

Є. М. ІВАНОВ

ЗАСТОСУВАННЯ ОБОЛОНКИ ЗУБЧАСТОГО ВІНЦЯ, ЯК КОМПОНЕНТИ ЗА МІСЦЕМ, В ПАКЕТІ AUTODESK INVENTOR

Робота присвячена опису запропонованого узагальненого алгоритму спрощення виконання робочого креслення параметричної тривимірної моделі циліндричного зубчастого колеса для вирішення проблем відповідності вимогам чинних стандартів, зокрема, зображення циліндричного зубчастого колеса на кресленнях у пакеті Autodesk Inventor. Для рішення цієї проблеми було запропоновано використання додаткового параметричного тонкостінного елемента, який використовує геометричну інформацію зубчастого вінця тривимірної моделі циліндричного зубчастого колеса. В роботі показано, що майстер проектування пакету Autodesk Inventor дозволяє створювати параметричні тривимірні моделі циліндричних зубчастих коліс. Але при побудові креслення тривимірної моделі циліндричного зубчастого колеса не враховується ряд умовностей, передбачених чинним стандартом. В роботі показано переваги узагальненого алгоритму, який спрощує побудову креслення циліндричного зубчастого колеса в пакеті Autodesk Inventor, використовуючи параметричну тривимірну модель складальної одиниці циліндричного зубчастого колеса і параметричну оболонку зубчастого вінця. Для того, щоб креслення циліндричного зубчастого колеса в пакеті Autodesk Inventor був виконаний у відповідності з чинним стандартом під час розробки складальної одиниці була використана опція пакету Autodesk Inventor – «Create In-Place Component» (створення компонента за місцем), де вся необхідна геометрична інформація представлена функцією основних геометричних параметрів реальних зубчастих вінців. При цьому, наявність зубчастих вінців тривимірних моделей ігнорується. При необхідності тривимірну оболонку зубчастого вінця можна подати або сховати, прибравши її видимість. Запропонований узагальнений алгоритм не потребує знань вбудованої мови програмування VBA та використання засобів iLogic пакету Autodesk Inventor. Вирішує незручності методу тривимірної параметричної оболонки. Запропонований узагальнений алгоритм спрощення виконання робочих креслень циліндричних зубчастих коліс з довільними вихідними параметрами в пакеті Autodesk Inventor може бути застосований на виробництві для оптимізації розробки конструкторської документації у відповідності з чинним стандартом.

Ключові слова: зубчастий вінець, ділильне коло, параметрична оболонка, циліндричне зубчасте колесо, компонент по місцю, пакет Autodesk Inventor

E. M. IVANOV

USE OF THE GEAR SHELL AS A COMPONENT IN PLACE, IN THE AUTODESK INVENTOR PACKAGE

This paper describes a proposed generalized algorithm for simplifying the execution of a working drawing of a parametric three-dimensional model of a spur gear to solve the problems of compliance with the requirements of current standards, in particular, the image of a spur gear in drawings in the Autodesk Inventor package. To solve this problem, we propose the use of an additional parametric thin-walled element that uses the geometric information of the tooth ring of a three-dimensional model of a cylindrical gear. The paper shows that the design wizard of the Autodesk Inventor package allows creating parametric three-dimensional models of cylindrical gears. However, when constructing a drawing of a three-dimensional model of a cylindrical gear, a number of conventions provided by the current standard are not taken into account. The paper shows the advantages of a generalized algorithm that simplifies the construction of a drawing of a spur gear in the Autodesk Inventor package using a parametric three-dimensional model of a spur gear assembly unit and a parametric surface of a gear crown. In order for the drawing of a spur gear in the Autodesk Inventor package to be made in accordance with the current standard, during the development of the assembly unit, the Autodesk Inventor package option "Create In-Place Component" was used, where all the necessary geometric information is represented by a function of the main geometric parameters of real gear crowns. At the same time, the presence of tooth crowns of three-dimensional models is ignored. If necessary, the three-dimensional surface of the toothed crown can be suppressed or hidden by removing its visibility. The proposed generalized algorithm does not require knowledge of the built-in VBA programming language and the use of iLogic tools of the Autodesk Inventor package. It solves the inconvenience of the three-dimensional parametric surface method. The proposed generalized algorithm for simplifying the execution of working drawings of spur gears with arbitrary initial parameters in the Autodesk Inventor package can be used in production to optimize the development of design documentation in accordance with the current standard.

