

## КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 514.18; 004.925.8

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2022.99.0.111

РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ  
ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ API  
(НА ПРИКЛАДІ ПАКЕТУ AUTODESK INVENTOR)

Черніков О. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Робота є продовженням попередніх досліджень з питань розширення можливостей комп'ютерного моделювання та адаптації відповідних пакетів програм для розробки конструкторської документації у відповідності до стандартів. Метою роботи є створення та поширення модулів, що дозволяють спростити роботу користувача пакетів 3D-моделювання на основі використання інтерфейсу програмування додатків (API), як спеціального протоколу взаємодії комп'ютерних програм, зокрема, у середовищі пакету Autodesk Inventor. **Ключові слова:** комп'ютерне моделювання, API, Autodesk Inventor, iLogic, VBA.

**Вступ**

Зараз програми 3D-моделювання набувають все більш стрімкого розвитку та застосовуються практично у всіх галузях виробництва. Однак не завжди розробники цих програм створюють всі необхідні користувачам інструменти моделювання. Тому деякі елементи моделей потребують використання послідовності таких інструментів, що суттєво уповільнює процес моделювання і відволікає на виконання рутинних операцій. Тут на допомогу може прийти здатність користувача самостійно додавати нові команди моделювання.

На кафедрі Інженерної та комп'ютерної графіки ХНАДУ продовжується відповідна робота з розвитку та вдосконалення методів комп'ютерного моделювання, зокрема, на основі розширення можливостей інструментів програмних пакетів, які викладаються студентам. Ця робота стосується як інструментів середовищ створення ескізів та редагування моделей об'єктів різного призначення, так і в інструменти середовища створення креслеників.

**Аналіз публікацій**

Досліджуючи джерела, можна зробити висновки, що останнім часом питанням створення додатків, що розширюють можливості найбільш поширених пакетів моделювання, приділяється велика увага. Зокрема ця робота давно проводиться і на нашій кафедрі.

Перші такі впровадження були зроблені для програми AutoCAD з використанням мови програмування AutoLISP практично з момен-

ту його першого застосування в навчальному процесі. Слід відмітити, що більшість з них використовується і зараз.

Як було відмічено раніше [1, 2], для ефективного використання сучасних програмних пакетів 3D-моделювання все більшого значення набуває вміння користувача адаптувати та вдосконалювати їх можливості та інструменти під свої конкретні задачі. Нашу увагу було приділено подальшому розвитку та створенню нових інструментів моделювання в пакеті Autodesk Inventor (AI) за допомогою вбудованого середовища програмування Visual Basic for Application (VBA) та Inventor Logic (iLogic) на основі наступних джерел [3-8].

Зазначимо, що VBA або Visual Basic для додатків – це спеціалізоване середовище програмування, з якого можна отримати доступ до всіх компонентів пакету Inventor. Програми, написані за допомогою VBA, часто називають «макросами». VBA, як правило, використовується кінцевими користувачами для написання невеликих програм для автоматизації повторюваних дій, хоча, безумовно, не обмежується цим, у [9-11] наведено наші попередні розробки.

**Мета та постановка завдання**

Основною задачею встановлено вивчення API програм та розробка/вдосконалення алгоритмів та методики утворення цифрових моделей об'єктів, в тому числі, на основі використання мов програмування та можливостей, які з'явилися в останніх версіях програм Autodesk Inventor, Fusion 360, AutoCAD, Revit та ін.).

### Програмування нових інструментів в середовищі 3D-моделі деталі

В [11] було розглянуто досить поширену задачу, яка виникає при моделюванні елементів деталей типу «Вал» або «Гайка», а саме при побудові їх фасок. Стандартний інструмент спрацьовує, як показано на рис. 1.

Як було відмічено, для розв'язання цієї задачі потрібне виконання низки операцій, пов'язаних з побудовою перерізу фаски та побудовою тіла обертання з його вилученням з моделі багатогранника, або побудовою конічної поверхні та обрізкою нею призми, або побудовою циліндричного елемента зі звичайною фаскою та обрізкою його шестикутником.

