

Є. М. ІВАНОВ

ПЕРЕДАЧІ ЗАЧЕПЛЕННЯМ В ПАКЕТІ AUTODESK INVENTOR

З метою удосконалення виконання креслеників елементів зубчастих передач в пакеті Autodesk Inventor запропоновано підхід до представлення геометричної інформації відповідно до вимог чинних стандартів, який базується на використанні розроблених тривимірних моделей складальних одиниць елементів зубчастих передач в параметричних оболонках. Основою для розробки ескізної геометрії параметричних оболонок стали основні геометричні параметри зубчастих вінців елементів, оскільки при виконанні креслеників елементів зачеплення зубчастих передач зображення зубчастих вінців виконуються з порушенням вимог чинних стандартів. З метою спрощення побудови креслеників елементів зубчастих передач в пакеті Autodesk Inventor було розроблено алгоритм надання геометричної інформації через розроблені тривимірні моделі параметричних оболонок зубчастих вінців їх елементів. Тобто, геометрична інформація закладена в параметричні складальні одиниці «передача зачепленням в оболонках». В основу алгоритму покладено роботу з параметричними оболонками елементів складових одиниць, де вся необхідна геометрична інформація представлена функцією основних геометричних параметрів реальних зубчастих вінців. Метод параметричних оболонок розглядає питання торкання, впровадження, методи утворення таких оболонок при детальному висвітленні їх властивостей і геометричних параметрів. Строга математична теорія параметричних оболонок, що передбачає спільну переробку аналітичної і геометричної інформації, отриману на базі геометрії елементів передач як утворюючих, відрізняється узагальненістю в підході і математичною строгістю. При цьому, ігнорується наявність зубчастих вінців тривимірних моделей елементів передач зачепленням. Алгоритм спрощеного побудови креслеників передач зачепленням передбачає виконання розрізів за ескізами, коригування ліній контурів і зміну властивостей області відповідно до вимог діючих стандартів. Бібліотека параметричних оболонок і алгоритм виконання робочих креслеників як елементів, так і передач зачепленням впроваджений в навчальний процес.

Ключові слова: ескізна геометрія, основні геометричні параметри, циліндрична оболонка, конічна оболонка, параметрична оболонка, пакет Autodesk Inventor

E. IVANOV

MESHING TRANSFERS IN AUTODESK INVENTOR

In order to improve the execution of drawings of gear elements in the Autodesk Inventor package, an approach to the presentation of geometric information in accordance with the requirements of current standards is proposed, based on the use of developed three-dimensional models of assembly units of gear elements in parametric shells. The basis for the development of the sketch geometry of parametric shells were the basic geometric parameters of the tooth crowns of the elements, since when making drawings of gear meshing elements, the images of the tooth crowns are made in violation of the requirements of current standards. In order to simplify the construction of gear elements in the Autodesk Inventor package, an algorithm was developed to provide geometric information through the developed three-dimensional models of the parametric shells of the gear crowns of their elements. That is, the geometric information is embedded in the parametric assembly units "gearing in shells". The algorithm is based on working with the parametric shells of the elements of the constituent units, where all the necessary geometric information is represented by a function of the main geometric parameters of real gear crowns. The method of parametric shells considers the issues of touching, implementation, methods of formation of such shells with detailed coverage of their properties and geometric parameters. The rigorous mathematical theory of parametric shells, which involves the joint processing of analytical and geometric information obtained on the basis of the geometry of the gear elements as forming elements, is characterized by generalization in approach and mathematical rigor. At the same time, the presence of toothed crowns of three-dimensional models of gear elements by meshing is ignored. The algorithm for simplified creation of gearing drawings involves making cuts based on sketches, adjusting contour lines and changing the properties of areas in accordance with the requirements of current standards. The library of parametric shells and the algorithm for creating working drawings of both elements and gearing are implemented in the educational process.

Keywords: sketch geometry, basic geometric parameters, cylindrical shell, conical shell, parametric shell, Autodesk Inventor package

Вступ. Постійно ведеться пошук шляхів скорочення термінів проектування за рахунок автоматизації і комп'ютеризації проєктних робіт, серед яких є напрямком створення віртуальних тривимірних моделей та автоматизація розробки технічної документації [1–12].

