

УДК 004.92

% 0.42.

ОКР. 3'

Фесенко М. Б., канд. техн. наук

ЗАГАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ АКСОНОМЕТРИЧНИХ ПРОЕКЦІЙ ГРАФІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України

Визначено поняття аксонометрії з обтунтованим включенням до нього ортографічних проєкцій та центральної перспективи. На цій основі виконана класифікація аксонометричних проєкцій графічних об'єктів, яка дозволяє знайти взаємозв'язок між окремими проєкціями, що використовуються у різноманітних системах, де є комп'ютерна графіка.

Вступ

В сучасній комп'ютерній графіці склалася ситуація, коли не кожен проєктувальник зображень на екрані здатен точно сказати, що він проєктує. Дійсно, різні підручники, посібники, монографії та інша література [1, 2, 3] по різному іменують однакові речі. Оскільки таке положення потребує впорядкування, тому необхідно визначитись відносно цих питань та виключити різночитання. Проєктувальників найчастіше цікавлять відповіді,

яким чином будується та чи інша модель об'єкту та переходи і взаємозв'язки між моделями, якщо вони взагалі існують, та як вони відбуваються на практиці. На ці питання як раз і повинні давати відповіді класифікації. Розбиття паралельних проєкцій на декілька підкласів в залежності від взаємного розташування картинної площини та координатних осей (рис. 1) запропоновано [3] разом з розподілом перспективних проєкцій на одноточкову, двоточкову та триточкову.



Рис. 1. Підкласи паралельних проєкцій

Такий підхід, як і в роботі [1], розуміє під аксонометрією дуже обмежені речі та не враховує її суттєві елементи. В залежності від метода проєктування, взаємного розташування напрямку L проєктування та площини проєкцій π виконана [2] класифікація плоских поверхонь геометричних проєкцій (рис. 2), в якій помил-

ково вказано кут перетину проєкторів та картинної площини для косокутних проєкцій. Класифікація проєкцій [4], що використовуються для зображення тривимірних об'єктів або сцен на картинній площині (рис. 3) відображає точку зору, що аналогічна попередній.