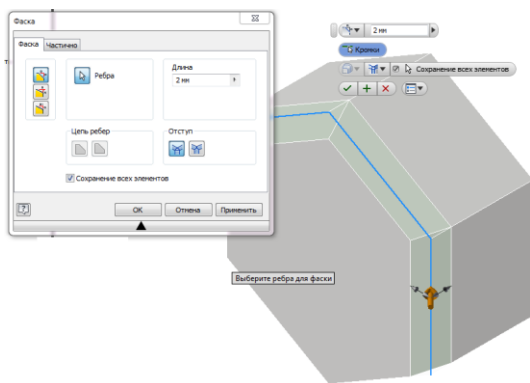


Рис. 1. Побудова фаски стандартним інструментом

Нами було створено код програми (макрос), який автоматизував ці операції за допомогою поверхні конуса. Для виконання операції тепер достатньо лише вказати потрібну грань та задати параметри фаски (кут та початковий діаметр), як це показано на рис. 2.

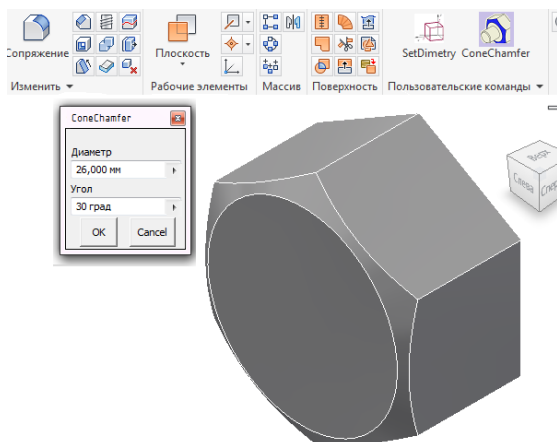


Рис. 2. Запропонований інструмент для побудови конічної фаски

При впровадженні цього макросу для використання різними користувачами було визначено декілька зауважень, які враховані в поточній редакції.

Було посилено алгоритм пошуку центра грані, який раніше не спрацьовував, якщо потрібна грань не була паралельна базовим площинам координат. Тепер, після вибору грані для побудови фаски, центр визначається з використанням усіх трьох координат вершин цієї грані за допомогою об'єкта EdgeLoops (рис. 3).

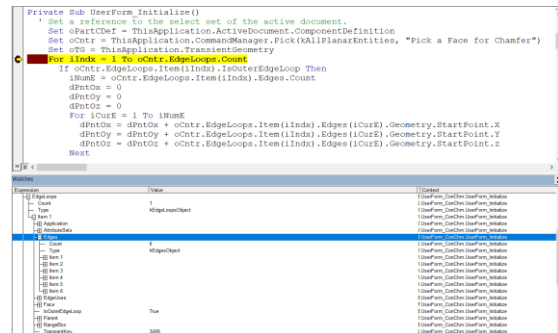


Рис. 3. Фрагмент коду VBA для доступу до координат вершин грані багатокутника

Також було суттєво перероблено діалогове вікно, в якому користувач задає параметри (і, відповідно, код макросу), зокрема додані пояснювальний малюнок, можливість заведення початкового діаметру або висоти фаски, попередній перегляд результату операції та можливість обробки декількох фасок за одне використання макросу (кнопка Apply, рис. 4).

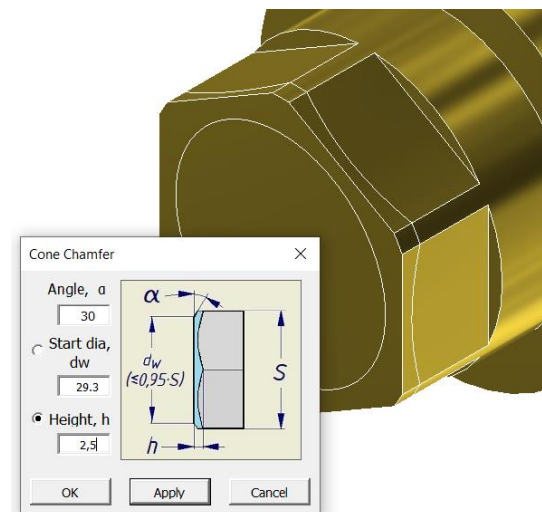


Рис. 4. Оновлене діалогове вікно макросу

Результат роботи нового інструмента наведений на рис. 5.

