

УДК 514.18

## **АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ ПРОЕКЦІЙ ПОВЕРХОНЬ ТА ЛІНІЇ ЇХНЬОГО ПЕРЕТИНУ У ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРІ КОМП'ЮТЕРНОГО ПАКЕТУ AUTODESK INVENTOR**

Подригало Н.М. , д.т.н.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
(Україна)*

*Як відомо, у процесі вивчення дисципліни «Нарисна геометрія» у студентів виникають складнощі з уявленням об'єктів, що проєкціюються, та способів розв'язання графічних задач. На допомогу їм приходять аксонометричні зображення задач, у яких показують досліджувані об'єкти разом з їхніми проєкціями на основні площини. Для підготовки таких зображень доволі зручним є пакет Autodesk Inventor з його можливістю проєкціювати геометрію на робочі площини та задавати типи ліній, їх колір та товщину.*

*В роботі показано алгоритм додавання ортогональних проєкцій моделі поверхонь, що перетинаються, з урахуванням видимості лінії перетину та обрисів поверхонь в проєкціях.*

*У якості прикладу розглянуто перетин прямого кругового зрізаного конусу та півсфери. Для проєкціювання обрисових ліній видимого контуру запропоновано створювати моделі тіл вказаних об'єктів, а для проєкціювання ліній обрису невидимого контуру – їхніх поверхонь. Щоб розділити на обраній площині проєкціїй видимі та невидимі частини лінії перетину цих об'єктів, використано розділення моделі робочою площиною, яка є паралельною до вказаної площини проєкціїй і проходить через точки зміни видимості лінії перетину.*

*Описаний алгоритм дозволяє також на базі побудованої моделі отримувати й інші варіанти позиційних задач (наприклад, заміною зрізаного конусу на повний конус та циліндр), що дозволяє обрати найкращий варіант ілюстрації та скорочує час на її підготовку. Зроблено висновок, що Autodesk Inventor доцільно застосовувати для ілюстрації побудови проєкцій лінії перетину поверхонь, у тому числі використовувати одну модель для декількох задач, що прискорює процес підготовки ілюстративного матеріалу.*

*Отримані результати впроваджені у навчальний процес кафедри інженерної та комп'ютерної графіки ХНАДУ.*

*Ключові слова: Autodesk Inventor, перетин поверхонь, проєкціювання геометрії.*

**Постановка проблеми.** Як відомо, у процесі вивчення дисципліни «Нарисна геометрія» у студентів виникають складнощі з уявленням об'єктів, що проєкціюються, та способів вирішення графічних задач. На допомогу їм приходять аксонометричні зображення задач, що розглядаються, у яких показують досліджувані об'єкти разом з їхніми проєкціями на основні площини. Для підготовки таких зображень зручно використовувати комп'ютерні графічні пакети, одним з яких є пакет Autodesk Inventor (AI).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботах [1-2] показано алгоритм створення тривимірної моделі з проєкціями у AI на прикладі метричної задачі, що розв'язується перетворенням комплексного кресленника. В роботі [3] показано алгоритм створення тривимірної моделі задачі побудови лінії перетину поверхонь другого порядку з використанням площин посередників. Автор роботи [4] показав послідовність побудови тривимірної моделі такої задачі, але додав ще алгоритм створення проєкцій у окремому файлі кресленника. У роботі [5] показано, як можна застосовувати можливості AI при підготовці навчальних матеріалів з нарисної геометрії. Але в цих роботах не досліджено, як разом із тривимірною моделлю тіл, що перетинаються, поєднати її ортогональні проєкції з урахуванням видимості ліній на кресленнику.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою представленої роботи є отримання (на прикладі вирішення задачі перетину двох поверхонь) алгоритму додавання до моделі її ортогональних проєкцій з урахуванням видимості ліній моделі. В зв'язку з цим було поставлено наступні завдання: побудувати модель двох тіл (поверхонь), що перетинаються, та їхні проєкції на робочих площинах моделі; задати властивості отриманих ліній у відповідності з призначенням; перевірити адекватність зміни проєкцій при зміні розмірів моделі.