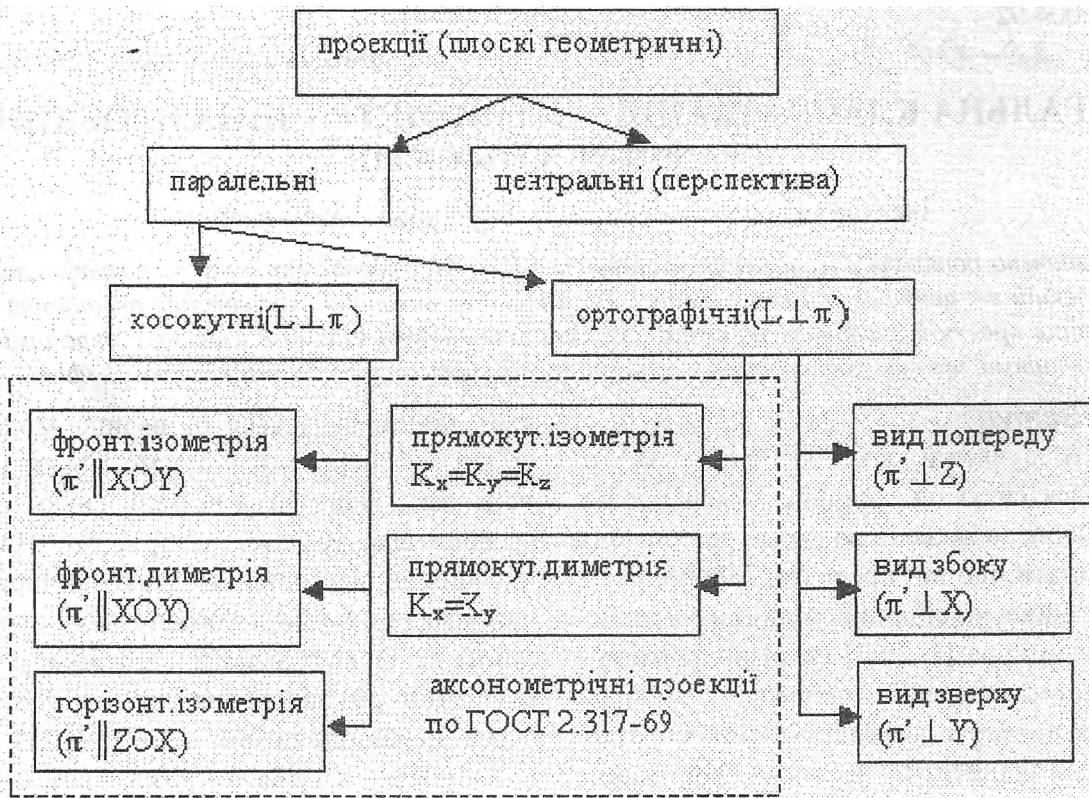


Рис. 2. Класифікація плоских геометричних проєкцій

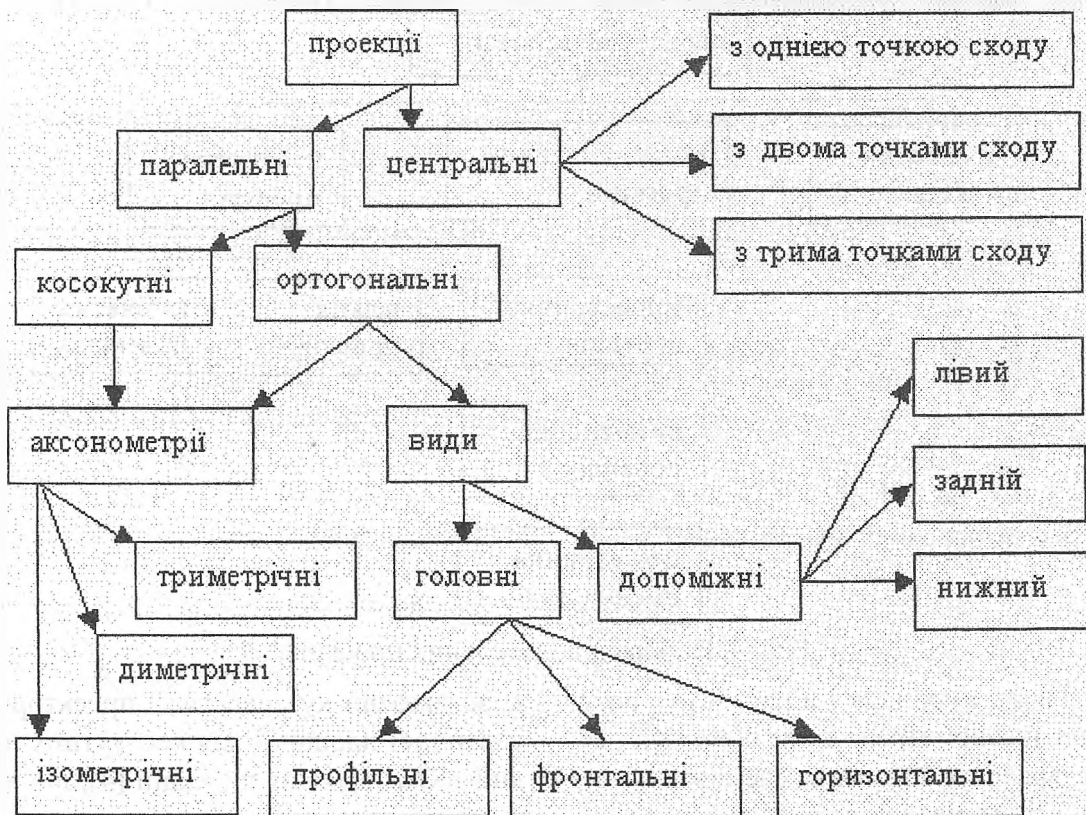


Рис. 3. Класифікація проєкцій

Виникає питання, чому відомі автори та авторитетні видання використовують

такі обмежені поняття аксонометрії. Так, згідно [5], аксонометрія – це спосіб

зображення предметів на кресленні за допомогою паралельних проєкцій. Для побудови аксонометричної проєкції просторової форми поступають наступним чином: обирають три взаємно перпендикулярні вісі та масштаби довжини на цих осях. Потім проєктують на площину креслення дану фігуру та ці вісі разом з масштабами. Тобто це поняття орієнтовано виключно на інженерну графіку, коли для побудови перспективи не обов'язково задавати систему координат і точки сходу, а креслення зображення можливо зробити за допомогою затемненого сажею скла чи подібним чином. Посилаючись на ГОСТ 2.317-69, класифікація [2] вилучає з аксонометрій види як частину ортографічних проєкцій, але включає до них іншу частину ортографічних проєкцій – прямокутні ізометрію та диметрію, хоча, виходячи з назв та коефіцієнтів перекручень, вони скоріше відносяться до ортогональних проєкцій, тобто в цій класифікації помилково використана назва ортографічні щодо прямокутній ізометрії та диметрії. Отже, потрібна нова сучасна класифікація аксонометричних проєкцій з урахуванням можливостей комп'ютерної графіки.