Необхідність створення та розвитку інтерактивного графічного моделювання тривимірних об'єктів призвела до розробки програмних пакетів для параметричного тривимірного моделювання деталей і складання для машинобудування [1]. Популярним середовищем для автоматизованого проєктування є програмний пакет Autodesk Inventor [2–5]. Він має зручний інтерфейс, та широкий набір інструментів для створення тривимірних моделей елементів конструкцій та креслеників.

При розробки параметричних 3D-моделей передач зачепленням багато уваги приділяється проєктуванню з використанням різних методів міцності [6, 7]. При цьому не враховується ряд особливостей: колеса викреслюють на креслениках умовно; зубчасті колеса здебільшого зображують у розрізі, при цьому зубці завжди показують не розсіченими та без штрихування; на зображеннях, перпендикулярних осі колеса, розрізи не застосовують (коли необхідно показати профіль зуба застосовують місцевий розріз

і проводять штрихування до лінії поверхні западин); зубчастий вінець зображують колами [8–10]. В даний час відсутні методики які враховують ці правила при автоматизованому проєктуванні креслеників передач зачепленням.

Мета та постановка завдання – використовуючи набір інструментів пакету Autodesk Inventor розробити методику удосконалення побудови робочих креслеників за віртуальними тривимірними моделями елементів складальних одиниць передач зачепленням (рис. 1) у відповідності з вимогами чинних стандартів.

Подання елементів зачеплень. Аналіз основних геометричних параметрів конічних і циліндричних коліс, які використовувались як вихідні параметри для побудови параметричної 3D-моделі «циліндрична оболонка» і «конічна оболонка» [11, 12], та порівняння етапів побудови моделей дали можливість побудувати параметричну 3D-модель «параметрична оболонка» (рис. 2).

На рис. 3 показано як змінюється форма профілю і сама тривимірна «параметрична оболонка» залежно від варіації значень вихідних параметрів. Ця модель дозволяє виконувати кресленики як елементів передач зачепленням, так і самих передач у від-

повідності до діючих стандартів. При цьому, будь-яку компоненту передачі зачепленням, при необхідності, можна подавити або сховати, прибравши видимість.

Для спрощення побудови робочих креслеників передач зачепленням в пакеті Autodesk Inventor був розроблений алгоритм подачі геометричній інформації через розроблену тривимірну модель параметричної оболонки зубчастих вінців їх елементів. Тобто, геометрична інформація закладена в параметричні складальні одиниці «передача зачепленням в оболонках» (рис. 4). В основу алгоритму закладена робота з параметричними оболонками елементів складальних одиниць, де вся необхідна геометрична інформація представлена функцією основних геометричних параметрів реальних зубчастих вінців. При цьому, наявність зубчастих вінців тривимірних моделей елементів ігнорується.

Алгоритм передбачає послідовність виконання на фронтальному виді у файлі кресленика два місцевих розрізу за ескізами, користуючись складальною одиницею «передача зачепленням в параметричних оболонках».

1-й місцевий розріз виконується по 1-му «Start Sketch» інструментом «Break Out» на глибину «From Point» при виборі твірної оболонки елемента передачі зачепленням (рис. 5, а, рис. 6, а);

2-й місцевий розріз виконується по 2-му «Start Sketch» (для унеможливлення помилок «Sketch» виконується при знятій видимості елементів передачі

зачепленням) інструментом «Break Out» на глибину «Through Part» при виборі всіх елементів передачі зачепленням «Part» (рис. 5, б, рис. 6, б).

Інструмент «Edge Properties» дає можливість редагувати властивості областей на видах передач зачепленням у відповідності до вимог діючих стандартів. Остаточні фрагменти креслеників передач зачепленням наведено на рис. 5, в, рис. 6, в.

Згідно правил виконання креслеників зубчастих коліс в правому верхньому куті кресленика на відстані 20 мм від верхньої лінії рамки розташовують таблицю параметрів, в якій зазначають необхідні дані для виготовлення і контролю зубчастого вінця.

