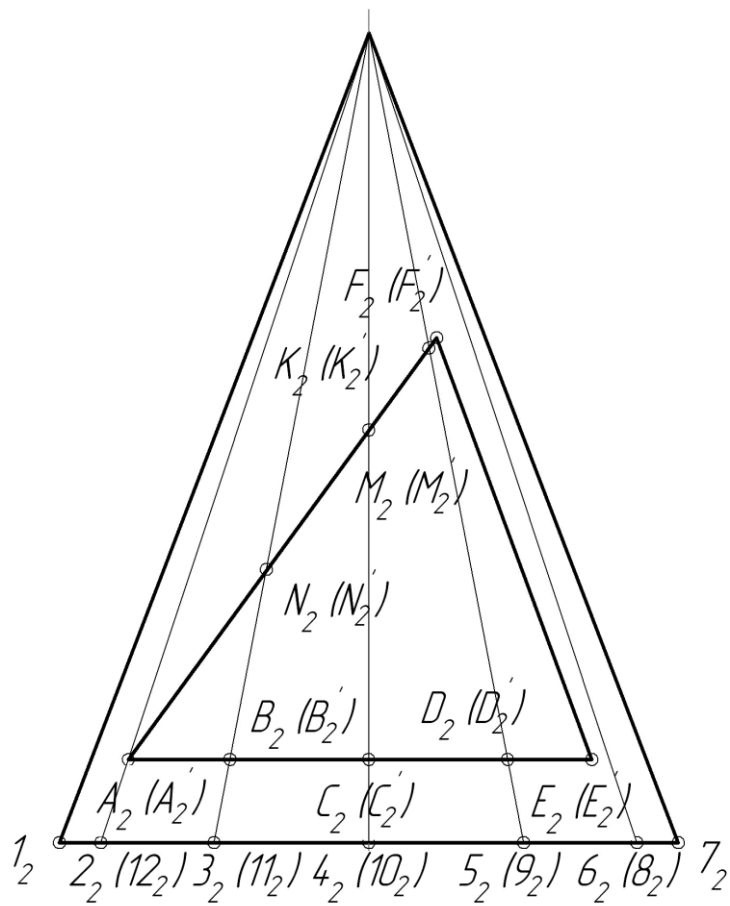


Рисунок 24 – Побудова проєкцій точок лінії перетину