**Основна частина.** Для того, щоб отримати лінії видимого контуру достатньо побудувати тіла (конусу і сфери) з об'єднанням. А задля отримання ліній невидимого контуру – поверхні тих же об'єктів з використанням тих самих ескізів. Конус побудуємо за допомогою команди «Лофт», що у майбутньому дасть нам можливість перетворити його на циліндр. Півсферу будуємо за допомогою команди «Вращение» з об'єднанням із конусом. Через створення робочих площин підготуємо площини проєкцій.

Щоб отримати проєкції лінії перетину вказаних тіл, що повинні бути розділені на видимі і невидимі частини, скористаємося командою для побудови 3D ескізу, на якому виконаємо операцію додавання геометрії. Щоб розділити модель на видимі і невидимі відносно площин проєкцій частини побудуємо робочу площину через обрисові

лінії моделі, або скористаємося однією з початкових (рис. 1, YZ Plane). А потім, за допомогою цієї площини виконаємо розділення.

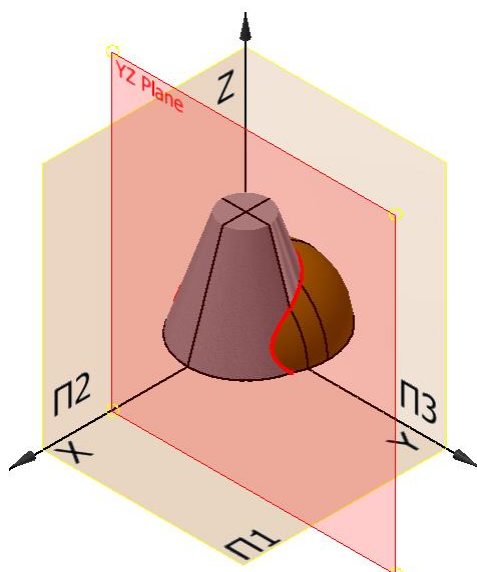


Рис. 1. Підготовка моделі

На площинах **П1**, **П2** и **П3** послідовно будуємо проєкції тіл, що перетинаються. Це слід зробити за допомогою проєціювання геометрії на площину ескізу (рис. 2). Тип, колір та товщину лінії краще задати перед проєціюванням визначених ліній. Це можна зробити за допомогою команд панелі «Формат» на вкладці «Ескіз» стрічки АІ. На рис. 2, а. показані проєкції видимих ліній, на рис. 2, б. – невидимих ліній, а на рис. 2, в. – загальний результат. Слід зауважити, що декілька ліній довелось добудувати (рис. 2, б) з накладенням геометричних залежностей, а саме: видимі частини обрисової лінії сфери на площині **П3**, прив'язавши їх відповідними залежностями до лінії невидимого контуру сфери. Інакше, ці лінії показувалися би як видимі і у тій частині проєкції, де вони є невидимими.

Якщо потрібно показати посередник (рис. 2, в, площина  $\Sigma$ ), за допомогою якого знайдено точки лінії перетину, будуємо нову робочу площину (посередник) і в ескізі, що їй належить, виконуємо команду «Проецирование ребер». Це дасть нам лінії за якими посередник перетинає тіла. Потім проєціюємо ці лінії на площини **П1**, **П2** та **П3**.

Адекватність зміни проєкцій у випадку зміни розмірів моделі, безумовно, залежить від обраних значень. Неадекватна зміна відбувається тому, що задля розділення лінії перетину на частини було розділено модель. На рис. 3, а. показана неадекватна зміна проєкцій. В цьому випадку було зменшено діаметр півсфери таким чином, що вона перейшла площину розділу моделі. Таким чином, частина лінії перетину з 3D-ескізу втратила зв'язок зі сферою.

На рис. 3, б, в показані варіанти зміни розміру верхньої основи конусу таким чином, щоб перетворити його на повний або на циліндр. Як видно з наведених прикладів, проєкції змінюються адекватно.