Keywords: tooth crown, dividing circle, parametric shell, cylindrical gear, create in-place component, Autodesk Inventor package

Вступ. Однією з головних труднощів в процесі побудови креслень елементів зубчастих передач в середовищі автоматизованого проектування (пакет Autodesk Inventor) є подання геометричної інформації згідно з вимогами чинного стандарту.

Використання майстра проектування пакету Autodesk Inventor [1–4] дозволяє розробляти параметричні тривимірні моделі реальних циліндричних зубчастих коліс. Але при побудові креслень по тривимірним моделям не враховується ряд особливостей [5, 9, 13–15]: циліндричні зубчасті колеса викреслюють на кресленнях умовно; циліндричні зубчасті колеса зображують у розрізі, при цьому зубці показують не розсіченими та без штрихування; на зображеннях, перпендикулярних осі колеса, розрізи не застосовують; зубчастий вінець зображують колами.

Мета та постановка завдання. Проблема можна вирішити з використанням засобів iLogic, але для користувача-початківця пакетом Autodesk Inventor це тільки ускладнює задачу. А розроблений метод тривимірної параметричної оболонки

[6–8] має декілька незручностей для користувача, а саме:

- необхідність наявності параметричної тривимірної оболонки;
- необхідність наявності файлу копіювання, зберігання та передавання інформації основних геометричних параметрів зубчастих коліс.

В роботі запропоновано узагальнений алгоритм спрощення виконання робочого креслення параметричної тривимірної моделі циліндричного зубчастого колеса (рис. 1) використовуючи опцію пакету Autodesk Inventor – створення компоненти по місцю.

Цей алгоритм не потребує знань вбудованої мови програмування VBA та використання засобів iLogic. А також вирішує незручності методу тривимірної параметричної оболонки [6–8].

© Є. М. Іванов, 2025

Удосконалення подання циліндричного зубчастого колеса. Циліндричні зубчасті колеса можна уявно поділити на два елемента: зубчастий вінець (кінцевої ширини), який складається з усіх зубців колеса, розташованих між поверхнею вершин і поверхнею западин зубців; тіло колеса, яке обмежується поверхнею западин.



Рисунок 1 – Циліндричне зубчасте колесо

Зубчастий вінець має також і ділильне коло (поверхню). Ділильне коло ділить зуб зубчастого колеса на голівку та ніжку. Частина зуба, що лежить поза ділильним колом, називається голівкою зуба. Частина зуба, що лежить всередині ділильного кола, називається ніжкою зуба. На кресленку ділильне коло проводять штрихпунктирною лінією [10, 11].

Для того, щоб кресленик циліндричного зубчастого колеса в пакеті Autodesk Inventor був виконаний у відповідності з чинним стандартом, була використана опція пакету Autodesk Inventor – «Create In-Place Component» (створення компоненти по місцю).

Після проектування тривимірної моделі циліндричного зубчастого колеса опція пакету Autodesk Inventor «Create In-Place Component» дозволила розробити тривимірну оболонку зубчастого вінця, яка складається з 2-х областей: зовнішня оболонка зубчастого вінця та оболонка ділильного кола. Таке подання дозволило варіювати властивості кожної області, як окремо, так і в пакеті.

Для розробки тривимірної оболонки зубчастого вінця, як компоненти по місцю, спочатку створюємо базовий ескіз у площині торцевого профілю циліндричного зубчастого колеса інструментом «Offset», в якому, для створення компоненти по місцю (інструмент «Create In-Place Component») проєцюємо обрис профілю зубчастого вінця інструментом «Project Geometry».

Використання інструмента «Offset» при створенні базового ескізу, дозволяє виконувати динамічний зсув копії щодо спроектованої геометрії профілю зубчастого вінця на нескінченно малу величину (рис. 2). Варіювання нескінченно малою величиною дозволяє приховати зубчастий вінець оболонкою на кресленку (рис. 6, в).

Використовуючи геометрію тривимірної моделі циліндричного зубчастого колеса (розмір ділильного кола (рис. 3, а)), створюємо ескіз оболонки ділильного кола, збільшуючи її розмір (ширину за профілем (рис. 3, б)) згідно вимогам чинного стандарту.

