

УДК 514.181.6 + 514.182

Журило А. Г., к.т.н., доц., Сівак Є. М., к.т.н., доц.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

## ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ ПРИ ВИКОНАННІ РОЗРІЗІВ ТА ПЕРЕТИНІВ В АКСОНОМЕТРИЧНИХ ПРОЕКЦІЯХ

**Журило А. Г., Сівак Є. М. Геометричні побудови при виконанні розрізів та перетинів в аксонометричних проекціях.** У статті розглянуто основні положення щодо виконання розрізів і перерізів в аксонометричних проекціях за вимогами ЄСКД. Пояснюються причини відмінності кута нахилу штрихових ліній в аксонометричних проекціях від аналогічних в ортогональних проекціях. Показано практичне застосування розрізів і перерізів в аксонометричних проекціях. Наведено приклади нанесення штрихування при виконанні креслеників.

**Ключові слова:** аксонометрія, ЄСКД, штрихування, розріз, переріз, практичне застосування.

**Журило А. Г., Сівак Є. М. Геометрические построения при выполнении разрезов и сечений в аксонометрических проекциях.** В статье рассмотрены основные положения по выполнению разрезов и сечений в аксонометрических проекциях по требованиям ЕСКД. Объясняются причины отличия угла наклона штриховых линий в аксонометрических проекциях от аналогичных в ортогональных проекциях. Показано практическое применение разрезов и сечений в аксонометрических проекциях. Приведены примеры нанесения штриховки при выполнении чертежей.

**Ключевые слова:** аксонометрия, ЕСКД, штриховка, разрез, сечение, практическое применение.

**Zhurilo A. G., Sivak E. M. Geometric construction when performing sections and sections in axonometric projections.** The article describes the basic provisions for the implementation of sections and sections in axonometric projections according to the requirements of ESCD. The reasons for the difference between the angle of inclination of the dashed lines in axonometric projections and similar in orthogonal projections are explained. The practical application of sections and sections in axonometric projections is shown. Examples of the application of hatching in the drawing.

**Key words:** axonometry, ESKD, hatching, incision, practical use.

**Постановка проблеми.** Незважаючи на широкий розвиток комп'ютерної техніки та широке застосування її для виконання креслеників, появи вже декількох поколінь програм КОМПАС, AUTOCAD та їхніх аналогів, аксонометричні проекції широко використовуються у машинобудуванні та архітектурі. Для їх опанування потрібно знати їхні властивості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання щодо точних графічних побудов має велику історичну давнину, беручи свій початок ще в роботах Архімеда, Евкліда та інших вчених. З вичерпною повнотою і строгою науковою обґрунтованістю теорія точних метричних побудов була розроблена математиком Гаспаром Монжем, який у 1795 – 1799 рр. опублікував результати своєї двадцятирічної роботи під назвою «Нарисна геометрія» [1].

Серед імен, з якими пов'язаний розвиток наукової праці в області аксонометричних проекцій, можна згадати видатних вітчизняних вчених: Н. М. Бескіна, О. О. Вольберга, Н. О. Глаголева, Є. А. Глазунова, А. І. Добрякова, Д. І. Каргіна, І. І. Котова, М. О. Риніна, С. О. Смирнова, М. Ф. Четверухіна [2, 3].

У даний час теорія аксонометрії розроблена докладно і висвітлена в численних працях з нарисної геометрії. Питання ж практики побудови аксонометричних зображень висвітлені в літературі недостатньо. У практиці побудови аксонометричних зображень часто виникають значні труднощі, обумовлені не тільки недостатньою підготовкою виконавця, але і складністю окремих задач, що вимагають спеціального роз'яснення [4-8].

Положення ускладнюється ще й тому, що за останні 20..30 років практично не публікувалося робіт із практики побудови аксонометричних зображень та її основних законів. Ті ж роботи, що були опубліковані раніше, у більшості випадків розглядають аксонометричні проекції, не передбачені ГОСТ 2.317 – 69 або ДСТУ ISO 5456-3:2006 [9, 10].