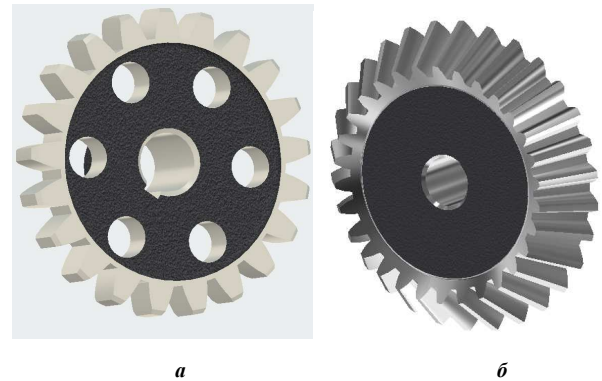


Рисунок 1 – Зубчасте колесо: а – циліндричне; б – конічне

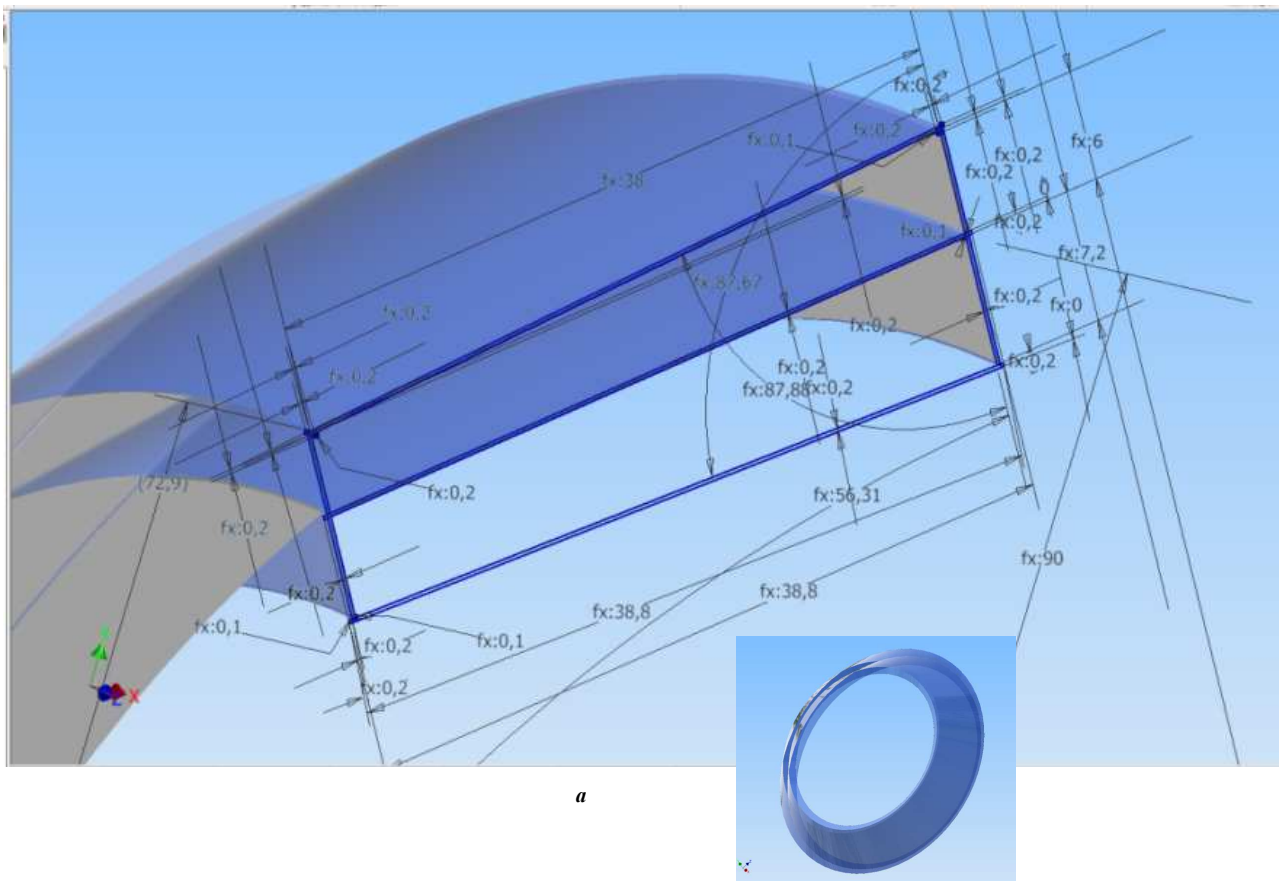


Рисунок 2 – Параметрична оболонка: а – ескізний профіль; б – 3D-модель