Основна частина

Метою даної статті є введення нового визначення поняття аксонометрія та створення на його основі сучасної класифікації аксонометричних проєкцій графічних об'єктів, що враховує комп'ютерний аспект реалізації аксонометрії. Аксонометрія, що походить від грецьких слів *вісь* і *вимірюю*, є одним зі способів зображення просторових фігур на площині. Аксонометрія полягає в тім, що фігура, обрана прямокутна декартова система координат і ортогональна проєкція фігури на одну з координатних площин – проєктуються на площину креслення чи екран дисплею. У залежності від того, рухаються центр і вісі, або ні, системи координат підрозділяються на рухливі, чи відносні, як, наприклад, полярні системи, та нерухливі, чи абсолютні, стаціонарні. По способу виконання перетворень аксонометрії по-

діляються на звичайні та однорідні. На практиці використовуються нормалізовані однорідні координатні перетворення. Вперше однорідні матриці перетворень запропонував та використовував А.Ф. Мебіус [6]. Нормалізація однорідних координат в [4] трактується як додаткова операція приведення розширених векторів до декартової форми. Це є помилково, тому що перетворення в декартових координатах не обов'язково є однорідними, а сама декартова система координат є звичайною прямокутною. Таку систему координат можливо задавати як з використанням одноріднокоординатного представлення, так і звичайним чином.

Врахуємо, що раз ортографічна проєкція входить до складу паралельної аксонометрії, то, відповідно, слід вважати її теж аксонометрією. Отже, фронтальна, горизонтальна та профільна ортографічні проєкції, чи види, є аксонометричними. Тепер покажемо це відносно перспективних проєкцій, тобто що вони теж відносяться до аксонометричних. Відомо, що у класичному виді з використанням однорідних координат перспективні проєкції задаються квадратною матрицею перетворення, яка містить чотири рядка та чотири стовпця. Перший рядок задає напрямки вісі абсцис та розташування точки сходу на перетвореної вісі абсцис. Відповідні точки сходу та напрямки осей задаються для ординат та аплікату, а останній рядок задає розташування початку координат.

Таким чином, при комп'ютерному перспективному проектуванні встановлення співвідношень з осями координат є обов'язковим, а додаткові паралельні аксонометричні перетворення зсувів, переміщення, зміни масштабів, відображень та обертань виконуються у разі необхідності корегування зображення. Звернемо увагу на те, що коли попередньо обчислені місця розташування точок перспективи, то у такому випадку за допомогою виключно паралельних аксонометричних перетво-

рень можливо побудувати перспективні проєкції. Це положення підтверджує, що ми маємо рацію включити перспективні перетворення до аксонометричних.

Отже, аксонометрія – це будь-які зображення на картинній площині, які спроектовані за допомогою комп'ютерних перетворень чи креслярських інструментів або інших креслярських чи фото приладів, що співвідносяться з осями координат своєю орієнтацією, метрикою, розташуванням і способами та механізмами відтворення, на відміну від малюнків та ешюр. Визначене таким чином поняття аксонометрії покладемо в основу класифікації аксонометричних проєкцій.

Розвиток людської думки привів до створення багатьох геометрій і породив різні способи і системи представлення зображень. На думку К.Ф. Гаусса [6], “зобразити одну поверхню на іншій – значить знайти закон, за яким кожній точці першої поверхні повинна відповідати визначена точка другої поверхні”. Ряд поверхонь має властивість переміщатися по самим собі, не випробуючи при цьому деформацій, якщо для множини точок цих поверхонь можливі такі конгруентні, чи рівні, перенесення, при яких зберігається належність цих точок своїм поверхням. При цьому вимір геометричних характеристик графічних об'єктів виробляється за допомогою накладення на зображуваний образ задалегідь обраних одиниць чи їхніх загально прийнятих часток. Кожна поверхня, на якій відтворюється зображення графічного об'єкту, повинна допускати сукупність рухів, що дозволяють сполучити будь-яку пару своїх лінійних елементів, тобто належних цієї поверхні. Як такий рід лінійного елемента може виступати точка разом із указівкою напрямку у виді стрілки, що виходить з даної точки в дотичній площині. Сполучення лінійних елементів при накладенні вважається рівним чи тотожним, якщо їх точки збіглися при такому сполученні, а стрілки спрямовані в ту саму сторону. По кілько-

сті координатних осей простори поділяються на одновимірні, двовимірні, тривимірні, чотиривимірні та інші. По складу та виду координатних осей системи координат поділяються на прямолінійні, криво-лінійні, кутові, полярні та змішані.

