

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»

## МЕТОДИКА ПОБУДОВИ АКСОНОМЕТРІЇ БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ПРОЕКЦІЙ

**Журило А. Г., Сівак Є. М. Методика побудови аксонометрії без використання вторинних проекцій.**

У статті розглянуто основні положення щодо виконання аксонометричних проекцій без побудови вторинних проекцій. Пояснюються причини можливості такого моделювання, визначаються необхідні умови щодо таких побудов. Показано практичне застосування подібного моделювання, що ґрунтується на використанні комп'ютерної техніки. Наведено приклади моделювання при виконанні креслеників.

**Ключові слова:** аксонометрія, моделювання, вторинна проекція, еліпс, практичне застосування.

**Журило А. Г., Сівак Е. М. Методика построения аксонометрии без использования вторичных проекций.**

В статье рассмотрены основные положения по выполнению аксонометрических проекций без построения вторичных проекций. Объясняются причины возможности такого моделирования, определяются необходимые условия для таких построений. Показано практическое применение подобного моделирования, основанный на использовании компьютерной техники. Приведены примеры моделирования при выполнении чертежей.

**Ключевые слова:** аксонометрия, моделирование, вторичная проекция, эллипс, практическое применение.

**Zhurilo A. G., Sivak E. M. Method of construction of axonometry without the use of secondary projections.**

The article describes the main provisions for the implementation of axonometric projections without constructing secondary projections. The reasons for the possibility of such modeling are explained, the necessary conditions for such constructions are determined. The practical application of such modeling based on the use of computer technology is shown. Modeling examples are given in the execution drawings.

**Key words:** axonometry, modeling, secondary projection, ellipse, 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, М. М. Юдицького [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 можливості практичного використання аксонометричних проекцій без виконання чисельних допоміжних побудов вторинних проекцій [11, 12].

**Мета дослідження.**

Забезпечення впевненого використання практичного використання аксонометричних проекцій без виконання чисельних допоміжних побудов, запобігання хибних побудов на креслениках, запобігання використанню раніше невірних видів аксонометричних проекцій, отримання наочної інформації з аксонометричного кресленика.

Традиційно аксонометрію будують по ортогональній проекції деталі. Однак далеко не завжди

для побудови аксонометрії слід використовувати традиційні аксонометричні осі і вторинні проєкції. Розглянемо можливості побудови ізометричної проєкції без використання вторинних проєкцій.

Нехай, як об'єкт, дано ортогональні проєкції конуса. Побудуємо його ізометричну проєкцію.

Позначимо на ортогональних проєкціях конуса проєкції ряду точок  $A, B, D, K, M$  і т. д., що визначають його форму.

Щоб не отримати накладення аксонометричної проєкції конуса на його ортогональні проєкції й одержати бажане розташування першої щодо останніх, перемістимо від об'єкта площину проєкцій  $F$  (аксонометричну, що задана на рисунку паралельними прямими) та  $\Pi_2$  паралельно самим собі на деяку відстань.

Побудуємо аксонометричну проєкцію конуса на площині, після чого сполучимо площину  $F$  с площиною  $\Pi_2$ . При цьому, щоб не змінити даного взаємного розташування ортогональних проєкцій конуса, відповідно перемістимо горизонтальну площину проєкцій  $\Pi_1$ .

Від такого переміщення площин проєкцій сама аксонометрична проєкція конуса не зміниться, а тільки переміститься в потрібному напрямку.