поверхонь

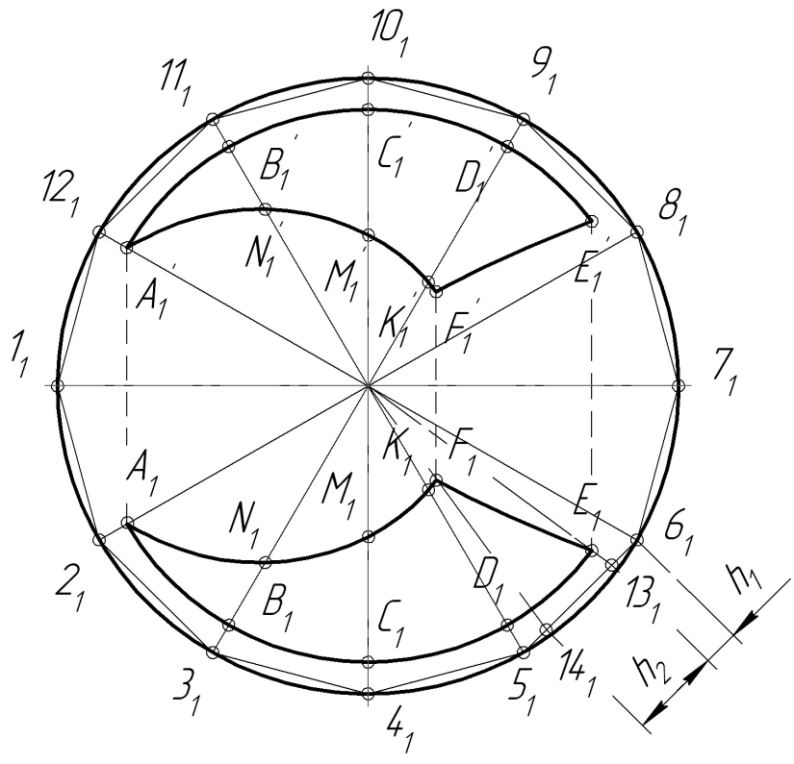
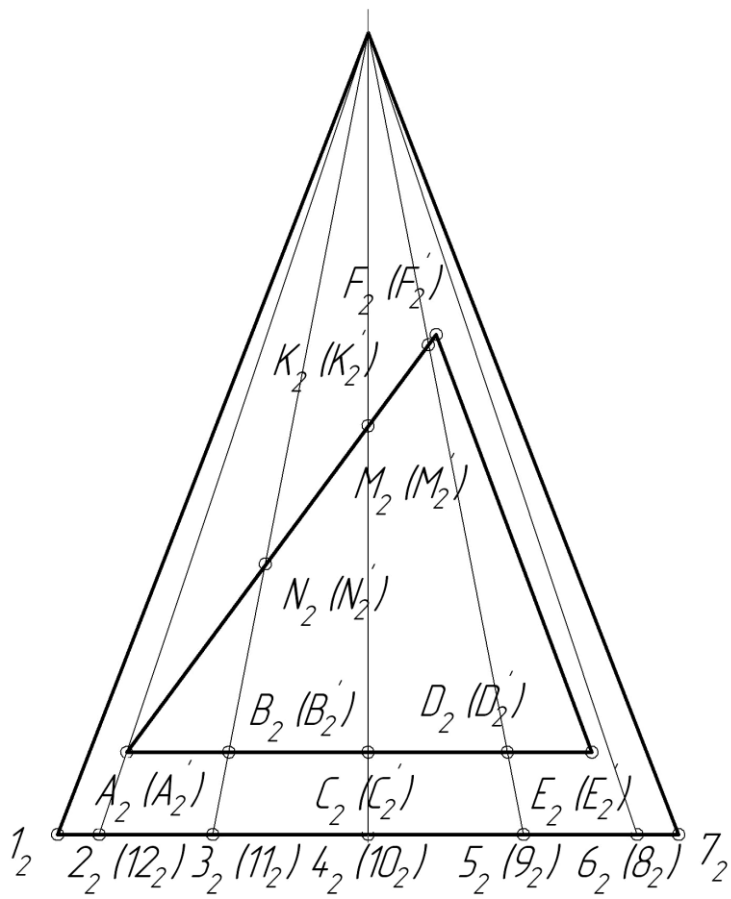