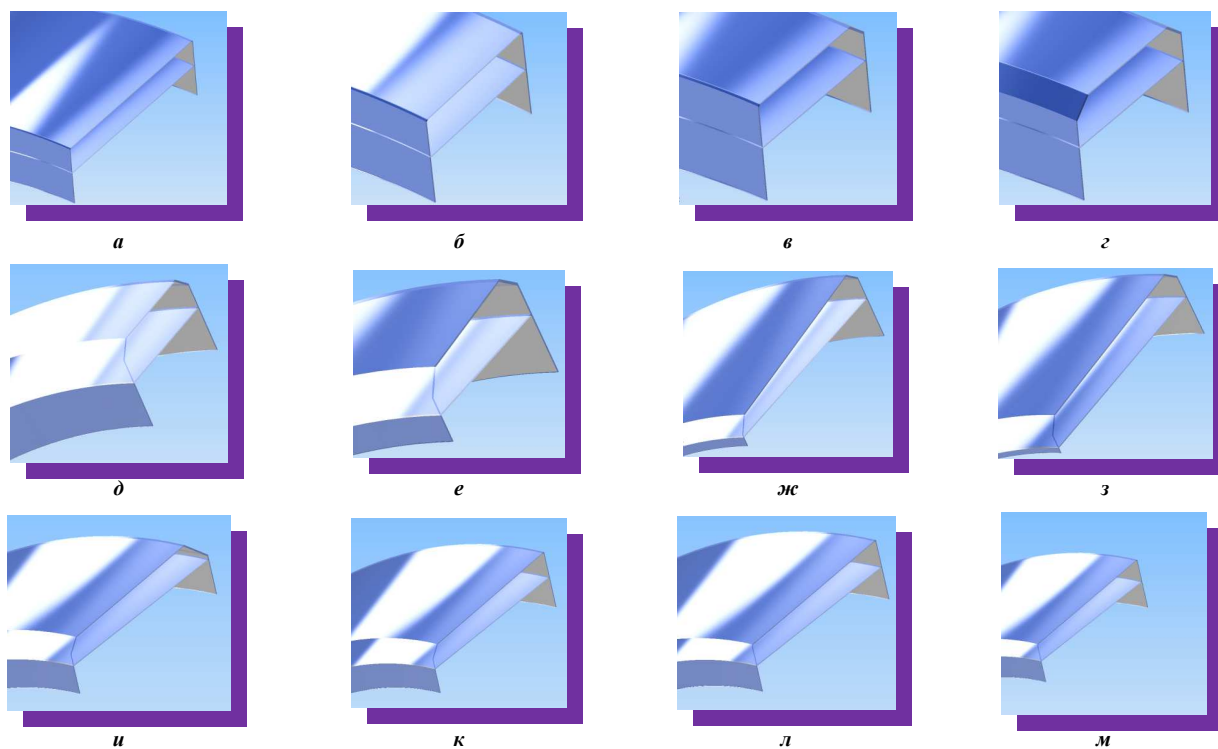


Рисунок 3 – Форма профілю 3D-моделі «параметрична оболонка»: *a – д* – циліндрична (варіюється висота зуба та розмір фаски); *е – м* – конічна (варіюється висота зуба, конусність та розмір фаски)