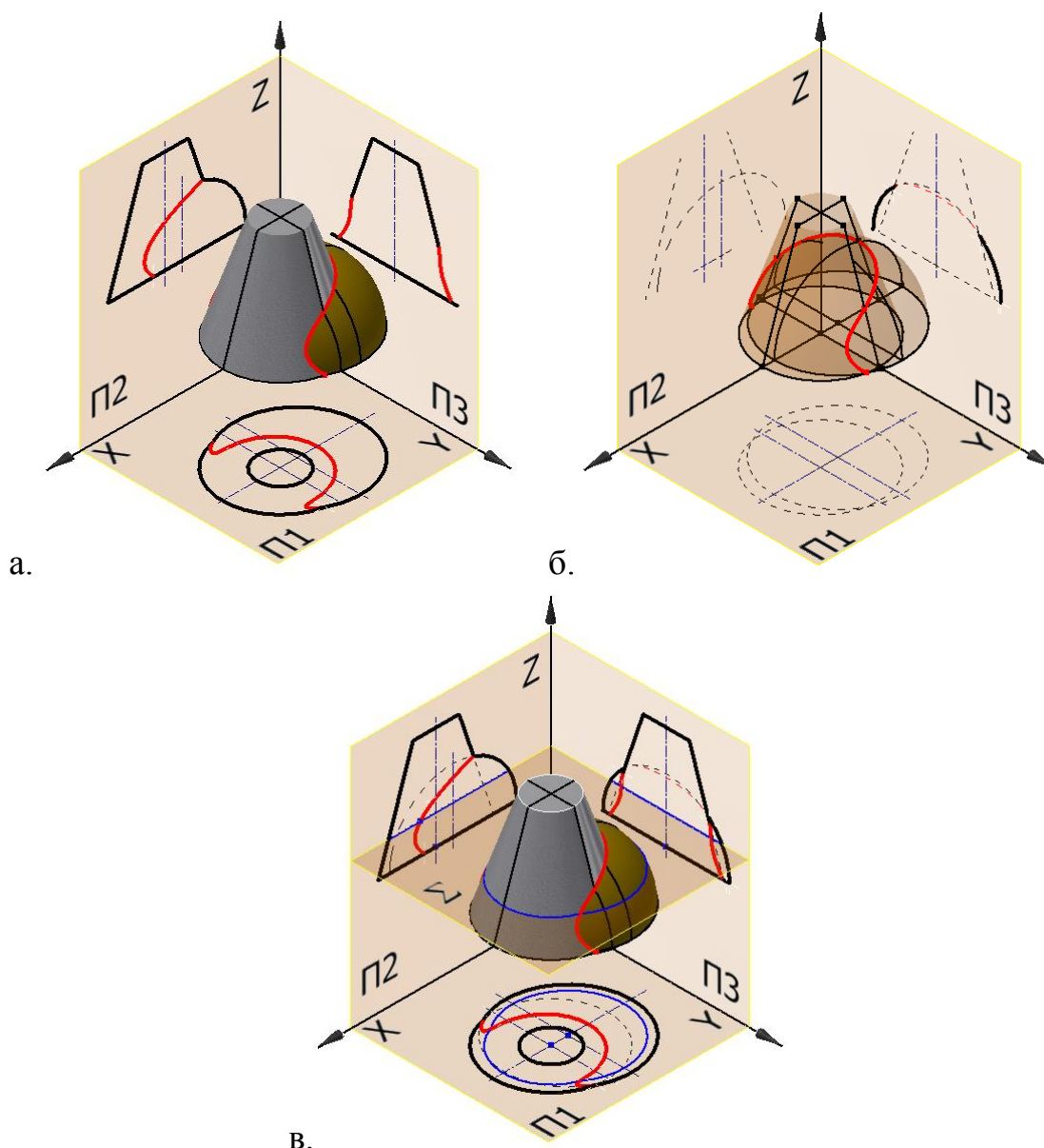


Рис. 2. Побудова проєкцій тіл та лінії їхнього перетину

**Висновки.** Таким чином було зроблено висновок, що Autodesk Inventor цілком придатний для використання у навчальному процесі для ілюстрації побудови проєкцій лінії перетину поверхонь. Також доказана можливість використання однієї моделі для ілюстрації декількох задач, що прискорює процес підготовки ілюстративного матеріалу, але адекватність зміни моделі залежить від обраних значень розмірів. Отримані результати використовуються у навчальному процесі кафедри інженерної та комп'ютерної графіки ХНАДУ.