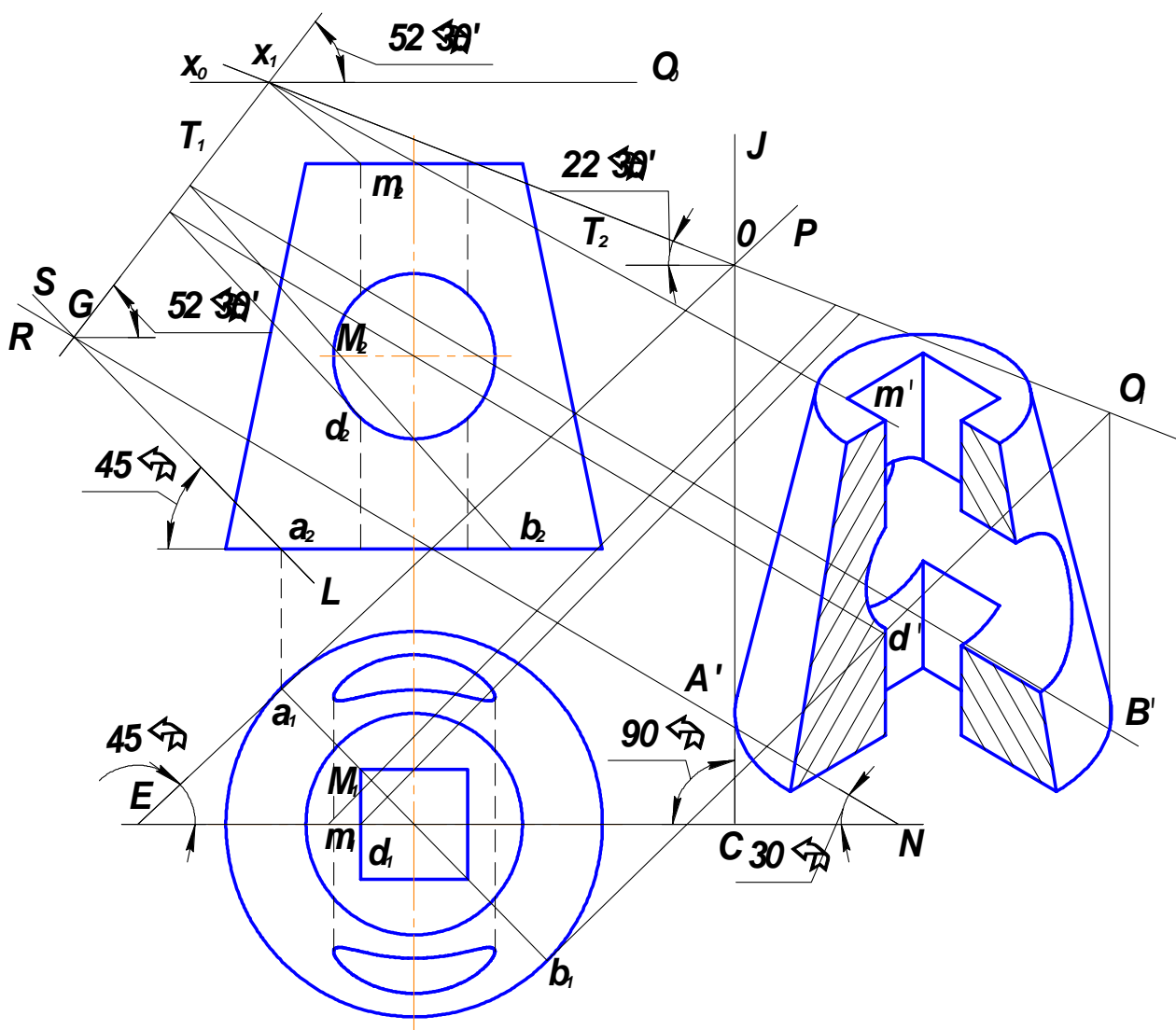


Рис. 1. Методика побудови ізометричної проєкції без використання вторинних проєкцій

У площині кресленика такому переміщенню площин буде відповідати паралельний перенос прямих  $T_1$  і  $T_2$  разом з віссю  $OX$ . Для визначення вигідного розташування прямих  $T_1$  і  $T_2$  побудову починаємо з точки конуса, аксонометрична проекція якої буде найближчою до його ортогональних проекцій. Такою точкою є в даному випадку точка  $A (a_1, a_2)$ , через горизонтальну проекцію  $a_1$  якої проходить верхня дотична до контуру горизонтальної проекції конуса під кутом  $45^\circ$ . Через горизонтальну проекцію  $a_1$  точки  $A$  проводимо пряму  $EP$  під кутом  $45^\circ$  до горизонту. Потім проводимо вертикальну пряму  $JS$  на такій відстані від ортогональних проекцій конуса, на якій бажано одержати його аксонометричну проекцію. Через точку  $O$  перетинання прямих  $EP$  і  $JS$  проводимо пряму  $T_2$  під кутом  $22^\circ 30'$  до горизонту. Далі через вертикальну проекцію  $a_2$  точки  $A$  проводимо пряму  $LS$  під кутом  $45^\circ$  до горизонту. Для визначення бажаної висоти розташування аксонометричної проекції конуса стосовно його ортогональних проекцій проводимо пряму  $RN$  під кутом  $30^\circ$  до горизонту.