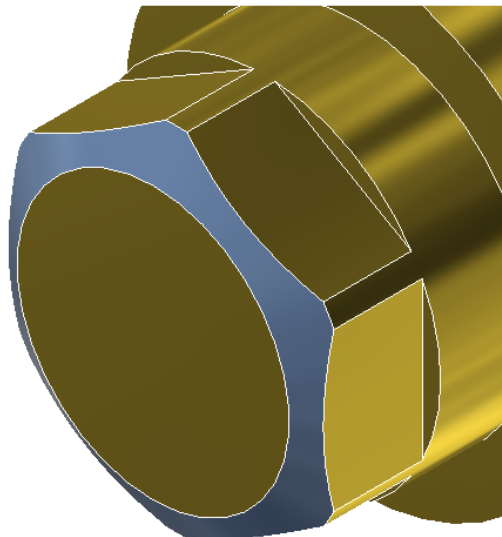


Рис. 5. Побудована фаска

Наступною задачею стала робота над командою «Фаска», яка могла б використовуватися при виконанні отворів різного призначення. Виявилась наступна проблема: якщо отвір виходить на плоску грань, стандартний інструмент спрацьовує коректно, але, якщо отвір виходить на будь-яку поверхню, наприклад, циліндричну, фаска моделюється з помилкою.

На рис. 6 можна побачити, як повинна бути побудована фаска (1), і як її будує стандартний інструмент програми (2). Було прийняте рішення створити власний інструмент без вказаного недоліку.

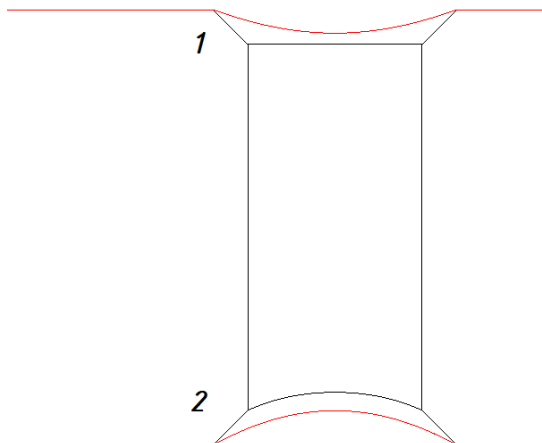


Рис. 6. Помилка в побудові фаски

Для побудови такої фаски також зручно використати допоміжну конічну поверхню. Але слід відмітити, що дана задача виявилась складніша за попередню у зв'язку з тим, що для отвору неможливо обрати існуючу грань для побудови відповідного ескізу.

Аналіз об'єктної моделі даного елемента дозволив відокремити дві циліндричні поверхні, на лінії перетину яких саме і будується фаска (рис. 7).

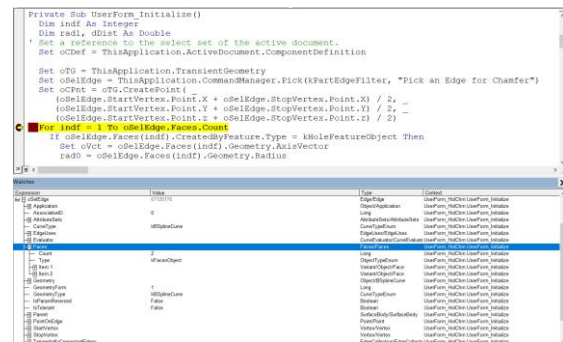


Рис. 7. Фрагмент коду на VBA для визначення точки для побудови площини ескізу

Це дозволило визначити точку перетину осі отвору з циліндричною поверхнею базової деталі зі сторони, що відповідає вказаному ребру для побудови фаски та створити відповідну дотичну робочу площину для визначення ескізу кола як основи допоміжного конуса.

Діалогове вікно для нової команди було виконано за тими ж принципами, що й для конічної фаски на багатограннику (рис. 8). Зрозуміло, що відповідну кнопку нового інструменту також було створено та додано на стрічку команд AI. Зараз продовжується тестування нової команди користувачами для виявлення можливих похибок.

Слід відмітити, що розроблені алгоритми та інструменти можуть бути досить легко перенесені в інші програми 3D-моделювання.