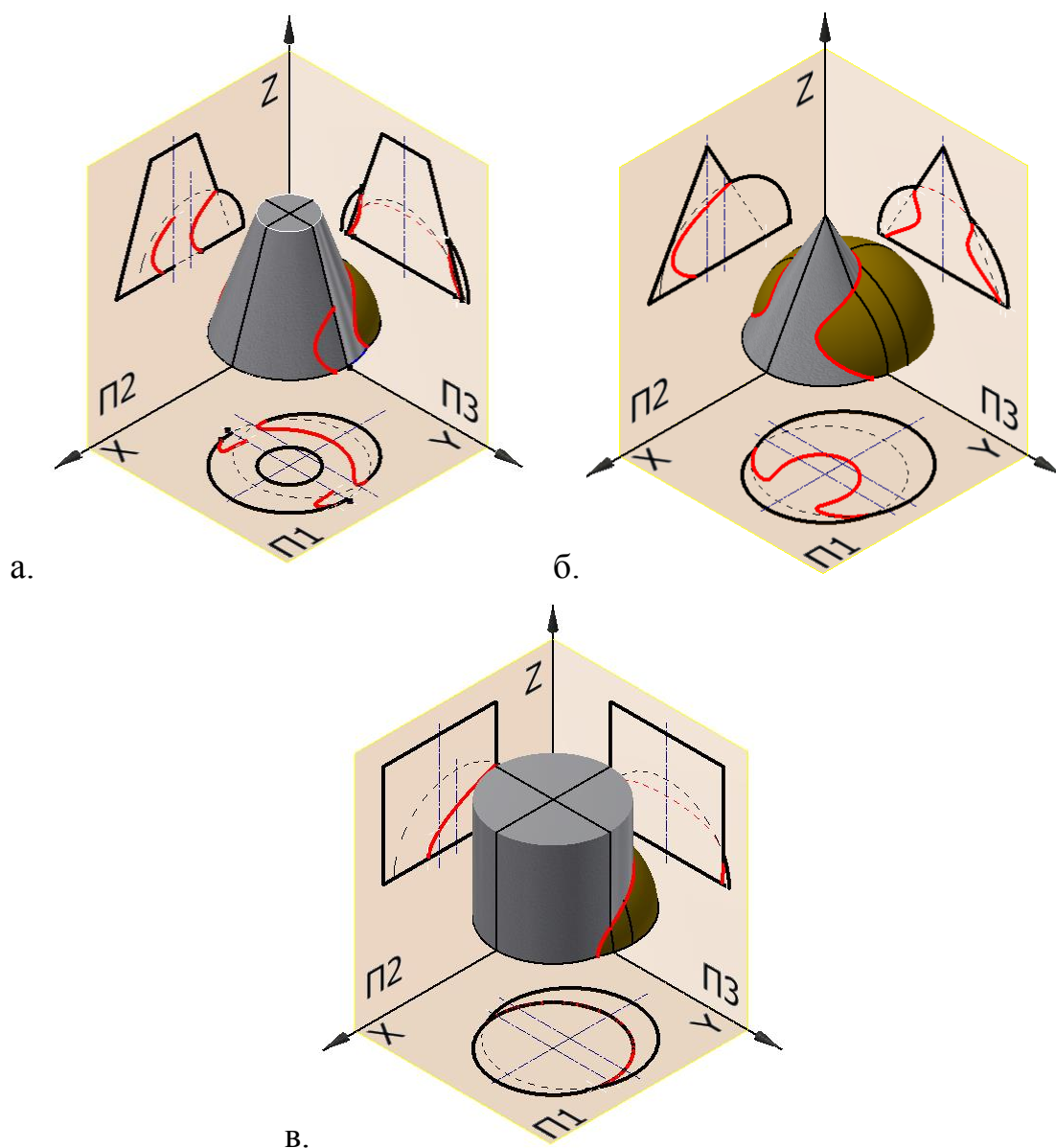


Рис. 3. Адекватність проєкцій у випадку зміни розмірів моделі

### ***Література***

1. Корягина О.М. Использование трехмерного компьютерного моделирования в курсе начертательной геометрии. *Главный механик*. ООО ИД Панорама, 2016. № 2. С. 47-50.
2. Корягина О.М. Решение метрических задач способом замены плоскостей проекций в системе компьютерного трехмерного моделирования Autodesk Inventor. *Cloud of Science*. НОУ ВО МТИ, 2017. Т. 4. № 1 С. 86-96.
3. Корягина О.М. Построение линий пересечения поверхностей второго порядка в системе объемного моделирования Autodesk Inventor. *Cloud of Science*. 2016. Т. 3., № 1. С. 60-70.