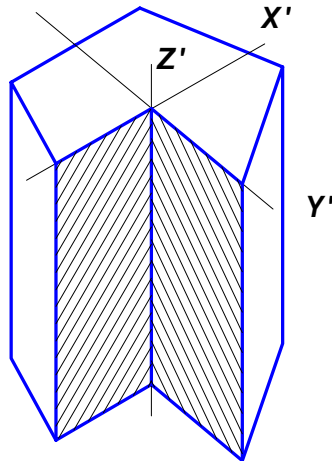
**Невирішені частини проблеми.** Метою статті є визначення причин різного нахилу штрихових ліній в аксонометричних проекціях від аналогічних в ортогональних проекціях [11, 12].

**Мета дослідження.** Забезпечення впевненого використання вимог ЄСКД при виконанні розрізів та перетинів в аксонометричних проекціях, запобігання хибних побудов на креслениках, запобігання використанню раніше невірних видів аксонометричних проекцій, отримання наочної інформації з аксонометричного кресленика.

Розрізи становлять важливу і невід'ємну частину кресленика. Вони служать для виявлення внутрішніх форм і обрисів зображуваного предмета.

АксонOMETричні проєкції не є виключенням. На рис. 1 зображено правильну п'ятикутну призму з видаленням  $\frac{1}{4}$  частини.

Аналізуючи дане зображення, навіть не порівнюючи його з ортогональним зображенням, можна відзначити, що на кресленку вилучена чверть фігури, обмежена осями  $XOY$  на ортогональному кресленку (таке зображення найбільш часто виконують для вертикально розташованих фігур з основою, паралельною площині  $\Pi_1$ ). Це зв'язано з тим, що, як правило, частину фігури видаляють з метою показати її внутрішню частину. При видаленні будь-якої іншої



чверті фігури ні про яку наочність не може бути і мови.

Рис. 1. Аксонометрична проєкція на правильної п'ятикутної призми з видаленням  $\frac{1}{4}$  частини

Штрихування на вилучених частинах виконано під кутом не  $45^\circ$ , як це прийнято на звичайних кресленках, а під кутом  $60^\circ$ . Найбільш просто штриховку наносити таким способом: або на вільному полі кресленка зображується рівнобічний трикутник з основою, паралельною нижньому краю кресленка, і штрихування виконується паралельно його сторонам, або по аксонометричних осях відкладають рівні відрізки і штрихування виконується паралельно їм.

Чому в аксонометрії штрихування не виконують під кутом  $45^\circ$ ?

Це, насамперед, пов'язане з однією з властивостей аксонометрії. Розглянемо її більш змістовно.

**Теорема.** Трикутник слідів на прямокутному триграннику координат завжди є гострокутним.

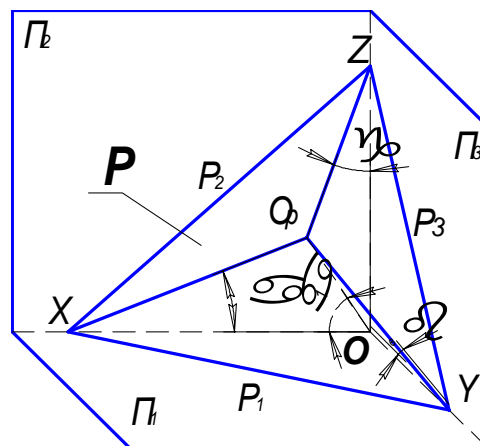


Рис. 2. Перетин аксонометричною площиною  $P$  координатних осей

Доведення. Як видно з рис. 2, сторони трикутника слідів у такий спосіб виражаються через відрізки  $OpX = a$ ,  $OpY = b$ ,  $OpZ = c$ , що відтинаються площиною проєкцій  $P$  на натуральних осях координат:

$$\begin{aligned} (OpX)^2 &= b^2 + c^2 \\ (OpY)^2 &= a^2 + c^2 \end{aligned}$$

$$(OpZ)^2 = a^2 + b^2$$

Складаючи попарно кожні два з написаних вище рівнянь, одержимо:

$$(OpY)^2 + (OpZ)^2 = 2a^2 + b^2 + c^2$$

$$(OpZ)^2 + (OpX)^2 = a^2 + 2b^2 + c^2$$

$$(OpX)^2 + (OpY)^2 = a^2 + b^2 + 2c^2.$$

Порівнюючи написані рівняння з початковими, отримаємо наступні вирази:

$$(OpY)^2 + (OpZ)^2 > (OpX)^2$$

$$(OpZ)^2 + (OpX)^2 > (OpY)^2$$

$$(OpX)^2 + (OpY)^2 > (OpZ)^2.$$

Ці нерівності доводять, що трикутник слідів XYZ є гострокутним.