При зображенні на екрані комп'ютера просторових фігур спотворюється перекручення не тільки їхньої характеристики, але і дійсні співвідношення напрямків, відстаней, освітленості та інших характеристик, які властиві їм у реальному просторі. Картою, чи картографічною проєкцією, називається таке зображення земної чи якої-небудь іншої об'ємної поверхні на площині, при якому внесені перекручування відповідають визначеним закономірностям і не виходять за припустимі межі графічної і геометричної точності. У залежності від характеру внесених перекручувань і виду картографічної сітки, а по суті набору координатних осей, проєкції підрозділяються на рівнокутні, рівновеликі, рівнопроміжні та довільні. До рівнокутних відносяться проєкції, що не спотворюють кутів і зберігають подобу нескінченно малих фігур, які називаються конформними, чи, як і проєкції – рівнокутними. При цьому зображення вісей меридіанів і паралелей перетинаються один з одним під прямим кутом. У рівновеликих проєкціях зберігається пропорційність між площами на картах і відповідними поверхнями на земному сфероїді. Для рівнопроміжних проєкцій характерне збереження довжини уздовж по одному з головних напрямків. Всі інші види проєкцій, що за властивостями перекручувань, які внесені ними, не відносяться до трьох попередніх класів, варто вважати довільними. По виду координатної сітки як різновиду координатних осей проєкції умовно розділяють на кругові, псевдоконічні, псевдоциліндричні, поліконічні, прямокутні та інші, що мають приватне застосування. Для кругових характерно зображення медіан і паралелей у виді кіл. На псевдоконічних паралелі зображуються

двоточкову, чи кутову перспективу, і три-точкову, чи-косу перспективу.

Коли центр проєкції розташований у нескінченності чи поряд з нею, тобто $S \leq \infty$, одержуємо паралельні аксонометричні проєкції. Якщо напрямок паралельного проєктування на площину зобра-

ження перпендикулярний цій площині, то аксонометрія називається ортогональною, чи нормальною. Якщо ж перетинання променів, що проєктують, з картинною площиною відбувається під деяким кутом, який відмінний від прямого, то аксонометрія буде косокутною чи похилою.