Рисунок 25 – Побудова допоміжних ліній через горизонтальні проєкції точок E та F

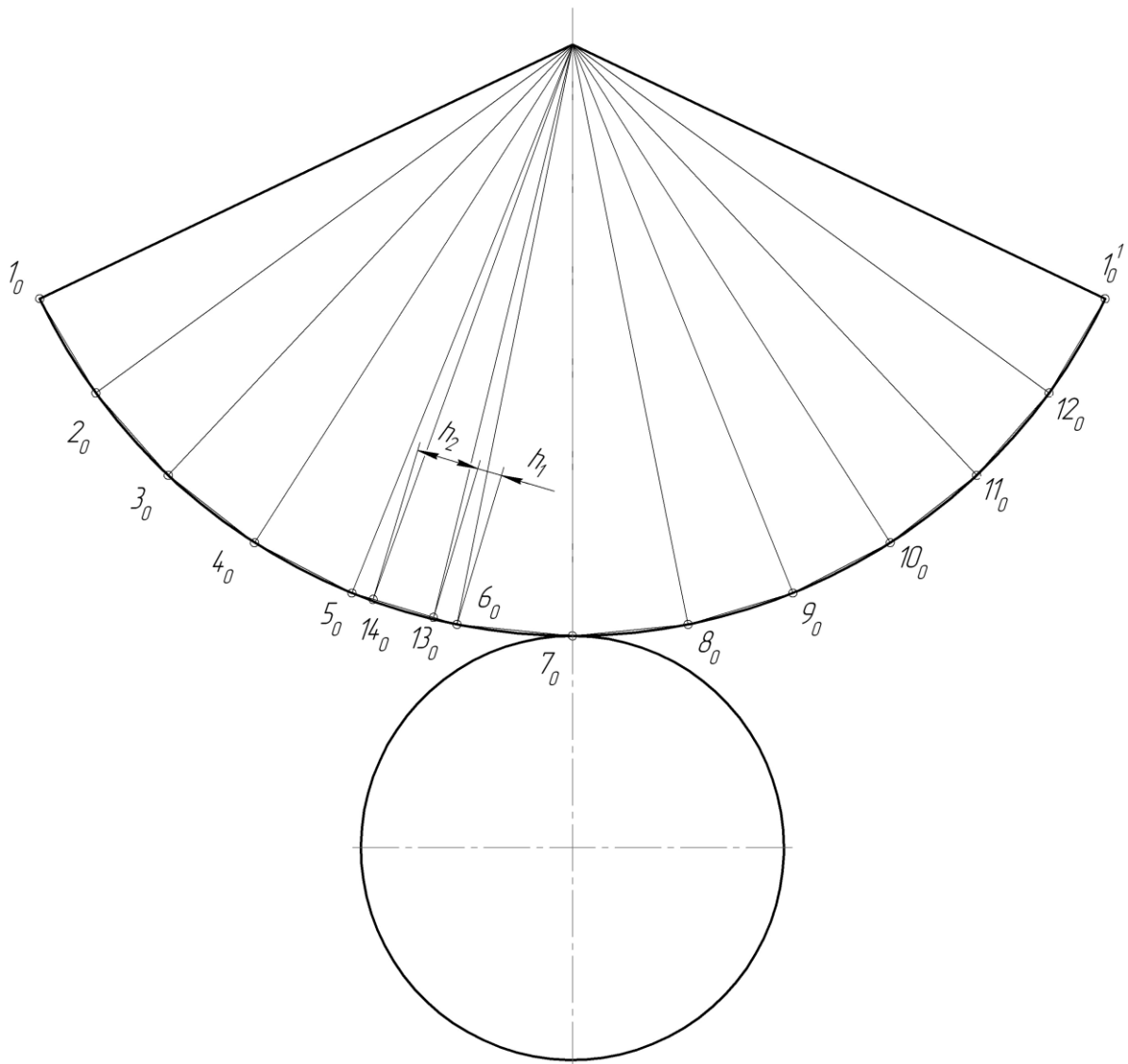


Рисунок 26 – Побудова допоміжних ліній на розгортці для визначення положення точок E та F

Точки A , B , C , D і E лежать в одній площині, яка паралельна основі, тому на розгортці вони знаходяться на дузі одного радіусу R_1 (рисунок 27).

Аналогічно визначаємо на розгортці конуса положення точок F , K , M і N , які знаходяться на дугах із радіусами R_2 , R_3 , R_4 , R_5 (рисунок 28).

Для більш точної побудови розгортки параболічної кривої EF введемо додаткові точки, які розташовані на вже існуючих дугах радіусами R_4 та R_5 (рисунок 29).

З'єднаємо отримані точки на розгортці (рисунок 30).

Симетрично відносно вертикальної осі будемо розгортку другої лінії перетину (рисунок 31).