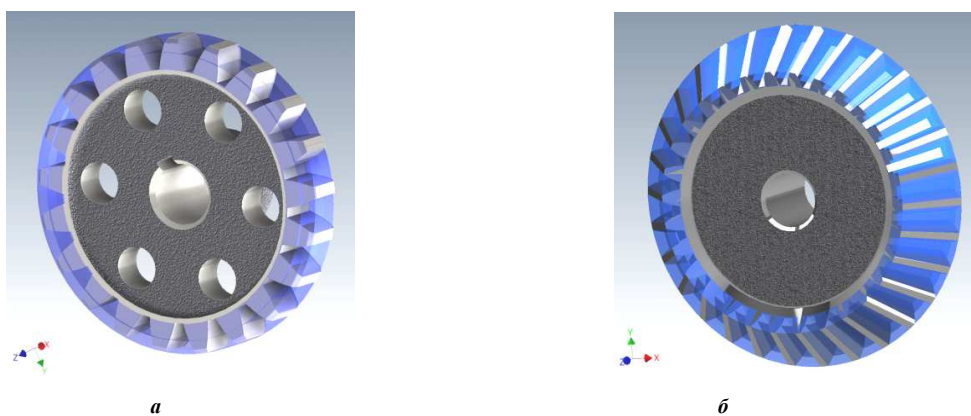


Рисунок 4 – Складальна одиниця:
a – «колесо циліндричне в параметричній оболонці»; *б* – «колесо конічне в параметричній оболонці»

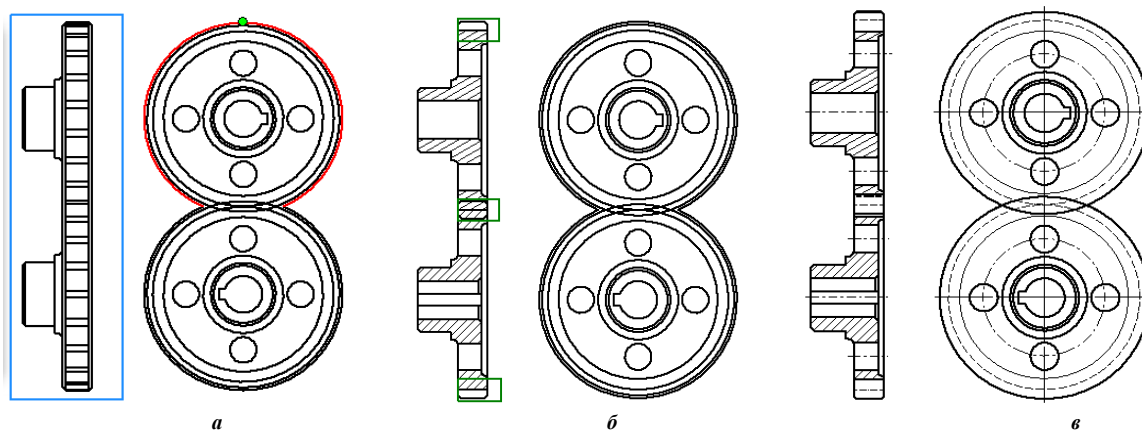


Рисунок 5 – Передачі зачепленням: *a* – 1-й місцевий розріз; *б* – 2-й місцевий розріз; *в* – фрагмент креслення циліндричної зубчастої передачі