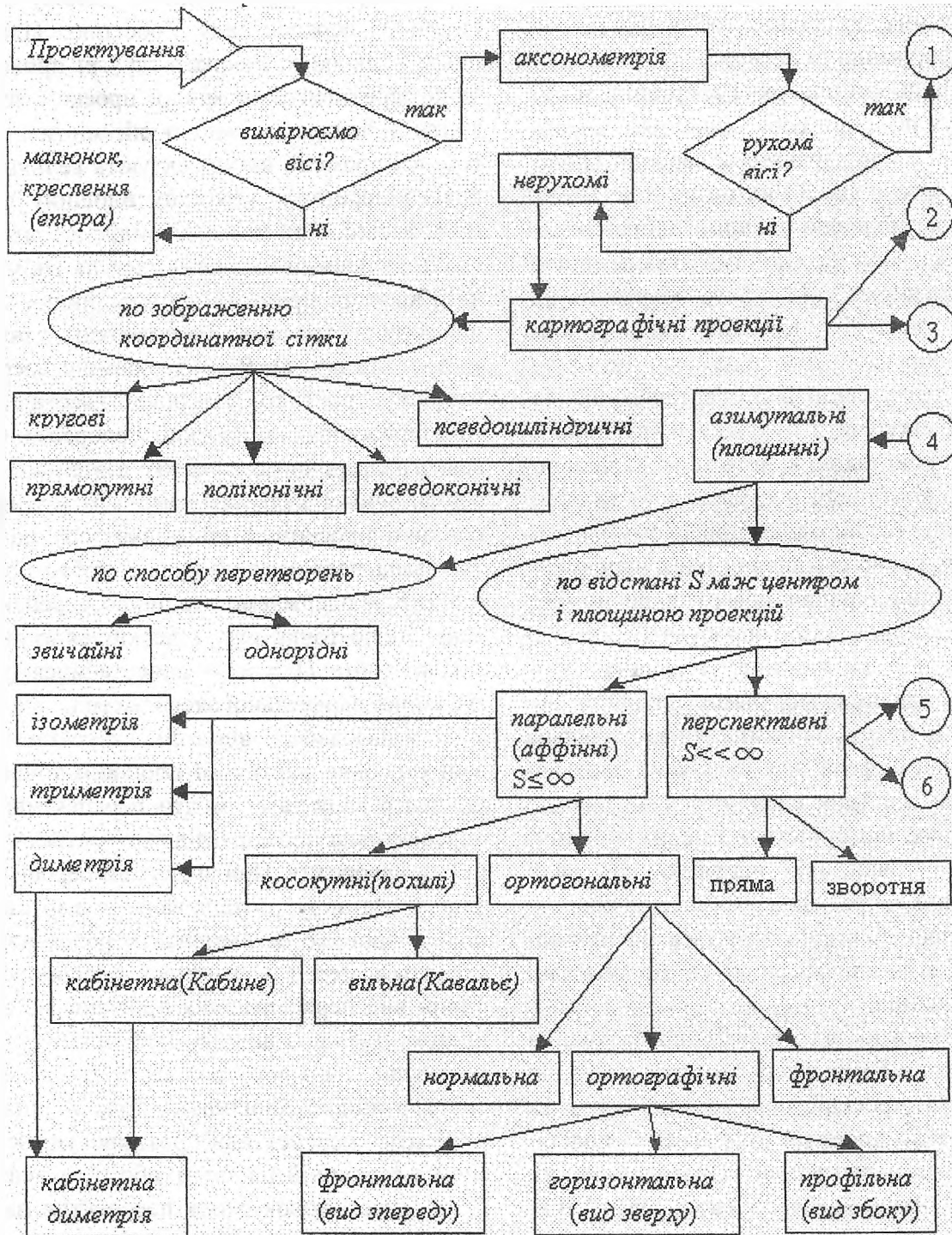


Рис. 4. Класифікація аксонометричних проєкцій (ліва частина рис.)

При ортогональній аксонометрії вказують косинуси кутів нахилу координатних вісей до площини креслення, що називають показниками перекручування. Якщо два показники перекручування рів-

ні, то така аксонометрія називається диметрією. Коли рівні всі три показники, то одержуємо ізометрію. Якщо ж усі три показники перекручування різні, то перед нами – триметрія.