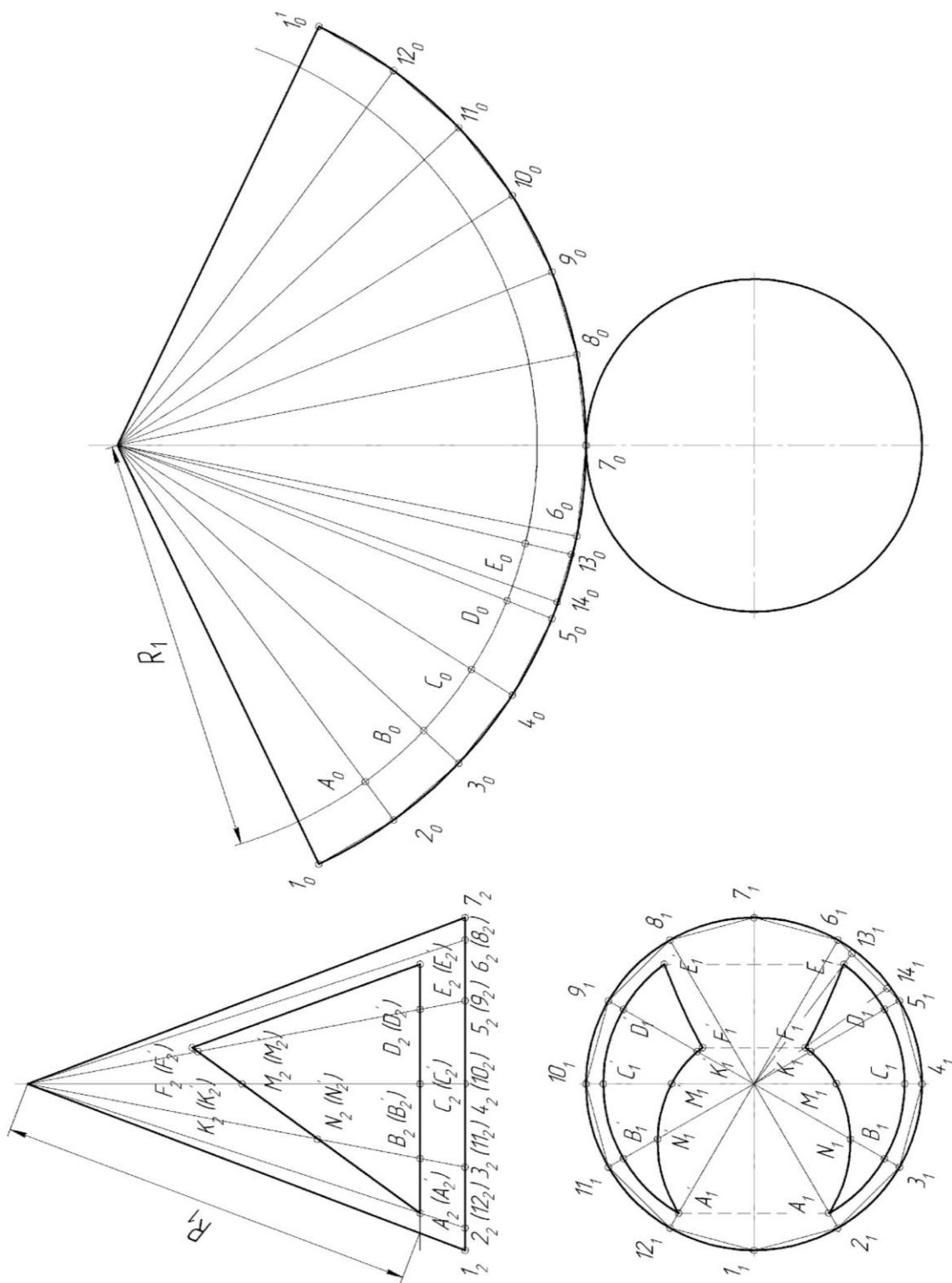


Рисунок 27 – Побудова точок A, B, C, D та E на розгортці

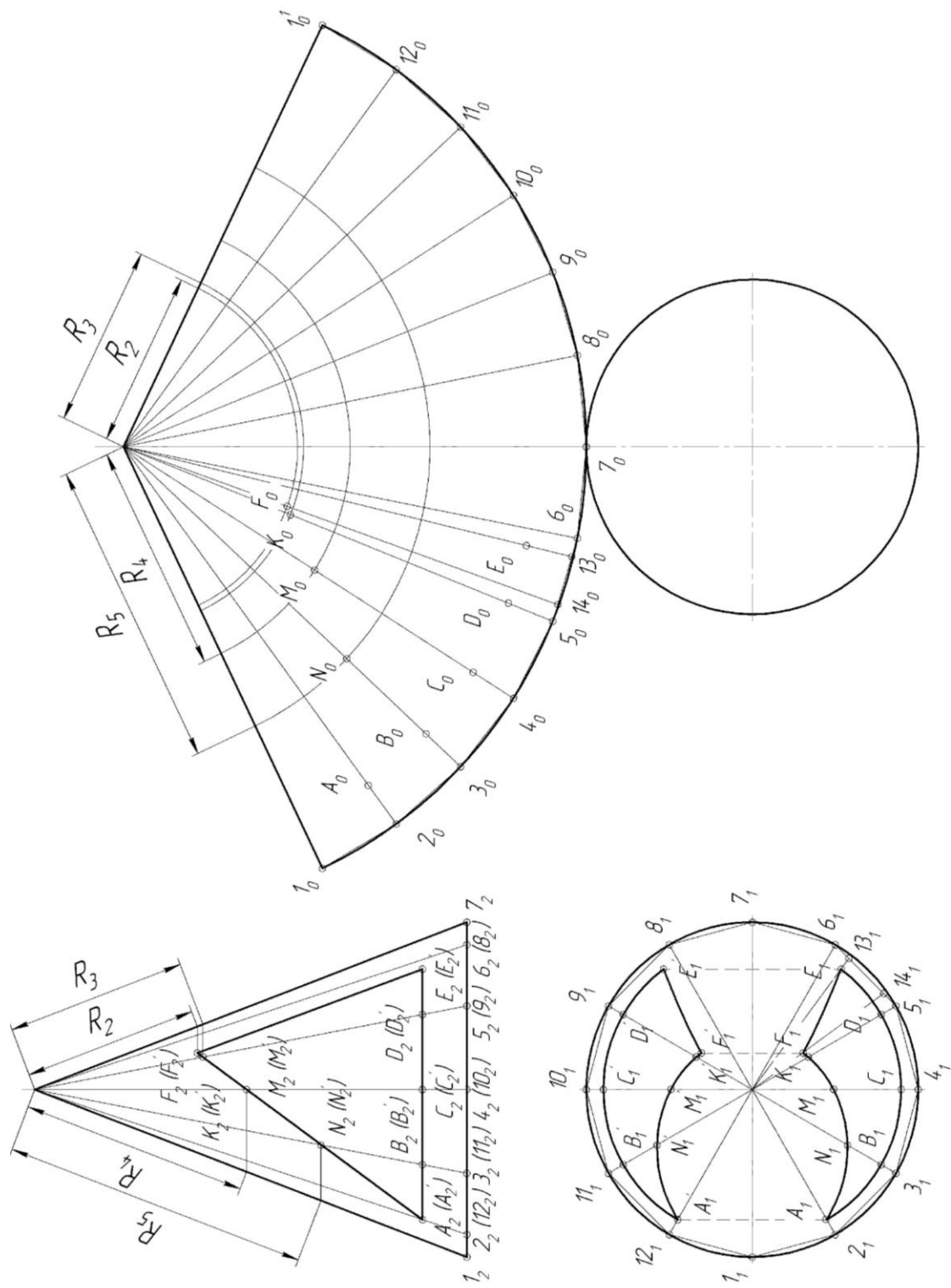


Рисунок 28 – Побудова точок F , K , M та N на розгортці

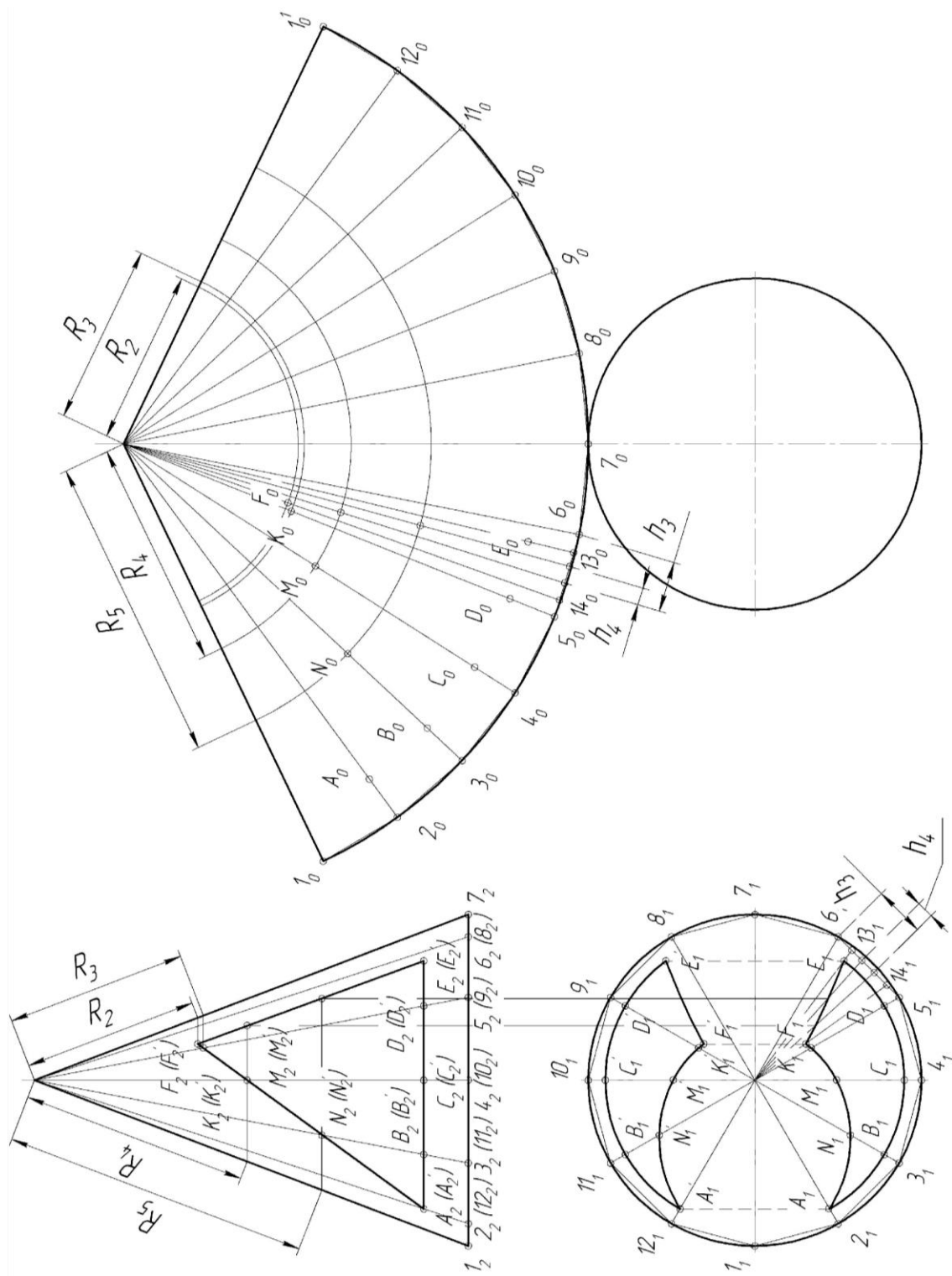


Рисунок 29 – Побудова додаткових точок на розгортці параболічної кривої EF

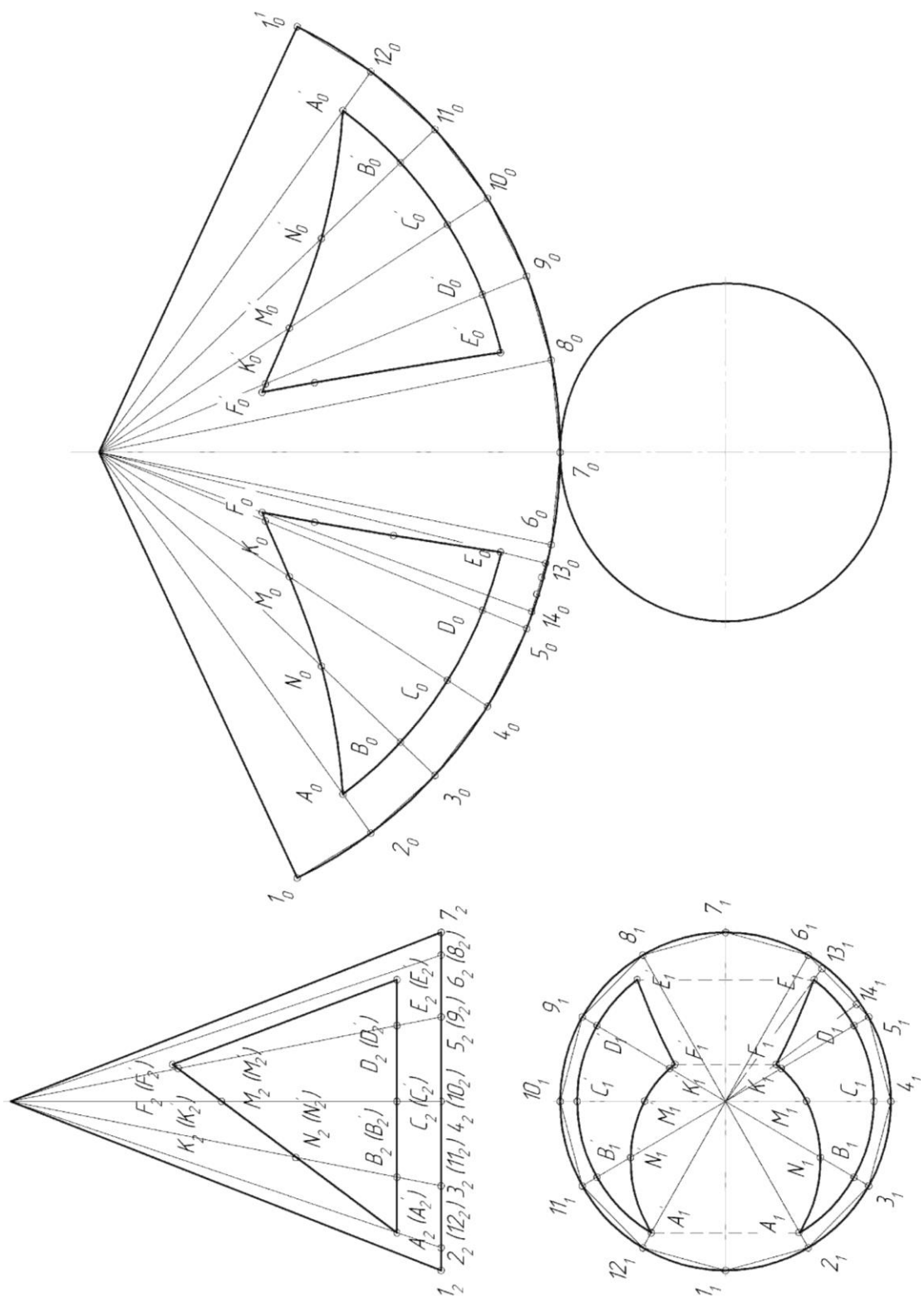


Рисунок 31 – Побудова розгортки прямого кругового конуса з призматичним отвором