Через точку  $G$  перетину прямих  $LS$  і  $RN$  проводимо пряму  $T_1$  під кутом  $52^\circ 30'$  до горизонту. Точка  $x_1$  знаходиться на перетинанні прямих  $T_1$  і  $T_2$ , а ізометричну проекцію  $A'$  точки  $A (a_1, a_2)$  конуса одержуємо в перетині прямих  $OC$  і  $GN$ . Інші аксонометричні проекції точок конуса будуємо аналогічно точці  $A$ . При цьому одночасно будуємо бажані розрізи на аксонометричній проекції. Для цього намічаємо в площинах розрізу ряд точок. На рис. 1 такими є точки  $M$  і  $D$ . Можна задати необхідну кількість таких точок.

Зазначимо, що ізометричними проекціями нижньої і верхньої основ конуса будуть еліпси. Велика вісь еліпса буде, як відомо, паралельна горизонтальному сліду трикутника слідів площини аксонометричних проекцій. Тому горизонтальна проекція діаметра, що проекціюється у велику вісь еліпса, буде перпендикулярна напрямку прямих, що проходять через горизонтальні проекції кінців зазначеного діаметра, оскільки ці прямі перпендикулярні горизонтальному сліду площини. Отже, діаметром нижньої основи, що проекціюється у велику вісь еліпса, буде діаметр  $AB (a_1b_1, a_2b_2)$ .

У малу вісь еліпса спроекціюється діаметр нижньої основи, який є перпендикулярним до  $AB$ .

Таким же способом одержують й інші точки ізометричної проекції.

Встановлено безпосередній графічний зв'язок між аксонометричною й ортогональною проекціями точки простору для загального випадку паралельної аксонометрії.

Отриманий спосіб побудови аксонометричних проекцій об'єктів, заданих своїми ортогональними проекціями, може бути застосований до побудови будь-якого виду аксонометричних проекцій. Даний спосіб простіше існуючих для багатьох видів аксонометрії, тому що вимагає значно меншої кількості побудов і дозволяє по ортогональних проекціях точок об'єкта безпосередньо будувати їхні аксонометричні проекції, минаючи побудову вторинних проекцій.

Великим недоліком є необхідність побудови кутів з точністю до  $30'$ , що є складним при кресленні їх на папері. При виконанні такого виду побудов за допомогою комп'ютерних програм така проблема відпадає.

Ще одним прикладом вдалого та розповсюдженого використання аксонометрії є її побудова за зображенням окремих горизонтів у гірничій справі.

У такий спосіб зручно будувати аксонометрію, якщо як вихідний матеріал для побудови використовують погоризонтні або зведені маркшейдерські плани.

За планами, наприклад, трьох горизонтів, будують прямокутну ізометрію частини копальні, яку наведено на рис. 2.