Тривимірну оболонку зубчастого вінця отримуємо використовуючи інструмент «Revolve» для створення елементів обертання на основі

базового ескізу і ескізу ділильного кола. Обертаємо на 360° (рис. 4).

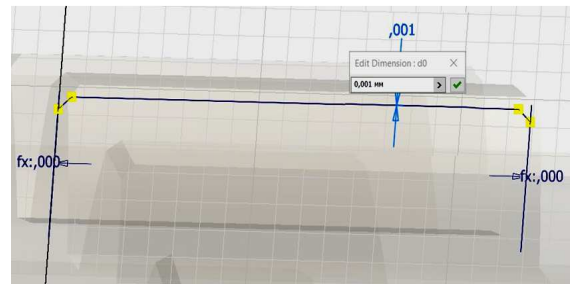


Рисунок 2 – Динамічний зсув профілю зубчастого вінця

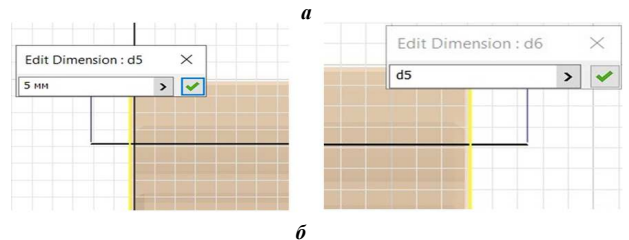
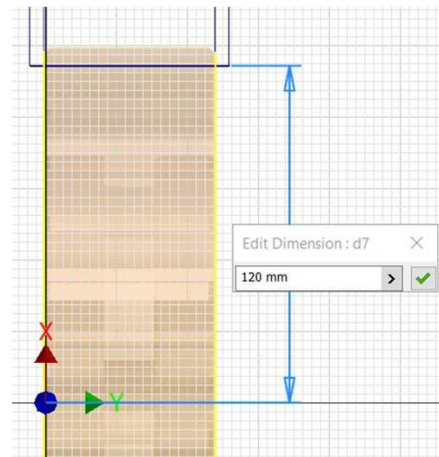


Рисунок 3 – Ескіз оболонки ділильного кола

Остаточний вигляд тривимірної моделі циліндричного зубчастого колеса в оболонки зубчастого вінця (компоненти по місцю) наведено на рисунку 5, а, б.

При необхідності тривимірну оболонку зубчастого вінця можна подавити або сховати, прибравши видимість (рис. 6, а, б).

Для спрощення побудови креслеників циліндричних зубчастих коліс [10–12] запропоновано алгоритм. Алгоритм передбачає послідовну роботу з видами на креслениках, а саме: виконання розрізів за ескізами; коригування ліній контурів і зміна властивостей областей відповідно з чинним стандартом. В основу алгоритму закладено роботу з оболонками, як компонентами по місцю, де вся необхідна геометрична інформація представлена функцією основних геометричних параметрів реальних зубчастих вінців. При цьому, наявність зубчастих вінців тривимірних моделей ігнорується.

Після створення видів циліндричного зубчастого колеса у файлі кресленка (рис. 6, а) активуємо компоненту по місцю (оболонку) інструментом «Visibility» (рис. 6, б, в). Послідовно виконуємо на

фронтальному виді два місцевих розрізу за ескізами:

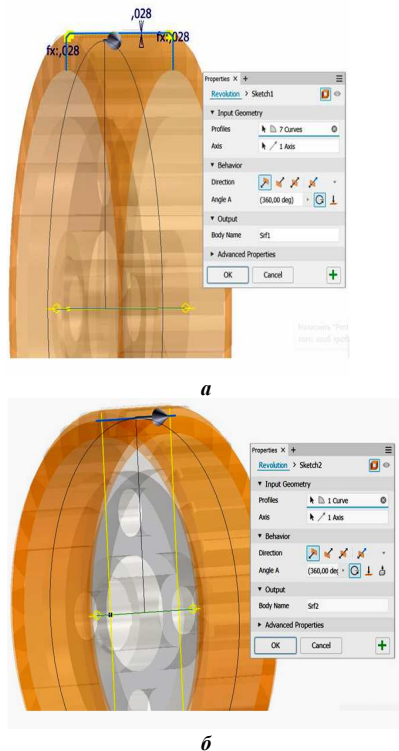


Рисунок 4 – Складові елементи тривимірної оболонки зубчастого вінця:
а – оболонка обрису; б – оболонка діляльного кола