4. Киселевский О.С. Твёрдотельное трехмерное моделирование в Autodesk Inventor: учеб.-метод. пособие. Минск: БГУИР, 2017. 90 с.: ил.
5. Архіпов О.В. Застосування параметричного комп'ютерного моделювання при розробці завдань з нарисної геометрії. *Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць*. Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. Вип. 3. С.3-9.

### **АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЕКЦИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ЛИНИИ ИХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ПАКЕТА AUTODESK INVENTOR**

Подригало Н.М.

*Как известно, в процессе изучения дисциплины «Начертательная геометрия» у студентов возникают сложности с представлением проецируемых объектов и способов решения графических задач. На помощь им приходят аксонометрические изображения задач, в которых показывают исследуемые объекты вместе с их проекциями на основные плоскости. Для подготовки таких изображений довольно удобным является пакет Autodesk Inventor с его возможностью проецировать геометрию на рабочие плоскости и задавать типы линий, их цвет и толщину.*

*В работе показан алгоритм добавления ортогональных проекций модели пересекающихся поверхностей с учетом видимости линии пересечения и очертаний поверхностей в проекциях.*

*В качестве примера рассмотрено сечение прямого кругового усеченного конуса и полусферы. Для проецирования очерковых линий видимого контура предложено создавать модели тел указанных объектов, а для проецирования линий очертания невидимого контура – их поверхностей. Чтобы разделить на выбранной плоскости проекций видимые и невидимые части линии пересечения этих объектов, использовано деление модели рабочей плоскостью, которая является параллельной указанной плоскости проекций и проходящей через точки изменения видимости линии пересечения.*

*Описанный алгоритм позволяет также на базе построенной модели получать и другие варианты позиционных задач (например, заменой усеченного конуса на полный конус и цилиндр), что позволяет выбрать лучший вариант иллюстрации и сокращает время на ее подготовку. Сделан вывод, что Autodesk Inventor целесообразно применять для иллюстрации построения проекций линии пересечения поверхностей, в том числе использовать одну модель для нескольких*

задач, что ускоряет процесс подготовки иллюстративного материала.

*Полученные результаты внедрены в учебный процесс кафедры инженерной и компьютерной графики ХНАДУ.*

*Ключевые слова: Autodesk Inventor, пересечение поверхностей, проецирования геометрии.*

## **ALGORITHM FOR BUILDING SURFACE PROJECTIONS AND THE LINE OF THEIR CROSSING IN THE THREE- DIMENSIONAL SPACE OF THE COMPUTER AUTODESK INVENTOR PACKAGE**

Podrigalo N.

*As you know, in the process of studying the “Descriptive Geometry” discipline, students have difficulties with the presentation of projected objects and ways to solve graphical problems. They are assisted by axonometric images of tasks, in which they show the objects under study together with their projections onto the main planes. To prepare such images, the Autodesk Inventor package is quite convenient, with its ability to project geometry onto work planes and define line types, their color and thickness. The paper shows an algorithm for adding orthogonal projections of a model of intersecting surfaces, taking into account the visibility of the intersection line and the outlines of surfaces in projections. As an example, was considered the intersection of a straight circular truncated cone and hemisphere. To project the outline lines of the visible contour, it was proposed to create models of the bodies of these objects, and to project the outlines of the invisible contour - their surfaces. To separate visible and invisible parts of the intersection line of these objects on a selected projection plane, the model is divided by a working plane that is parallel to the specified projection plane and passes through the points of change of visibility of the intersection line. The described algorithm also makes it possible to obtain other variants of positional tasks on the basis of the constructed model (for example, replacing the truncated cone with a full cone and cylinder), which allows choosing the best version of the illustration and reducing the time for its preparation. It is concluded that Autodesk Inventor should be used to illustrate the construction of projections of the line of intersection of surfaces, including the use of one model for several tasks, which speeds up the process of preparing illustrative material. The results are embedded in the educational process of the department of engineering and computer graphics KhNADU.*

*Keywords: Autodesk Inventor, intersection of surfaces, projection of geometry.*