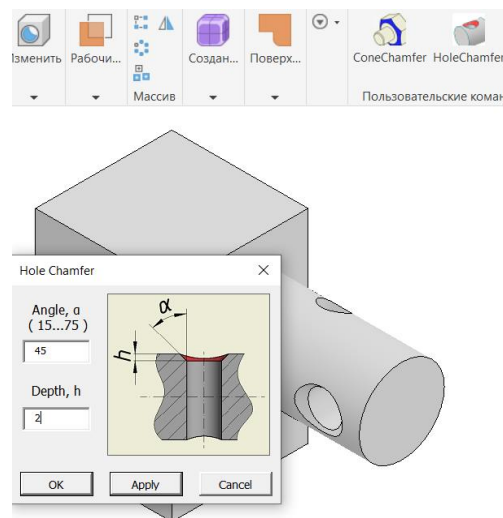


Рис. 8. Новий інструмент для побудови фаски отвору

Для подальшої роботи нами було поставлено ще декілька задач щодо розробки алгоритмів моделювання ребер жорсткості ливарних деталей – тут існує декілька проблем з їх відображенням на кресленнях, зокрема необхідно запобігти їх штрихуванню при перерізі вздовж його товщини (рис. 9, а), та правильно відображати їх границі при наявності ливарних радіусів (рис. 9, б).

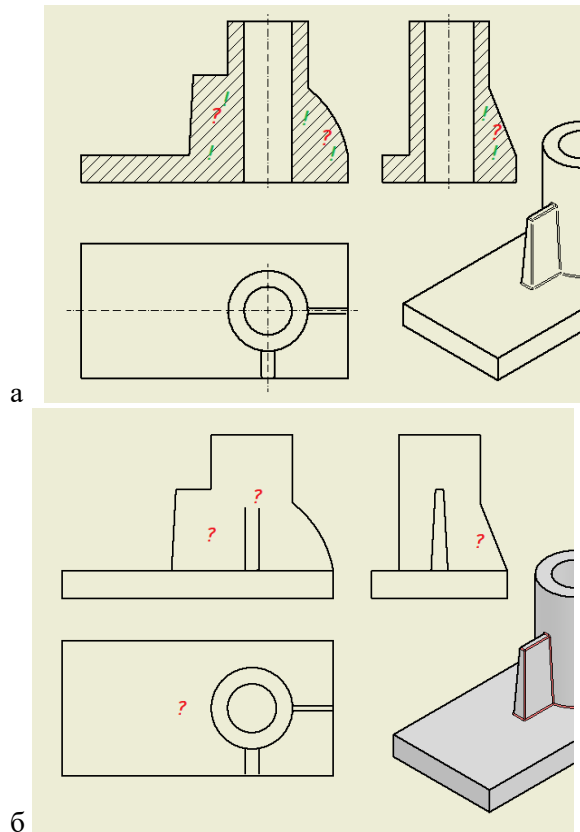


Рис. 9. Задачі щодо моделювання ребер жорсткості: а) помилки в штрихуванні, б) помилки у відображенні ливарних радіусів.

Скоріше за все, для розв'язку цієї задачі доведеться використовувати допоміжні операції як у середовищі 3D-моделі, так і у середовищі кресленника.

Один із можливих варіантів запобігти штрихуванню був запропонований нами ще у [1] – він заснований на побудові прорізи мінімальної товщини в площині симетрії відповідного ребра жорсткості. Інший варіант може базуватись на побудові ребра, як окремого тіла (тоді для нього можна «відключати» штрихування), але й виникають проблеми з побудовою ливарних радіусів.

### Створення інструментів для роботи в середовищі кресленника

При оформленні креслеників також були виявлені декілька невідповідностей налаштувань програми існуючим стандартам. Одна з них стосується виконання такого елемента кресленника, як виносний вид з масштабуванням. Якщо на батьківському виді виконано розріз, то на виносному виді штрихування виконується у неправильному (збільшеному або зменшеному) масштабі (рис. 10), а стандарт вимагає, щоб всі зображення однієї деталі мали однакову штриховку.