1-й місцевий розріз виконується по 1-му ескізу інструментом «Break Out» на глибину «From Point» при виборі твірної оболонки зубчастого вінця циліндричного зубчастого колеса (рис. 6, з–е);

2-й місцевий розріз виконується по 2-му ескізу інструментом «Break Out» на глибину «Through Part» при виборі колеса в якості «Part» ((рис. 6, ж–і)).

Скориставшись інструментом «Edge

Properties» змінюємо властивості областей на видах циліндричного зубчастого колеса у відповідності з чинним стандартом (рис. 6, к–о) [9, 12].

Остаточний фрагмент кресленника циліндричного зубчастого колеса з властивостями областей у відповідності з чинним стандартом наведено на рис. 7.

При необхідності показати профіль зубців зубчастого вінця циліндричного зубчастого колеса застосовується місцевий розріз на базовому виді (рис. 8, в, е).

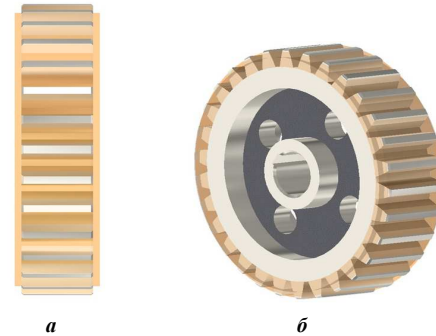


Рисунок 5 – Складальна одиниця з компонентою по місцю

Місцевий розріз виконується по ескізу інструментом «Break Out» на глибину:

- «From Point» при виборі точки (у межах більше «товщини» оболонки та менше ширини зубчастого вінця) на твірній оболонки зубчастого вінця циліндричного зубчастого колеса (рис. 8, а);
- або «Through Part» при виборі оболонки циліндричного зубчастого вінця в якості деталі (Part) (рис. 8, з).

Далі за допомогою ескізу та інструменту «Edge Properties» вносяться зміни властивостей ліній місцевого розрізу для відображення у відповідності з чинним стандартом (рис. 8, б, д).