В основному, порядок і умовності виконання розрізів в аксонометрії такі ж самі, що і для ортогональних проекцій. Однак є і деякі відмінні, що впливають зі специфіки аксонометричних проекцій. Розглянемо на прикладах основні прийоми виконання розрізів в аксонометрії. На рис. 3 зображено деталь в ортогональних проекціях, причому на головному вигляді виконано фронтальний розріз у з'єднанні з головним виглядом, відповідно до вимог ГОСТ 2.305-68.

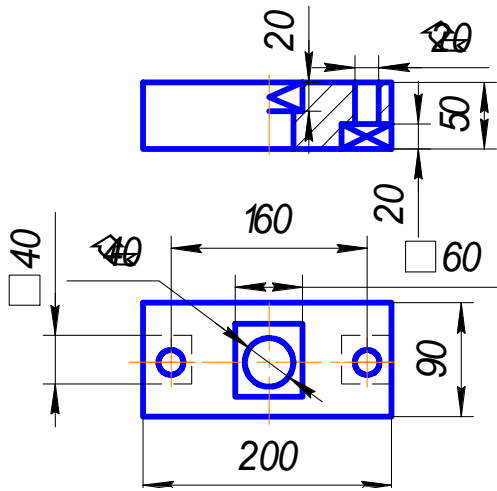


Рис. 3. Зображення машинобудівної деталі в ортогональних проекціях

В аксонометрії цей же розріз може бути виконаний не тільки за принципом розрізу на рис. 1, але і так, як показано на рис. 4. У цьому випадку для одержання розрізу застосована одна січна площина, паралельна координатній площині  $\Pi_2$  ( $XOZ$ ), тобто розріз є простим.

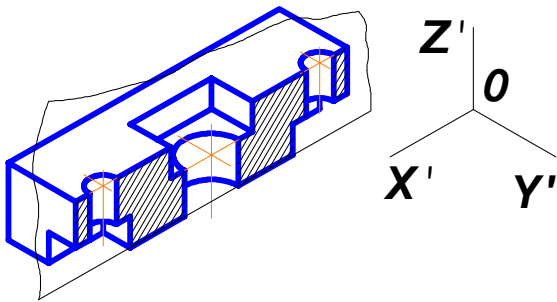


Рис. 4. Розріз на ізометричній проекції по одній площині

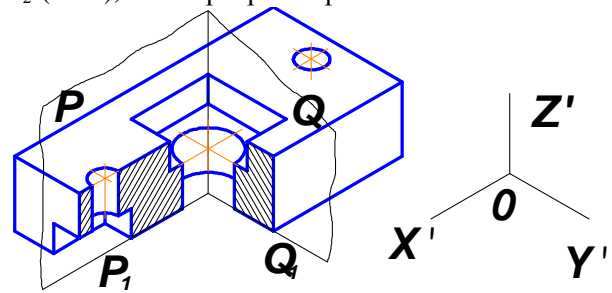


Рис. 5. Розріз на ізометричній проекції по двох площинах

На рис. 5. виконано розріз тієї ж деталі, але з використанням двох січних площин, одна з яких паралельна координатній площині  $\Pi_2$  ( $XOZ$ ), а друга паралельна координатній площині  $\Pi_3$  ( $YOZ$ ). Цей розріз можна розглядати як складний, тобто отриманий у результаті застосування більш ніж однієї січної площини, або як з'єднання двох простих розрізів – фронтального і профільного, які звичайно виконуються в ортогональних проекціях. Оскільки для розрізів в аксонометрії не встановлено спеціальної термінології, більш точно визначити назву розрізу, показаного на рис. 5, складно.

Відзначимо, що для деталі, зображеної на рис. 3, доцільно застосувати розріз, показаний на рис. 5, тому що в цьому випадку форма деталі виявляється більш повно і наочно, ніж при

використанні розрізу за типом рис. 3. А розріз, аналогічний розрізу, зображеному на рис. 4, раціональніше застосовувати при іншій конструкції деталі.