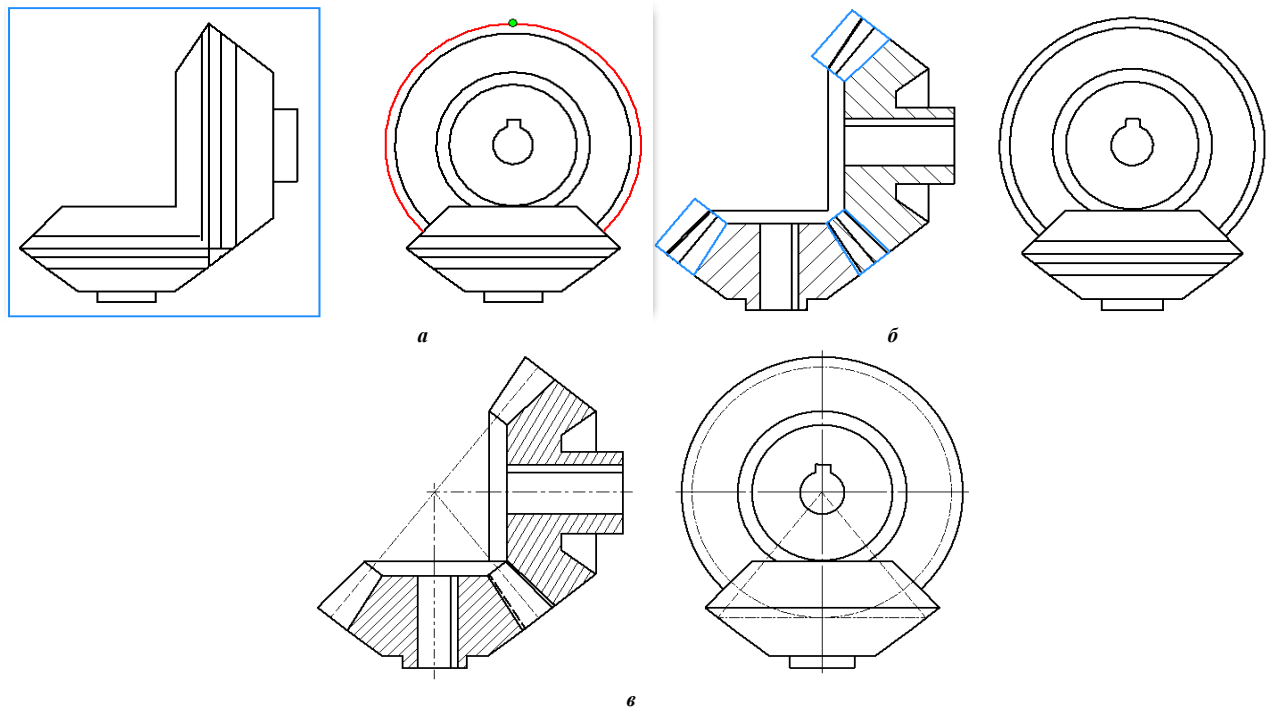


Рисунок 6 – Передачі зачепленням: а – 1-й місцевий розріз; б – 2-й місцевий розріз; в – фрагмент кресленника конічної зубчастої передачі

Пакет передбачає створення та заповнення таблиці параметрів безпосередньо у файлі кресленника: панель «Annotate (ESKD)»; вкладка «Table»; інструмент «General».

Інший спосіб створення і заповнення таблиці параметрів передбачає підключення або впровадження зовнішніх файлів (наприклад, файл AutoCAD, рис. 7), причому зміни в файлах будуть відображатися в таблиці параметрів.

Зовнішній окружний модуль	m	6
Число зубців	z	30
Тип зуба	-	Прямий
Кут дільного конуса	δ	$33^{\circ}69''$
Кут конуса западин	δ_f	$31^{\circ}36''$

Рисунок 7 – Таблиця параметрів (Block, AutoCAD)

Спосіб створення і заповнення таблиці параметрів, який передбачає підключення або впровадження зовнішніх файлів, дозволяє варіювати основні геометричні параметри параметричної 3D-моделі «параметрична оболонка» із зовнішнього файлу, що дуже зручно в разі параметризації.

Остаточний вигляд кресленника циліндричного та конічного зубчастого колеса представлений на рис. 8.

Висновки. Створення параметричної тривимірної моделі «параметрична оболонка» та запропоноване подання елементів передач зачепленням у вигляді складальної одиниці «Колесо зубчасте в пара-

метричній оболонці» з довільними вихідними геометричними параметрами значно полегшує побудову кресленників як елементів передач, так і самих передач зачепленням у пакеті Autodesk Inventor.

Запропонований алгоритм впроваджено в навчальний процес і може бути застосовано в машинобудуванні для оптимізації розроблення конструкторської документації на стадії проектування.