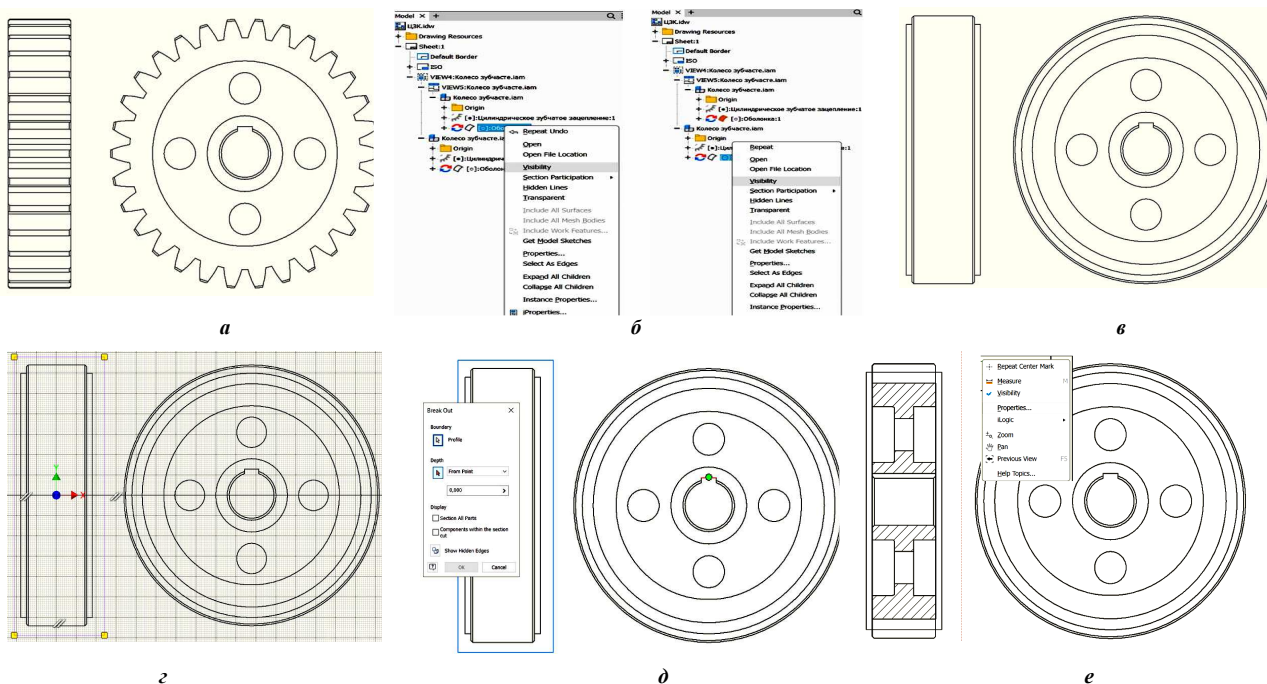


Рисунок 6 – Алгоритм редагування видів циліндричного зубчастого колеса

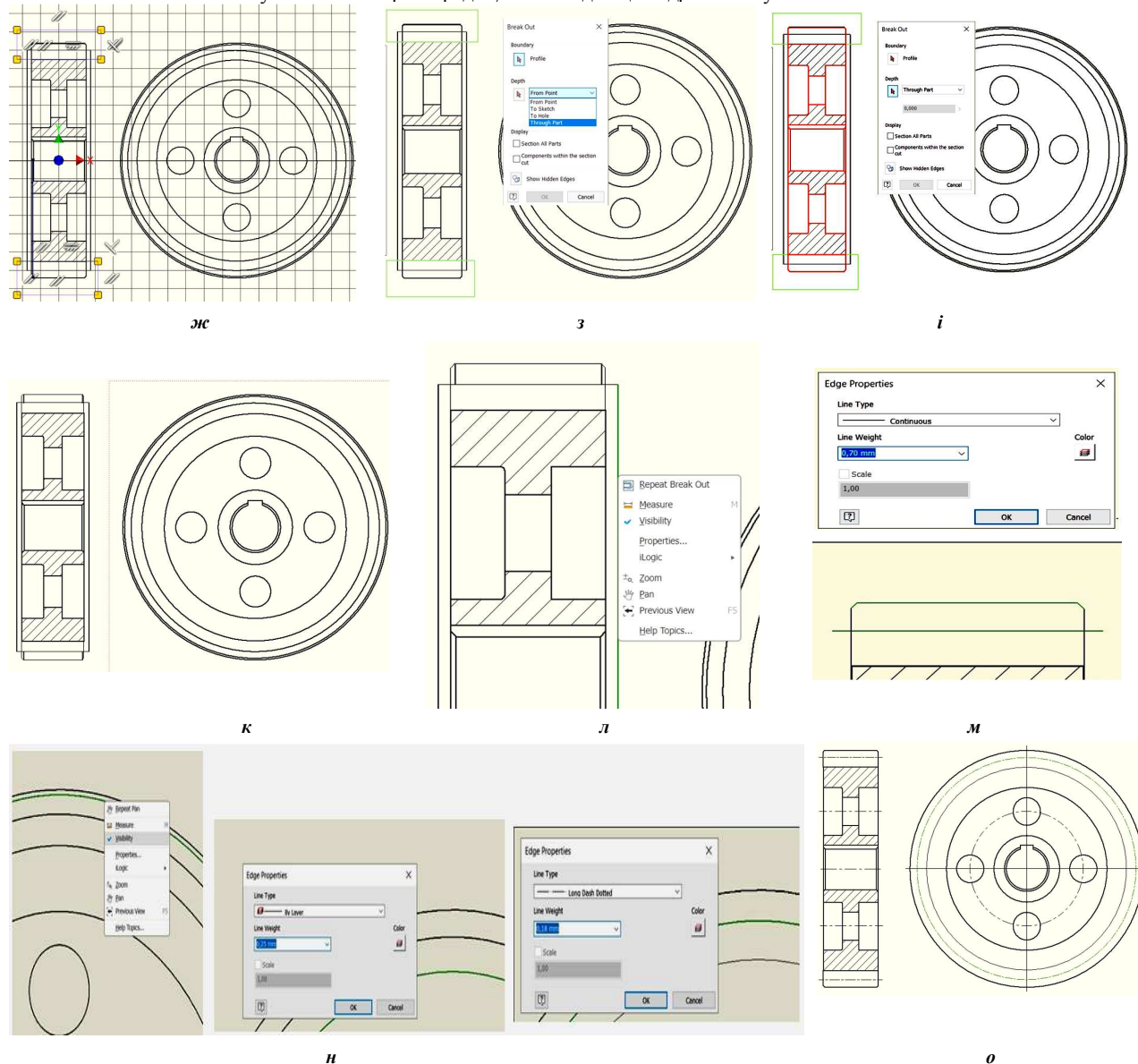


Рисунок 6 – Алгоритм редагування видів циліндричного зубчастого колеса (закінчення)

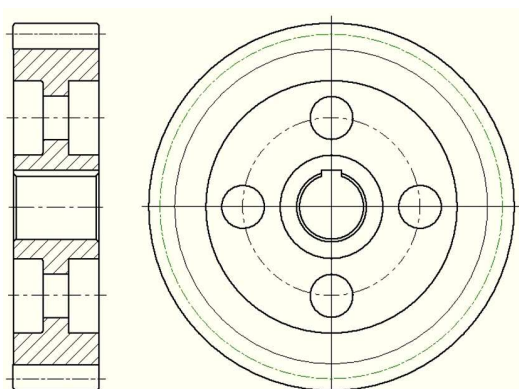


Рисунок 7 – Фрагмент кресленника циліндричного зубчастого колеса у відповідності з чинним стандартом

Так само прибирається видимість непотрібних ліній місцевого розрізу прибравши галочку навпроти «Visibility» в контекстному меню, виділяючи непотрібні лінії при натиснутій клавіші «Shift» (див. рис. 8, б, д). За наявності потреби є можливість видалення непотрібної частини зображення з виду при виборі області виду (інструмент «Crop»), яку потрібно зберегти, використовуючи рамку або ескіз.

Висновки. Запропонований в роботі алгоритм не потребує знань вбудованої мови програмування VBA та використання засобів iLogic пакету Autodesk Inventor та значно полегшує побудову креслеників циліндричних зубчастих коліс у відповідності з чинним стандартом.

Запропонований в роботі алгоритм впроваджено в навчальний процес та може бути застосовано в машинобудуванні для оптимізації розробки конструкторської документації на стадії проектування.