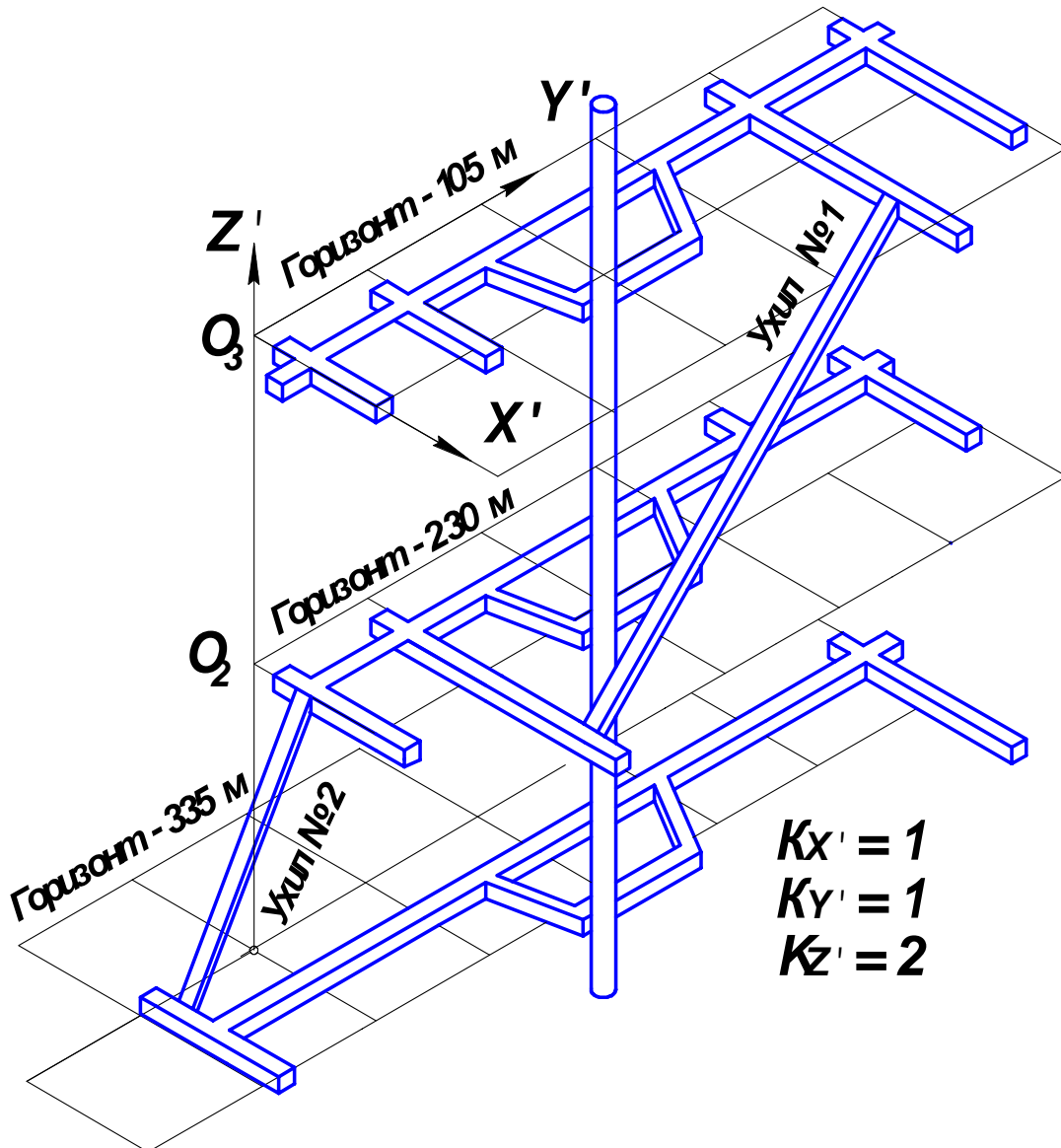


Рис. 2. Аксонометрія планів копальні

Порядок виконання побудов при кресленні таких аксонометрій наступний:

1. На планах обирають початок координат – точку  $O$  і напрямок координатних осей, загальний для всіх горизонтів. Одну з осей розташовують по головних виробках.

2. Для кожного горизонту будують аксонометричну координатну сітку з урахуванням коефіцієнтів спотворення  $K_{X'}$ ,  $K_{Y'}$ ,  $K_{Z'}$  (рис. 2).

Якщо виявиться значне перекриття одного горизонту іншим, то масштаб по осі  $Z'$  можна збільшити, тобто штучно збільшити коефіцієнт спотворення по осі  $Z'$ . У даному прикладі  $K_{Z'} = 2$ .

3. На кожному горизонті наносять контури гірничих виробок.

4. Проводять похилі і вертикальні лінії гірничих виробок, яким додають об'ємну форму.

На кресленнику обов'язково повинні бути показані: розташування аксонометричних осей, початок координат і значення коефіцієнтів спотворення.

Таким чином, аксонометрія, як і будь-який кресленик, у широкому розумінні, являє собою модель, що відбиває ту або іншу сторону предметів, явищ, процесів зовнішнього світу. Кресленик служить засобом фіксації і передачі думки. З цього погляду він є особливою мовною формою, причому такою, котра не може бути замінена мовою слів. Причина полягає в більшій конкретності кресленика, в порівнянні з поняттями, вираженими словесно. Ця властивість, крім того, дає можливість прямо обслуговувати за допомогою аксонометрії так званій довербальний (позамовний) ступінь свідомості або, простіше кажучи, сферу почуттєвого та зорового сприймання й уяви.