Список літератури

1. Черніков О.В. Розширення можливостей комп'ютерного моделювання за рахунок використання API (на прикладі пакету Autodesk Inventor). *Вісник ХНАДУ Збірник наукових праць*. – Харків: ХНАДУ, 2022. Вип. 99. С. 111–117.
2. Банах Д.Т., Трєвис Д., Алан Дж. Каламейя *Autodesk Inventor*: [пер. с англ.]. М.: Лори, 2006. 714 с.
3. Banach Daniel T., Travis Jo., Shawna Lockhart *Autodesk Inventor 2022 Essentials Plus*. New York. 2021. 550 p.
4. Scott Hansen. *Autodesk Inventor 2022: A Tutorial Introduction*. SDC Publications, 2021. 490 p.
5. Архіпов О.В., Черніков О.В., Іванов Є.М. АП №108512, Україна. *Особливості моделювання машинобудівного вузла у програмі Autodesk Inventor*. 2021.
6. Підвищення ресурсу зубчастих і черв'ячних передач / В. Р. Скальський, Р. Я. Ярема; Зах. наук. центр МОН України та НАН України, Львів. філ. Дніпропетров. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Львів: Укр. акад. друкарства, 2014. 190 с.
7. 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: НТМТ, 2019. 268 с.
8. Ванін В.В., Блюк А. В., Гнітецька Г. О. *Оформлення конструкторської документації: навч. посіб.* К.: Каравела, 2018. 200 с.
9. ДСТУ ISO 1122-1:2006 *Передачі зубчасті. Словник термінів. Частина 1. Визначення, що стосуються геометрії* (ISO 1122-1:1998, IDT)
10. Михайленко В.Є. *Інженерна та комп'ютерна графіка* / За ред. В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, С.М. Ковальов. К.: Каравела, 2018. 360 с.
11. Іванов Є.М. АП №84123, Україна. *Удосконалення побудови*

креслеників циліндричних зубчастих передач при автоматизованому проєктуванні. 2019.

12. Іванов Є.М. АП №84616, Україна. Удосконалення побудови

креслеників конічних зубчастих передач при автоматизованому проєктуванні. 2019.