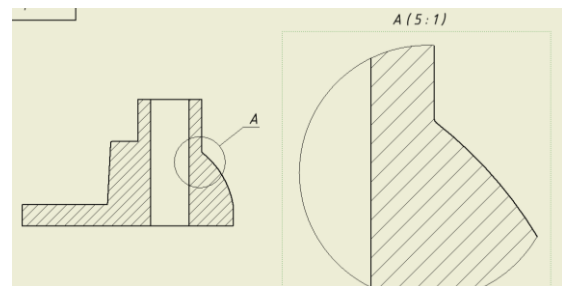


Рис. 10. Невідповідність масштабів штрихування

Пошук наявної інформації у довідковій системі та на форумах, присвячених використанню програми АІ [3-5, 12], виявив, що до версії 2022 користувач не мав змоги керувати масштабом штриховки на виді. Тільки з цієї версії в API з'явилися методи та властивості (`HatchRegions(i).Scale`), які дозволяють керувати цим параметром. Ще одна особливість використання даного методу – відповідні властивості доступні для редагування тільки через правила iLogic.

На рис. 11 наведено фрагмент розробленого коду, а на рис. 12 результат його використання. Для автоматизації виконання правила задано ініціатор, пов'язаний із зміною поточного виду, зокрема, його масштабу.

```

1 Dim bvScale, bhScale, cvScale, chScale As Double
2 Dim ind As Long
3 Dim oDoc As Sheet
4 Dim oHatchR As DrawingViewHatchRegion
5 oDoc = ThisDrawing.Document.ActiveSheet
6 bvScale = oDoc.DrawingViews.Item(1).Scale
7 bhScale = oDoc.DrawingViews.Item(1).HatchRegions(1).Scale
8 For ind = 2 To oDoc.DrawingViews.Count
9   If oDoc.DrawingViews.Item(ind).Type = kDetailDrawingViewObject Then
10    bvScale = oDoc.DrawingViews.Item(ind).ParentView.Scale
11    bhScale = oDoc.DrawingViews.Item(ind).HatchRegions(1).Scale
12    cvScale = oDoc.DrawingViews.Item(ind).Scale
13    chScale = bvScale / cvScale * bhScale
14    oDoc.DrawingViews.Item(ind).HatchRegions(1).Scale = chScale
15   End If
16 Next
17 oDoc.Update
18

```

Рис. 11. Правило на iLogic

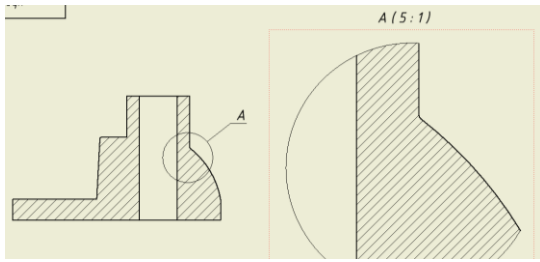


Рис. 12. Виправлення масштабу штрихування

Для наступної роботи виявлена ще одна невідповідність налаштувань програми та вимог стандартів виконання конструкторської документації. Вона стосується умовностей відображення нарізи у перерізах. І якщо при виконанні креслення окремої деталі, або складання, де однією з складових є стандартна деталь з нарізю, все відображається правильно (рис. 13, а), то при наявності двох (або більше) оригінальних деталей, вид будуватиметься з помилками (рис. 13, б).

Слід зауважити, що подібна похибка є і в інших пакетах комп'ютерного проектування.

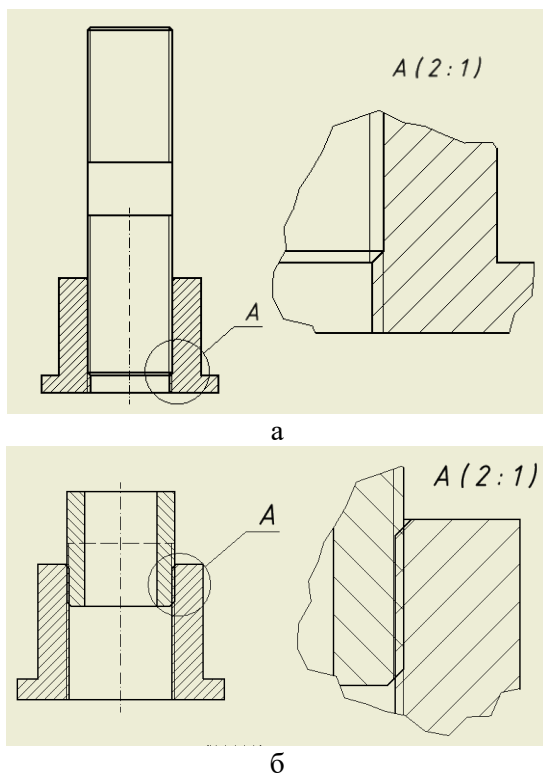


Рис. 13. Зображення нарізного з'єднання в перерізі: а – у відповідності до стандарту; б – з помилкою