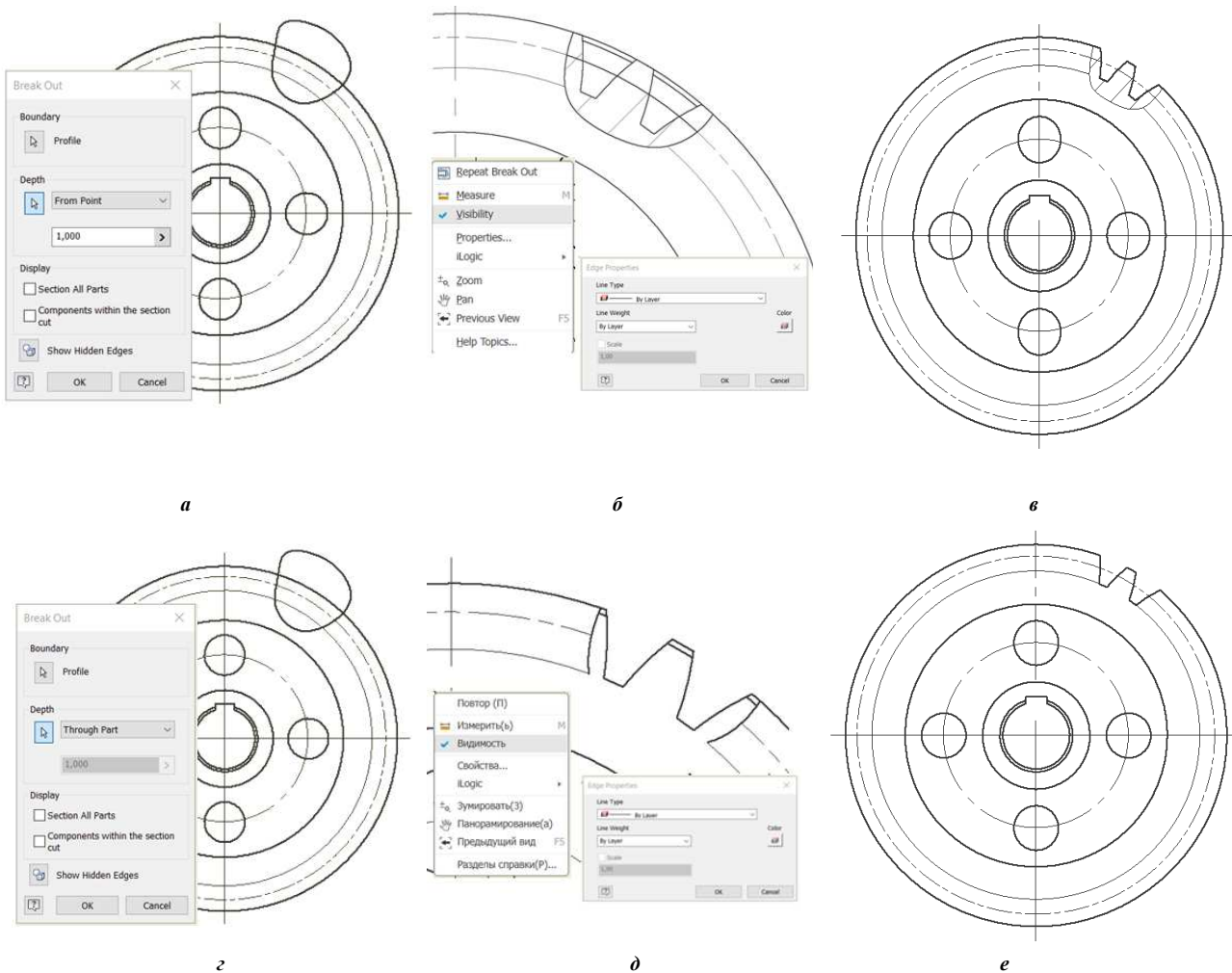


Рисунок 8 - Підходи демонстрації профілю зубців зубчастого вінця циліндричного зубчастого колеса

Список літератури

- Autodesk Inventor 2022 Basics Tutorial: Sketching, Part Modeling, Assemblies, Drawing, Sheet Metal, Model-Based Dimensioning, and Frame Generator Paperback. Independently published, 2021. 235 p.
- Банах Д.Т. Autodesk Inventor: [пер. с англ.] / Дзні-ел Т. Банах, Трэвіс Джонс, Алан Дж. Каламейя. М.: Лори, 2006. 714 с. – Перевод изд.: Autodesk Inventor Essentials / Daniel T. Banach, Travis Jones, Alan J. Kalameja. – New York. Banach Daniel T. Autodesk Inventor 2022 Essentials Plus / Daniel T. Banach, Travis Jones, Shawna Lockhart. – New York. 2021. 550 p.
- Scott Hansen. Autodesk Inventor 2022: A Tutorial Introduction. SDC Publications, 2021. 490 p.
- Ванін В.В., Бліок А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації: Навч. посібн. 4-те вид., випр. і доп. К.: Каравела, 2012. 200 с.
- Іванов Є. М. АП №68329, Україна. Подання складових елементів передач у середовищі автоматизованого проектування / Є. М. Іванов. – 2016.
- Іванов Є. М. АП №72073, Україна. Параметричний підхід подання елементів передач зачепленням у середовищі автоматизованого проектування / Є. М. Іванов. – 2017.
- Іванов Є. М. АП №84123, Україна. Удосконалення побудови креслеників циліндричних зубчастих передач при автоматизованому проектуванні / Є. М. Іванов. – 2019.
- ДСТУ EN ISO 2203:2018 Кресленики технічні. Позначення зубчастих передач (EN ISO 2203:1997, IDT; ISO 2203:1973, IDT). 2018.
- ISO 1122-1:1998/ Cor 2^2009 Technical drawings — Conventional representation of gears, 1973.
- ISO 2203:1973 Vocabulary of gear terms — Part 1: Definitions related to geometry — Technical Corrigendum 2, 2009.
- Попов С. В., Бучинський М. Я., Гнітько С. М., Чернявський А. М. Теорія механізмів технологічних машин: підручник для студентів механічних спеціальностей закладів вищої освіти. Харків: HTMT, 2019. 268 с.
- Stephen P. Radzevich. Dudley's Handbook of Practical Gear Design and Manufacture. CRC Press, 2021. 1144 p.
- Franklin D. Jones, Henry H. Ryffel. Gear Design Simplified. Industrial Press, 1984. 151 p.
- Gitin M. Maitra. Handbook of Gear Design. McGraw-Hill Professional, 1994. 536 p.