Крім того, потрібно пам'ятати основне визначення розрізу, наведено вище. З цього визначення випливає, що кут, утворений січними площинами (якщо застосовуються дві або більше січних площин), повинний бути завжди розкритим, інакше це суперечить основному визначенню розрізу, не кажучи вже про те, що зміст розрізу втрачається. Іншими словами, ми повертаємося до аналізу рис. 1. Найчастіше в аксонометрії застосовують розрізи, які подібні наведеному на рис. 5. Однак у деяких випадках виникає необхідність і в розрізах іншого характеру. Зокрема, нерідко застосовують похилі розрізи, а також розрізи, отримані за допомогою більш ніж двох січних площин. На рис. 6 зображена в ортогональних проекціях деталь, форма якої вимагає застосування складного розрізу. Такий же розріз доцільно дати і на аксонометричному зображенні деталі (рис. 7). Тут, на відміну від ортогонального креслення, застосовані чотири січні площини замість двох. Крім розглянутих розрізів, в аксонометрії можна застосовувати і місцеві розрізи, обмежуючи їх суцільною хвилястою лінією, як на ортогональних кресленнях.

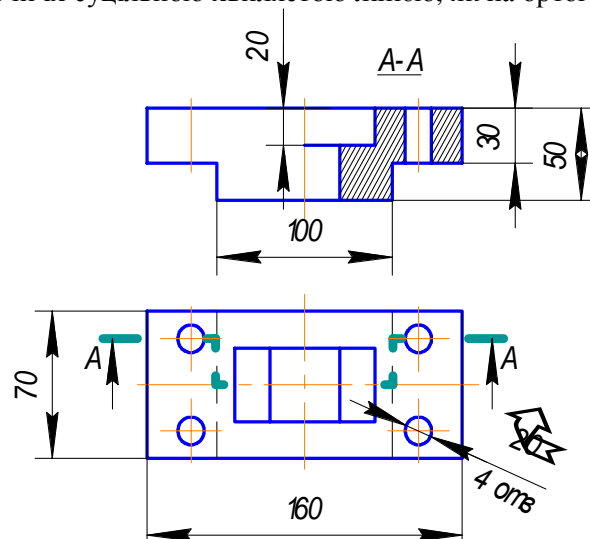


Рис. 6. Зображення машинобудівної деталі в ортогональних проекціях

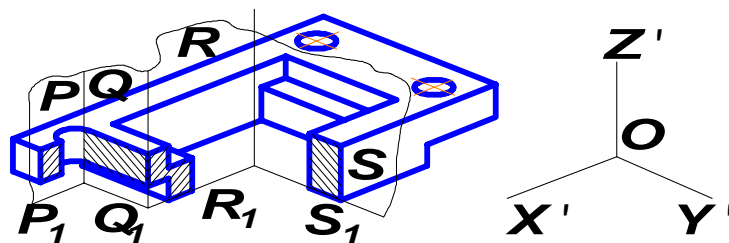


Рис. 7. Розріз на ізометричній проекції, виконаний за чотирма площинами

При виконанні розрізу перетин повинен бути заштрихований відповідно до позначення матеріалів у розрізах і перетинах згідно з ГОСТ 2.306-68. Напрямок ліній штрихування, крім способу, зазначеного вище, вибирається, як вказано на рис. 8.

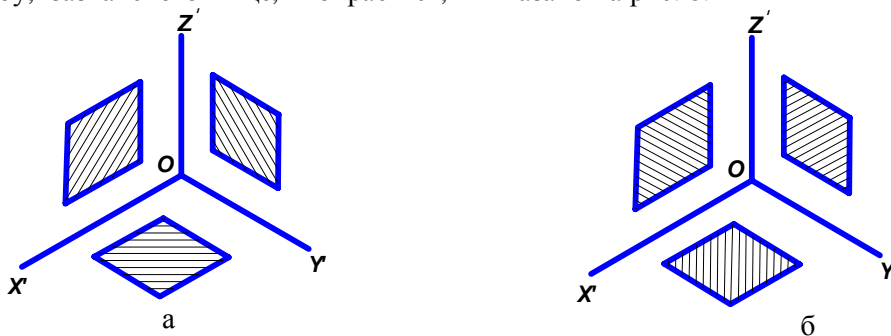


Рис 8. Напрямок штрихування в прямокутній ізометрії. (Штрихування на лівій частині рисунка – переважніше)

(На рис. 8 дано схему напрямку ліній штрихування для прямокутної ізометрії. Аналогічно

вибирається напрямок штрихування для косокутної ізометрії. Як видно з рисунку, напрямок штрихування в аксонометрії відповідає напрямку ліній штрихування ортогонального кресленника, який проєкціюється на площину аксонометричних проєкцій).