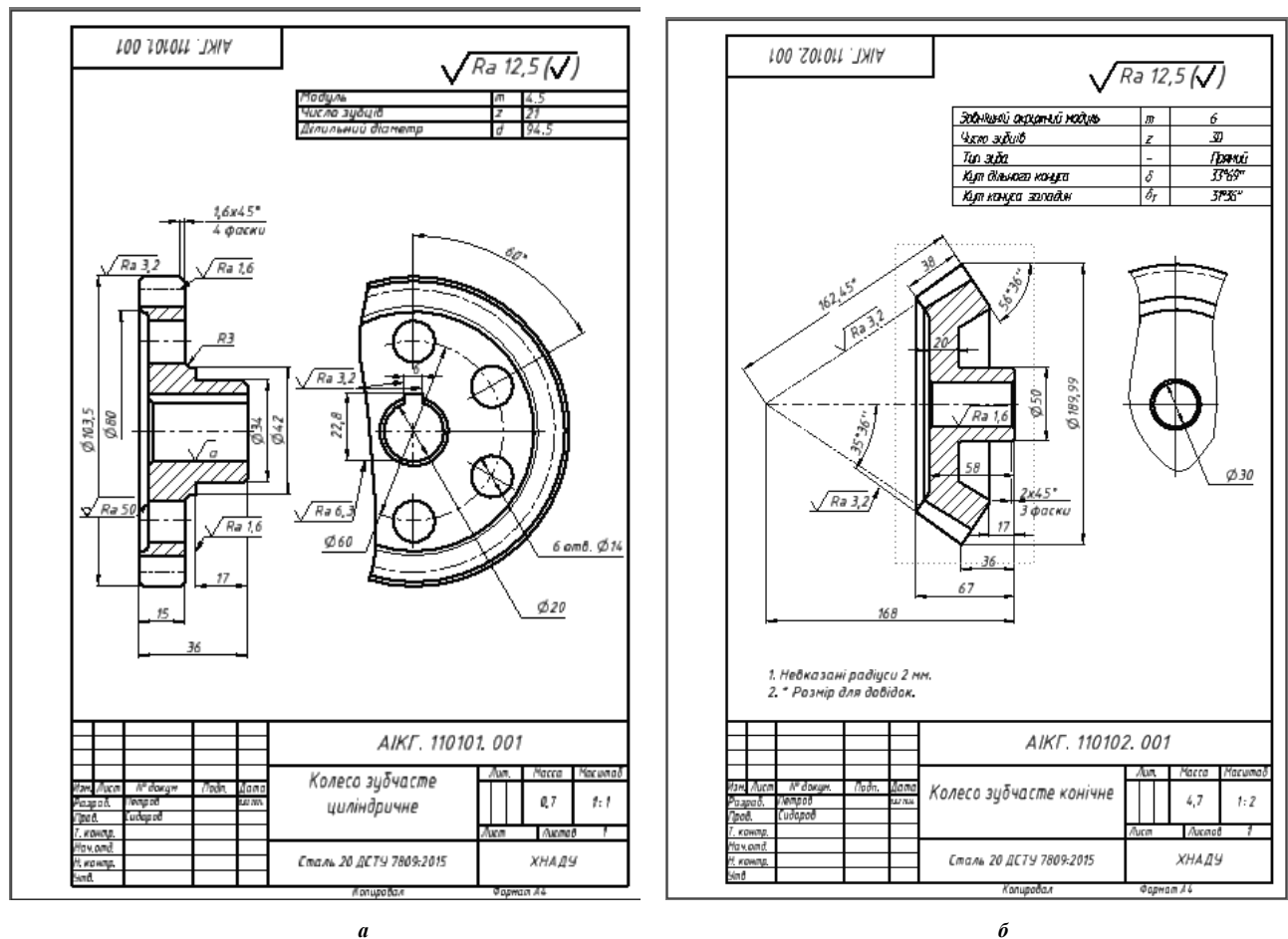


Рисунок 8 – Кресленик циліндричного та конічного зубчастого колеса

References (transliterated)

- Chernikov O.V. Rozshyrennya mozlyvostey komp'yuternoho mo-delyuvannya za rakhunok vykorystannya API (na prykladі paketu Autodesk Inventor). Visnyk KhNADU. Zbirnyk naukovykh prats'. Kharkiv: KhNADU. 2022, vol. 99, pp. 111–117.
- Banax D.T., Trevy's Dzhons, Alan Dzh Kalamejya Autodesk Inventor: [per. s angl.]. M.: Lory', 2006. 714 p.
- Banach Daniel T., Travis Jones, Shawna Lockhart Autodesk Inventor 2022 Essentials Plus. New York. 2021. 550 p.
- Scott Hansen. Autodesk Inventor 2022: A Tutorial Introduction. SDC Publications, 2021. 490 p.
- Arhipov O.V. АР № 108512, Украйна. Особл`vosti modelyuvannya mashynobudivnogo vuzla u programi Autodesk Inventor / O.V. Arhipov, O.V. Chernikov, Ye. M. Ivanov. – 2021.
- Pidvyshchemya resursu zubchastykh i cherv'yachnykh peredach V. R. Skal's'kyy, R. Ya. Yarema ; Zakh. nauk. tsentr MON Ukrainy ta NAN Ukrainy, L'viv. fil. Dnipropetrov. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. L'viv : Ukr. akad. drukarstva, 2014. 190 p.
- Popov S. V., Buchyns'kyy M. Ya., Hnit'ko S. M., Chernyavs'kyy
- A. M. Teoriya mekhanizmiv tekhnolohichnykh mashyn: pidruchnyk dlya studentiv mekhanichnykh spetsial'nostey zakladiv vyshchoyi osvity. Kharkiv: NTMT, 2019. 268 p.
- Vanin V.V., Bliok A. V., Hnitets'ka H. O. Oformlyennya konstruktors'koyi dokumentatsiyi: navch. posib. K.: Karavela, 2018. 200 p.
- DSTU ISO 1122-1:2006 Peredachi zubchasti. Slovnyk ter-miniv. Chastyna I. Vyznachennya, shcho stosuyut'sya heometriyi (ISO 1122-1:1998, IDT)
- Mykhaylenko V.Ye. Inzhenerna ta komp'yuterna hrafiika / Za red. V.Ye. Mykhaylenko, V.V. Vanin, S.M. Koval'ov. K.: Karavela, 2018. 360 p.
- Ivanov Ye.M. АР № 84123, Украйна. Udoskonallyennya pobudovy kreslennykh tsylindrychnykh zubchastykh peredach pry avtomatyzovanomu proektuvanni. 2019.
- Ivanov Ye.M. АР № 84616, Украйна. Udoskonallyennya pobudovy kreslennykh konichnykh zubchastykh peredach pry avtomatyzovanomu proektuvanni. 2019.

Надійшла (received) 30.02.2024

Відомості про авторів / About the Authors

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