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Стандарты: Справочник по ЕСКД [Текст]. – Харьков: «Прапор», 1984. – 249 с. (ГОСТ 2.305-68*; 2.307-68*; 2.317-69.)

2 Михайленко, В.Є. Інженерна та комп'ютерна графіка [Текст]: підручник / В.Є. Михайленко, В.М. Найдиш, А.М. Підкоритов, І.А. Скідан; за ред. В.Є. Михайленка. – 3-тє вид., перероб. і доп. – К.: Видавничий дім «Слово», 2011. – 352 с.

3 Михайленко, В.Є. Інженерна графіка [Текст] / В.Є. Михайленко, В.М. Найдиш. – К.: Вища школа, 1993. – 271 с.

4 Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии [Текст] / В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский. – М.: Наука, 1988. – 272 с.

5 Годик, Е.М. Справочное руководство по черчению [Текст] / Е.М. Годик, А.М. Хаскин. – М.: Машиностроение, 1974.

6 Боголюбов, С.К. Машиностроительное черчение [Текст] / С.К. Боголюбов, А.М. Воинов. – М.: Высш. шк., 1976.

7 Суворов, С.Г. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах [Текст]: справочник / С.Г. Суворов, Н.С. Суворова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 368 с.

8 Михайленко, В.Є. Інженерна графіка [Текст]: підручник / В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, С.М. Ковальов; за ред. В.Є. Михайленка. – К.: Каравела, 2008. – 272 с.

9 Островский, А.И. Начертательная геометрия в популярном изложении [Текст]: учеб. для вузов / А.И. Островский. – 2-е изд. – М.: Гос. изд-во физико-математической литературы, 1963. – 296 с.

10 Фролов, С.А. Начертательная геометрия [Текст] / С.А. Фролов. – М.: Машиностроение, 1983. – 240 с.