Згідно з ГОСТ 2.317-69 [9], напрямок штрихування повинен бути паралельним одній з діагоналей проєкцій квадратів, що належать координатним площинам; сторони цих квадратів паралельні аксонометричним осям. Це лише інше вираження того самого геометричного факту. Крім того, при виконанні штрихування перетинів необхідно використовувати наступні вимоги ГОСТ 2.308-68 з урахуванням розглянутої на рис. 8 схеми.

1. Вузькі площини, ширина яких на кресленниках менш, ніж 2 мм, допускається показувати зачерненими із залишенням просвітів між суміжними перетинами не менш, ніж 0,8 мм.

2. Для суміжних перетинів двох деталей варто брати нахил ліній штрихування для одного перетину праворуч, а для другого — ліворуч (зустрічне штрихування). При штрихуванні «в клітку» у подібних випадках відстань між лініями штрихування в одному перетині повинна відрізнятися від відповідної відстані в другому. Якщо неможливо дати зустрічне штрихування (при трьох і більше дотичних деталях), варто змінювати відстань між лініями в штрихуванні або виконувати ці лінії в одному перетині стосовно другого, не змінюючи кута їхнього нахилу, а змінюючи щільність штриховки.

3. При великих площах перетину рекомендується наносити штрихування тільки по контуру перетину.

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** Визначено, чому при виконанні розрізів та перетинів в аксонометричній проєкції нахил ліній перетину відрізняється від аналогічних ліній при виконанні розрізів та перетинів в ортогональній проєкції.

Наочні аксонометричні зображення можуть варіюватися в дуже широких межах: від ілюзорного зображення до схематичного креслення. Тому застосування побудови розрізів та перетинів в аксонометричних проєкціях є дуже важливим моментом при побудові цих наочних зображень.

1. Гордон В. О. Курс начертательной геометрии: учебник / В. О. Гордон, М. А. Семенцов - Огиевский. – М.: Наука, 1976. – 432 с.
2. Ланюк А. В. Аксонометрические проекции: учебник / А. В. Ланюк. — М. : Гос. изд - во лит - ры по строительству и архитектуре, 1956. – 176 с.
3. Порсин Ю. Я. Аксонометрические изображения машиностроительных деталей: учебник / Ю. Я. Порсин. – М.- Л. : Машгиз, 1973. – 188 с.
4. Журило А. Г. Методика построения аксонометрических проекций тел вращения на примере изометрической проекции цилиндра / А. Г. Журило // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2007. – № 11. – С. 78 – 81.
5. Журило А. Г. Методика построения аксонометрических проекций тел вращения на примере изометрической проекции конуса / А. Г. Журило // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2005. – № 57. – С. 65 – 68.
6. Журило А. Г. Побудова деяких геометричних тіл у диметрії / А. Г. Журило // Вестн. НТУ «ХПИ». — 2008. – № 43. – С. 128 – 131.
7. Журило А. Г. Основна теорема аксонометрії – теорема Польке-Шварца та її практичне використання / А. Г. Журило, Є. М. Сивак, І. Ю. Адашевська // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2015. - №19. - С. 198-202. Видавництво Луцького національного технічного університету.
8. Журило А. Г. Построение аксонометрических изображений без вторичных проекций / А. Г. Журило, Е. М. Сивак, И. Ю. Адашевская // Сборник трудов XI Международной заочной конференции «Развитие науки в XXI веке» Харьков. — 2016. Ч. 1. Стр. 95-101.
9. ЕСКД. ГОСТ 2.317-69 Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции. М.: Издательство стандартов, 1969. – 8 с.
10. ДСТУ ISO 5456-3:2006. Кресленники технічні. Методи проєціювання. Частина 3. Аксонометричні проєкції. К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.
11. Журило А. Г. Теоретичні та практичні основи аксонометрії [Текст] / А. Г. Журило. Навч. посібник. Х.: НТУ «ХПИ». — 2010. - 196 с.
12. Каменев В. И. Аксонометрические проекции : Альбом чертежей / В. И. Каменев. — Москва–Свердловск : Гос. изд - во машиностроит. лит., 1946. – 72 с.
13. Журило А. Г. Деякі питання щодо креслення кіл при побудові аксонометричних проєкцій / А. Г. Журило, Є. М. Сивак // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2017. - №26. - С. 93-98. Видавництво Луцького національного технічного університету.