References (transliterated)

- Autodesk Inventor 2022 Basics Tutorial: Sketching, Part Modeling, Assemblies, Drawing, Sheet Metal, Model-Based Dimensioning, and Frame Generator Paperback. Independently published, 2021. 235 p.
- Banach D.T. Autodesk Inventor: [per. s angl.] / Dзny`-el T. Banach, Tрэvy`s Dzhons, Alan Dzh. Kalamejya. – M.: Lory`, 2006. – 714 p. Perevod y`zd.: Autodesk Inventor Essentials / Daniel T. Banach, Travis Jones, Alan J. Kalameja. – New York. Banach Daniel T. Autodesk Inventor 2022 Essentials Plus / Daniel T. Banach, Travis Jones, Shawna Lockhart. New York. 2021. 550 p.
- Scott Hansen. Autodesk Inventor 2022: A Tutorial Introduction. SDC Publications, 2021. 490 p.
- Vanin V.V., Bliok A.B., Gnitezka G.O. Oformlennya konstruktors`koyi dokumentaciyi: Navch. posibn. 4-te vy`d., vy`pr. i dop. K.: Karavela, 2012. 200 p.
- Ivanov Ye. M. AP #68329, Ukrayina. Podannya skladovy`x elementiv peredach u seredovy`shhi avtomaty`zovanogo proektuvannya / Ye. M. Ivanov. – 2016.
- Ivanov Ye. M. AP #72073, Ukrayina. Parametry`chny`j pidkid

- podannya elementiv peredach zacheplennyam u seredovy`shhi avto-maty`zovanogo proektuvannya / Ye. M. Ivanov. – 2017.
8. Ivanov Ye. M. AP #84123, Ukrayina. *Udoskonalennya pobudovy` kresleny`kiv cy`lindry`chmy`x zubchasty`x peredach pry` avtomaty`-zovanomu proektuvanni / Ye. M. Ivanov. – 2019.*
 9. DSTU EN ISO 2203:2018 *Kresleny`ky` texnichni. Poznachennya zubchasty`x peredach* (EN ISO 2203:1997, IDT; ISO 2203:1973, IDT). 2018.
 10. ISO 1122-1:1998/ Cor 2^2009 *Technical drawings — Conventional representation of gears*, 1973.
 11. ISO 2203:1973 *Vocabulary of gear terms — Part 1: Definitions related to geometry — Technical Corrigendum 2*, 2009.
 12. Popov S. V., Buchy`ns`ky`j M. Ya., Gnit`ko S. M., Chernyavs`ky`j A. M. *Teoriya mexanizmiv texnologichny`x mashyn: pidruchny`k dlya studentiv mexanichny`x special`nostej zakladiv vy`shhoyi osvity`. Xarkiv: NTMT, 2019. 268 p.*
 13. Stephen P. Radzevich. *Dudley's Handbook of Practical Gear Design and Manufacture*. CRC Press, 2021. 1144 p.
 14. Franklin D. Jones, Henry H. Ryffel. *Gear Design Simplified*. Industrial Press, 1984. 151 p.
 15. Gitin M. Maitra. *Handbook of Gear Design*. McGraw-Hill Professional, 1994. 536 p.

Надійшла (received) 19.06.2025

Відомості про авторів / About the Authors

Іванов Євген Мартинович / Ivanov Evgueny – кандидат технічних наук (PhD in Eng. S.), доцент, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки; м. Харків, Україна; <https://orcid.org/0000-0001-9011-7269>; e-mail: repositiv@gmail.com.