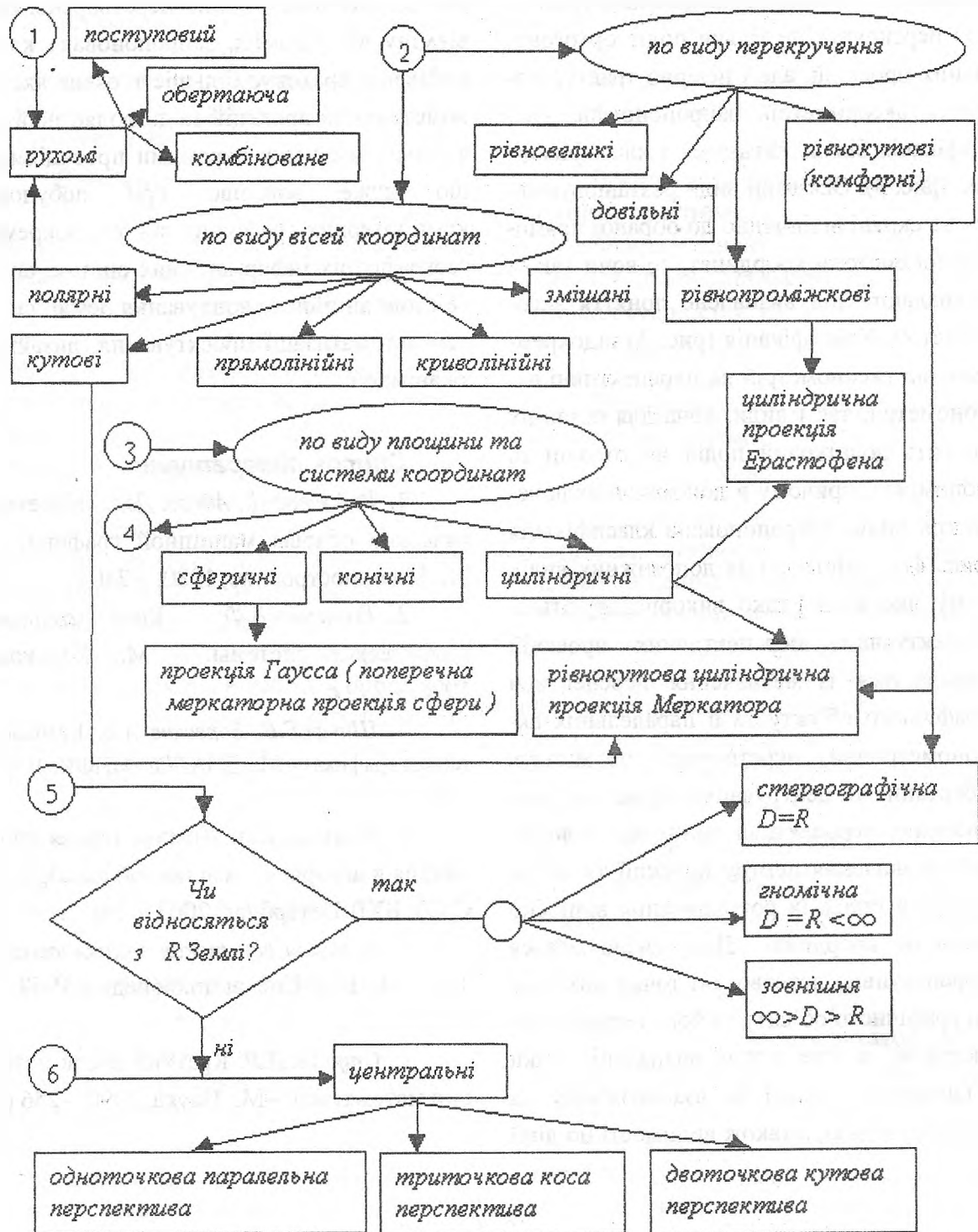


Рис. 4. Класифікація аксонометричних проєкцій (права частина рис.)

Висновки

Таким чином, запропонована класифікація аксонометричних проєкцій (рис. 4) охоплює усі основні моменти проєктування. Порівняємо її з відомими класифікаціями. Порівняно з класифікацією (рис. 1), що перекидає не тільки поділ ортогональних проєкцій, але і невірно трактує поняття аксонометрії, запропонована класифікація більш збігається з класифікацією (рис. 3). Оскільки види розташовуються на екрані відповідно до обраної прямокутної системи координат, то вони також підпадають під визначене поняття аксонометрії. Класифікація (рис. 3) відокремлює від аксонометрій як перспективні аксонометрії, так і види, хоча для останніх містить додатковий поділ на головні та допоміжні, причому в допоміжні включені три види. Запропонована класифікація (рис. 4) не містить цих допоміжних видів тому, що вони рідко використовуються. Проєктування перспективних проєкцій складається із визначення перспективи графічного об'єкту та її паралельних аксонометричних перетворень, що містять обертання та центрування. Крім того, визначення перспективи припускає попереднє визначення центру проєкції та точок сходу, а також їх розташування відносно системи координат. Далі визначаються перспективно перетворені точки вихідного графічного об'єкту та його перекинуті складові, а вже потім визначені точки з'єднуються згідно їх взаємозв'язку та розташуванню, а також видимості по лінії

візування. Наступні перетворення по обертанню та центруванню повинні покращити сприйняття перспективно перетвореного графічного об'єкта. Отже, перспективне перетворення теж необхідно віднести до аксонометричних перетворень. На відміну від відомих, запропонована класифікація враховує більшість ознак аксонометричних проєкцій та дозволяє знайти взаємозв'язок між окремими проєкціями, що дуже важливо при побудові комп'ютерних графічних систем, зокрема географічних інформаційних систем, систем дистанційного зондування Землі, систем автоматизації проєктування, дизайну та анімації.

Список літератури

1. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. – М.: Машиностроение, 1980. – 240 с.
2. Ткаченко В.Ф. Компьютерные графические системы. – М.: Харьков, 1996. – 299 с.
3. Шикин Е.В., Боресков А.В. Компьютерная графика. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1996. – 288 с.
4. Никулин Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной алгебры. – С.Пб: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.
5. Большая советская энциклопедия. Т.1. – М.: Изд. Сов. энциклопедия, 1969. – С. 347.
6. Стройк Д.Я. Краткий очерк истории математики. – М.: Наука, 1990. – 256 с.