Задача полягає в тому, щоб задати пріоритет у штрихуванні саме деталі типу «Втулка» та виключити подвійну штриховку загальної ділянки. Це може бути зроблено, зокрема, з

використанням аналогів запропонованих раніше оболонки [13].

Як вже було відмічено, розв'язання також потребує питання моделювання та зображення на кресленнях деталей з ребрами жорсткості.

Всі описані у цьому розділі програми були додані у стандартний файл Default.ivb, який є доступним для всіх користувачів пакету Inventor.

### Висновки

Для розв'язання поставлених питань основна увага має бути приділена більш глибокому оволодінні можливостями керування API об'єктів, методів та властивостей їх елементів, що належать до відповідного середовища. В принципі, всі операції, що виконуються у діалоговому режимі, можуть бути запрограмовані за допомогою відповідних макросів. Їх запуск організовано за допомогою спеціально створених кнопок команд, що розташовані у відповідних вкладках стрічкового інтерфейсу програми («Ескіз», «3D-модель» та «Кресленик»). Впровадження цих додатків, організованих у вигляді додаткової бібліотеки до пакету AI, в навчальний процес довело їх корисність для студентів та може бути запропоновано для поширення серед інших користувачів, що дозволить суттєво прискорити та спростити роботу з пакетом.

Запропоновані програмні додатки розв'язують типові задачі, що виникають при розробці цифрових моделей як деталей машинобудування, так і, можливо, елементів будівельних споруд. Використання мови програмування Visual Basic, інтегрованої до середовища Inventor, та правил iLogic дозволило звести процес використання розроблених алгоритмів до натискання однієї кнопки.

Оволодіння можливостями створення власних програмних додатків для адаптації пакету AI (і не тільки його), які вивчаються в університеті в рамках дисциплін «Комп'ютерна графіка», «Технології комп'ютерного проектування» та ін., дозволить студентам в подальшому стати фахівцями, як в конструюванні сучасних вузлів і агрегатів, так і в питаннях адаптації існуючих програм до потреб конкретного виробництва.

Зацікавленим особам пропонується ставити свої питання та надсилати інші побажання щодо розв'язку рутинних задач, що зустрічаються в їх практиці створення цифрових прототипів через форму зворотного зв'язку

на офіційній сторінці кафедри або на електронну адресу автора.