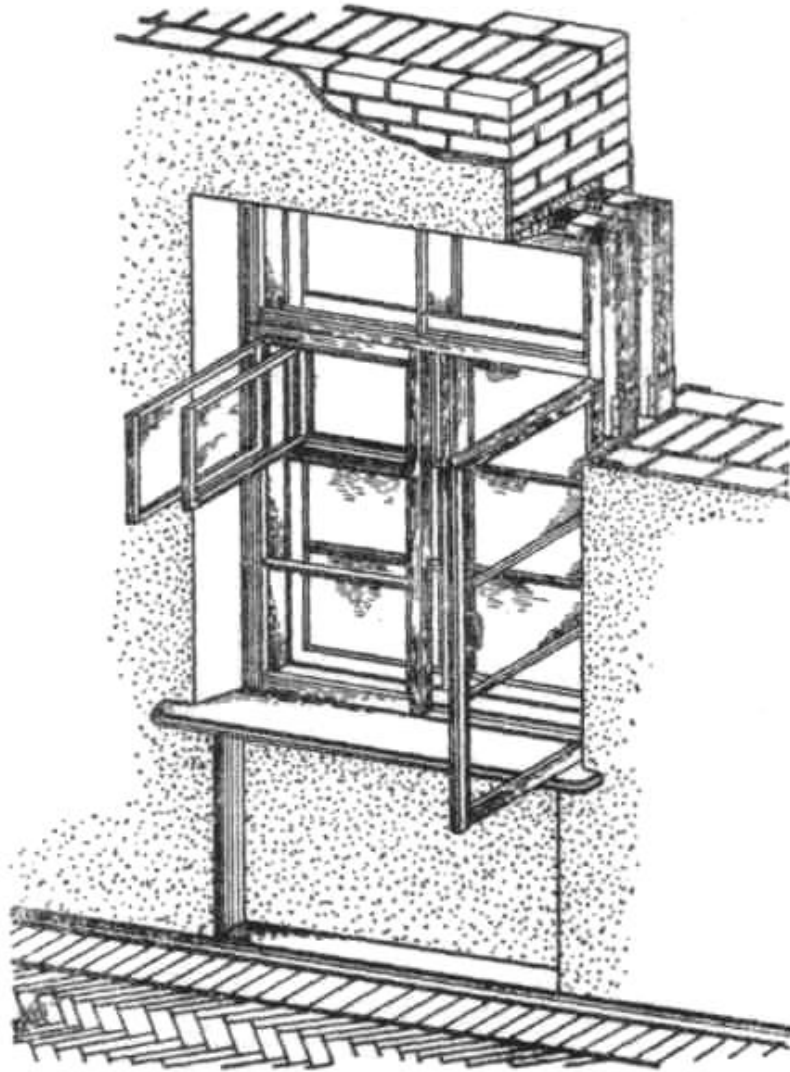


Рис. 3. Зображення віконного прорізу в косокутній ізометрії [11].

На рис. 3 наведено приклад застосування ізометрії в будівельній справі. Відносно прості форми зображуваного об'єкта дозволили подати схему розташування віконного прорізу з чіткою оцінкою товщини стіни, висоти підвіконня, місця під батарею опалення й інших елементів. Якщо спробувати це все описати словами, то такий опис може зайняти не одну сторінку тексту.

Таким чином, аксонометрія є таким могутнім наочним фактором, який куди краще слів допомагає уявити зображуваний об'єкт і зв'язати його з іншими об'єктами, показати їхній зв'язок при збереженні пропорцій, об'єму і прорисовування різних переходів тіней.

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** Встановлено безпосередній графічний зв'язок між аксонометричною й ортогональною проекціями точки простору для загального випадку паралельної аксонометрії. Отриманий спосіб побудови аксонометричних проекцій об'єктів, заданих своїми ортогональними проекціями, може бути застосований до побудови будь-якого виду аксонометричних проекцій. Даний спосіб простіше існуючих для багатьох видів аксонометрії, тому що

вимагає значно меншої кількості побудов і дозволяє по ортогональних проекціях точок об'єкта безпосередньо будувати їхні аксонометричні проекції, минаючи побудову вторинних проекцій.

Великим недоліком є необхідність побудови кутів з точністю до 30', що є складним при кресленні їх на папері. При виконанні такого виду побудов за допомогою комп'ютерних програм така проблема відпадає.

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. Сівак, 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. Кресленики технічні. Методи проєціювання. Частина 3. Аксонометричні проекції. К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.
11. Журило А. Г. Теоретичні та практичні основи аксонометрії [Текст] / А. Г. Журило. Навч. посібник. Х.: НТУ «ХП». — 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 проекцій / А. Г. Журило, Є. М. Сівак // Комп'ютерно - інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. — 2017. - №26. - С. 93-98. Видавництво Луцького національного технічного університету.