### Література

1. Черников А.В., Иванов Е.М., Грайворонский Е.С. Адаптация пакета Autodesk Inventor для учебного процесса и научных исследований. *Техническая эстетика и дизайн*. К.: КНУБА, 2012. Вып. 11. С. 208-212.
2. Черников О.В. Впровадження сучасних технологій комп'ютерного моделювання в навчальний процес ХНАДУ // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сборник научных трудов. Вып. 73. Харьков: ХНАДУ, 2016. С. 239–244.
3. Inventor – Documentation for API / Macros. URL: forums.autodesk.com/t5/inventor-customization/inventor-documentation-for-api-macros/td-p/7505186 (дата звернення 5/10/2021).
4. Inventor API User's Manual. URL: help.autodesk.com/view/INVENTOR/2020/ENU/?guid=GUID-5901102A-F148-4CD4-AF50-26E2AFDEE6A7 (дата звернення 20/10/2021).
5. Autodesk® Inventor® API Object Model reference document. URL: knowledge.autodesk.com/akn-aknsite-article-attachments/d20aa033-13a7-4b23-a790-1897b317c523.pdf (дата звернення 21/10/2021).
6. Modeling and recognition of 2D/3D images (ООП на VB примерах / API CAD / CAD Systems API). URL: api-2d3d-cad.com/oo\_p\_vb; api-2d3d-cad.com/autodesk; api-2d3d-cad.com/category/cad-systems-api (дата звернення 10/09/21).
7. Autodesk Inventor API. Первые шаги URL: ru.wikibooks.org/wiki/Autodesk\_Inventor\_API\_Первые\_шаги. (дата звернення 20/10/2021).
8. Смирневский Н.С. Разработка приложений для продуктов Autodesk: Учебное пособие. Хмельницкий: ХНУ, 2017.
9. Черников А.В., Рагулин В.Н., Смирнов О.В., Черепанова Н.В. Адаптация шаблонов Autodesk Inventor для оформления чертежей зубчатых колес в учебном процессе и на производстве *Сучасні проблеми моделювання: Збірник наукових праць*. Випуск 12. Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2018. С. 163-167.
10. Черников О.В., Черепанова Н.В., Калюжна Н.С. Розробка додатків до пакету Autodesk Inventor для прискорення виконання рутинних операцій *Комп'ютерні технології і мехатроніка. Збірник наукових праць за матеріалами II міжнародної науково-практичної конференції: 28 травня 2020 р.* Харків, ХНАДУ, 2020. С. 265-269.
11. Черников О.В., Калюжна Н.С., Ламдаїні А. Особливості автоматизації процесів моделювання в пакеті Autodesk Inventor *Прикладні питання математичного моделювання: науковий журнал*. Т. 4, № 2.1. Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2021. С. 261-268.
12. Inventor iLogic and VB.net Forum. URL: forums.autodesk.com/t5/inventor-ilogic-and-vb-net-forum/bd-p/120/page/816 (дата звернення 21/11/2021).
13. Иванов Е.М. Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 84123 (zareestrovano 04.01.2019 р.). Твір науково-практичного характеру «Удосконалення побудови креслеників циліндричних зубчастих передач при автоматизованому проектуванні».

### References

1. Chernikov A.V., Ivanov E.M., Grajvoronskij E.S. Adaptacija paketa Autodesk Inventor dlja uchebnogo processa i nauchnyh issledovanij [Adaptation of the Autodesk Inventor package for the educational process and scientific research]. *Tekhnichna estetika i dizajn – Technical aesthetics and design*. Kyiv, KNUBA Publ., 2012. no. 11. pp. 208-212. [in Russian].
2. Chernikov O.V. Vprovadzhenja suchasnyh tehnologij komp'juternogo modeljuvannja v navchal'nyj proces HNADU [Implementation of modern computer modeling technologies in the educational process of KhNADU]. *Vestnyk Har'kov-skogo nacyonal'nogo avtomobyl'no-dorozhnogo unyversyteta. Sbornyk nauchnyh trudov – Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University*, 2016, no. 73, pp. 239–244. [in Ukrainian].
3. Inventor – Documentation for API / Macros. URL: forums.autodesk.com/t5/inventor-customization/inventor-documentation-for-api-macros/td-p/7505186 (accessed 5/10/2021).
4. Inventor API User's Manual. URL: help.autodesk.com/view/INVENTOR/2020/ENU/?guid=GUID-5901102A-F148-4CD4-AF50-26E2AFDEE6A7 (accessed 20/10/2021).
5. Autodesk® Inventor® API Object Model reference document. URL: knowledge.autodesk.com/akn-aknsite-article-attachments/d20aa033-13a7-4b23-a790-1897b317c523.pdf (accessed 21/10/2021).
6. Modeling and recognition of 2D/3D images ( OOP on VB examples / API CAD / CAD Systems API). URL: api-2d3d-cad.com/oo\_p\_vb; api-2d3d-cad.com/autodesk; api-2d3d-cad.com/category/cad-systems-api (accessed 10/09/21). [in Russian].
7. Autodesk Inventor API. Pervye shagi [First steps] URL: ru.wikibooks.org/wiki/Autodesk\_Inventor\_API\_Pervye\_shagi. (accessed 20/10/2021). [in Russian].
8. Svirnevskii N.S. Razrabotka prilozhenii dlja produktov Autodesk: Uchebnoe posobie [Developing Applications for Autodesk Products: A Tutorial]. 2017, Khmel'nitskii: KhNU Publ., [in Russian].
9. Chernikov A.V., Ragulin V.N., Smirnov O.V., Cherepanova N.V. Adaptatsiia shablonov Autodesk Inventor dlja oformleniia chertezhei zubchatykh koles v uchebnom protsesse i na proizvodstve [Adaptation of Autodesk Inventor templates for designing gear drawings in the educational process

- and in production]. Suchasni problemi modelivannia: Zbirnik naukovikh prats' – Modern problems of modeling: A collection of scientific work. 2018, no 12. Melitopol': MDPU im. B. Khmel'nits'kogo Publ., pp. 163-167. [in Russian].
10. Chernikov O.V., Cherepanova N.V., Kaljuzhna N.Je. Rozrobka dodatkov do paketu Autodesk Inventor dlja pryskorennja vykonannja rutynnyh operacij [Development of applications for the Autodesk Inventor package to speed up routine operations]. *Komp'juterni tehnologii' i mehatronika. Zbirnyk naukovykh prac' za materialamy II mizhnarodnoi' nauково-praktychnoi' konferencii' – Computer technologies and mechatronics. A collection of scientific works on the materials of the II international scientific and practical conference.* 2020. Kharkiv, KhNADU Publ., pp. 265-269. [in Ukrainian]
  11. Chernikov O.V., Kaljuzhna N.Je., Lamdaini A. Osoblyvosti avtomatyzacii' procesiv modeljuvannja v paketi Autodesk Inventor [Features of automation of modeling processes in the Autodesk Inventor package]. *Prykladni pytannja matematychnogo modeljuvannja: naukovyj zhurnal – Applied Problems of Mathematical Modeling: scientific journal.* 2021, v. 4, no. 2.1. Khersons'kyj Nacional'nyj Tehnichnyj Universytet Publ., pp. 261-268. [in Ukrainian]
  12. Inventor iLogic and VB.net Forum. URL: forums.autodesk.com/t5/inventor-ilogic-and-vb-net-forum/bd-p/120/page/816 (accessed 21/11/2021).
  13. Ivanov Je.M. Certificate of copyright registration for the work No. 84123 (registered on January 4, 2019). The work of a scientific and practical nature "Improvement of construction of blueprints of cylindrical gears during automated design". [in Ukrainian].

**Черніков Олександр Вікторович**, д.т.н., проф., зав. каф. інженерної та комп'ютерної графіки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, cherni@khadi.kharkov.ua, тел. +38 067-578-23-12.

#### **Increasing Computer Modeling Capabilities by using API (at the example of Autodesk Inventor package)**

**Abstract. Problem.** *The work builds on and extends the previous studies on broadening the possibilities*

*of computer modeling and adapting relevant software packages to develop design documentation in accordance with standards. The purpose of this paper is to create and distribute modules aimed at simplifying users' experience when working with 3D modeling packages. This simplification is achieved by using the application programming interface (API) as a special protocol to facilitate the interaction of computer programs, in particular, in the environment of the Autodesk Inventor package. Goal. The main task is to explore API programs and develop/improve algorithms and methods for creating digital models of objects. That includes the use of programming languages and capabilities that appeared in the latest versions of Autodesk Inventor, Fusion programs 360, AutoCAD, Revit, etc.). Methodology. To address the aims of this paper, the problem of constructing a regular conical chamfer for prismatic bodies with a regular polygon base was posed and solved using the API program. The problem of constructing a conical chamfer for holes facing cylindrical surfaces is also solved. A number of further tasks has been set to accelerate the 3D modeling process. Results. In order to solve the above questions, the attention should be focused on a deeper mastery of the API management capabilities of objects, methods and properties of their elements belonging to the relevant environment. Basically, all operations performed in dialog mode can be programmed using appropriate macros. Originality. The tools for part's elements creation has been developed with considering of manufacturing technology based on API. The proposed approach expands the possibilities of modeling. Practical value. The proposed algorithms and tools application will significantly speed up the design process for special elements of various parts.*

**Key words:** *computer modeling, API, Autodesk Inventor, iLogic, VBA.*

**Chernikov Oleksandr**, professor, Doct. of Science, Head of engineering and computer graphics department, Kharkiv National Automobile and Highway University, cherni@khadi.kharkov.ua, tel.: +38 067-578-23-12.