

д. т. н., професор **Черніков О.В.**,
av4erni@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6636-4566

к. т. н., доцент **Назарько О.О.**,
olganazamail@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3496-8533

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

к. т. н., доцент **Усенко І.С.**,
irina__usenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6217-4423

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ БІБЛІОТЕКИ ДОДАТКІВ ДО ПАКЕТУ AUTODESK INVENTOR

Робота є продовженням попередніх досліджень з питань розширення можливостей комп'ютерного моделювання та адаптації інструментів відповідних пакетів програм для розробки конструкторської документації у відповідності до стандартів. Метою даної роботи є розробка та використання модулів, що дозволяють спростити роботу користувача пакетів 3D-моделювання. Таке спрощення досягається за рахунок використання інтерфейсу програмування додатків (API), як спеціального протоколу взаємодії комп'ютерних програм, зокрема, у середовищі пакету Autodesk Inventor. Основним завданням є дослідження об'єктних моделей на основі API програм та розробка/удосконалення алгоритмів і методів створення цифрових моделей об'єктів. Це передбачає використання мов програмування та можливостей, що з'явилися в останніх версіях програм Autodesk Inventor, Fusion 360, AutoCAD та ін. Раніше були запропоновані модулі для побудови правильної конічної фаски для призматичних тіл та для отворів, які виходять на циліндричні поверхні.

В роботі розглянуті й розв'язані питання відображення на кресленниках у відповідності до стандартів нарізних з'єднань та ребер жорсткості у перерізах, а також спрощеного відображення ліній переходу в місцях застосування ливарних радіусів.

Для вирішення вищезазначених питань увага була зосереджена на більш глибокому вивченні можливостей API управління об'єктами, методами та властивостями їх елементів, що належать до відповідного середовища. В принципі, всі операції, що виконуються в діалоговому режимі, можна запрограмувати за допомогою відповідних макросів. Застосування запропонованих алгоритмів та інструментальних засобів дозволить значно прискорити процес проектування спеціальних елементів різноманітних деталей.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання; стандартизація; кресленник; Autodesk Inventor; API; iLogic; VBA.

Постановка проблеми. На сучасному етапі практично всі конструкторські роботи виконуються з використанням програм 3D-моделювання. Такі програми суттєво прискорюють розробку нових виробів та дозволяють уникнути помилок в проектуванні. Однак розробники програм не завжди враховують важливі вимоги конструкторів і стандартів, зокрема при оформленні креслеників. Можливо, це може пояснюватись перспективним переходом до безпаперових технологій, але, поки стандарти щодо конструкторської документації не змінені, їх треба виконувати.

Всі ці вимоги, звісно, можна виконати за допомогою додаткових операцій, але ті з них, що спрощували роботу конструктора при виконанні креслеників олівцем на папері, зараз суттєво уповільнюють процеси комп'ютерного моделювання. Тому важливою є задача автоматизації виконання найбільш поширених рутинних операцій, зокрема, створення програмних модулів й самостійного додавання нових команд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Було проведено аналіз українських [1], європейських та американських стандартів [2-4] стосовно правил побудови креслеників. Основні вимоги до умовних позначень елементів машинобудівних деталей виявились досить схожими, але, на жаль, не всі ці вимоги враховані в програмних продуктах. Деякі спроби робіт в цьому напрямку описані, зокрема у [5-9].

Формулювання цілей статті. На основі вищевикладеного виникає потреба в розробці додаткових модулів та інструментів, які б допомогли автоматизувати вказані задачі. Завдяки наявності вбудованої в програму Autodesk Inventor (AI) мови програмування iLogic та загального засобу програмування API на основі VBA, ці задачі можуть бути розв'язані на основі теоретичних матеріалів з основ програмування [10-14].

Основна частина. В цій роботі ми зупинимось на двох досить поширених проблемах. Обидві вони пов'язані з умовностями відображення у перерізах ребер жорсткості за нарізних з'єднань.

На основі проведеного аналізу вимог стандартів стосовно правил побудови креслеників, з'ясовано, що в них висуваються такі ж самі вимоги, як і у стандартах ЄСКД та СКД України. Зокрема, ребра жорсткості не мають штрихуватись при перерізі, перпендикулярному їх товщині (рис. 1).

Підхід до цієї задачі був запропонований раніше [5], але, як зазначено [9] він досі не був реалізований. Звісно, що можна редагувати види кресленика, видаляючи штрихування перерізу та створюючи нові контури штрихування, але при цьому порушується асоціативний зв'язок з моделлю і при зміні її геометрії все приходиться переробляти. Було запропоновано вносити зміни у моделі, а саме створити в середині ребра жорсткості порожнину, дуже малої товщини (наприклад, 0.001 мм), границі якої зміщені від контуру ребра жорсткості всередину на таку ж

величину. Зміни маси, яка може використовуватись в інших розрахунках, в такому випадку несуттєва. Крім того, якщо використовувати «Стани моделі», ці елементи можуть бути активні тільки для кресленика.

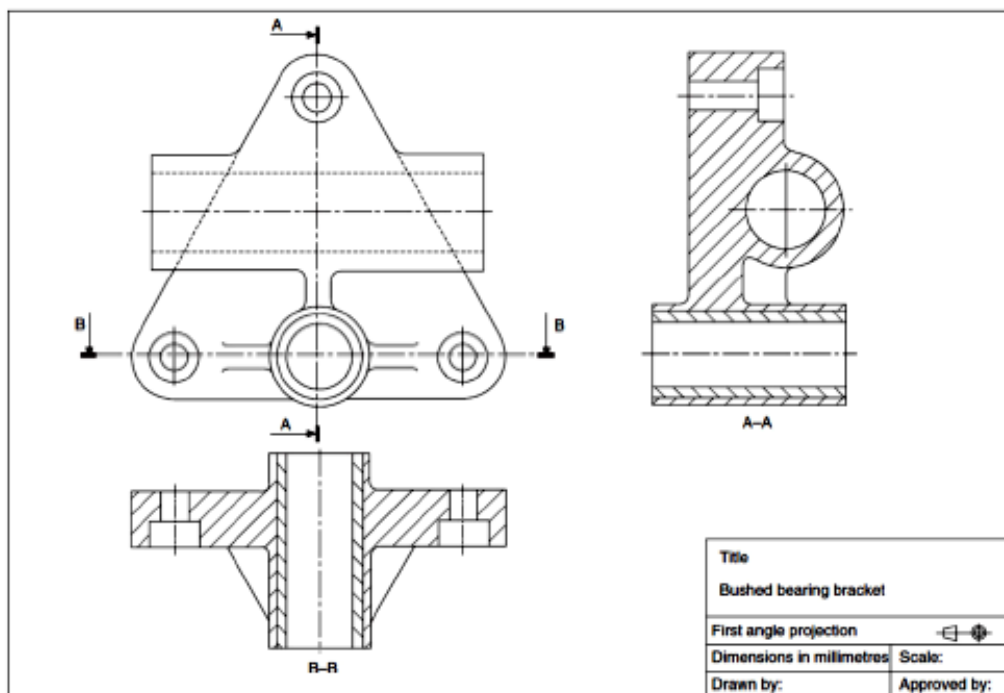


Рис. 1. Вимоги до зображення ребер жорсткості [4]

Зараз створено програмний модуль, який реалізує цей алгоритм. Кресленик деталі з ребрами жорсткості при стандартній побудові та з використанням описаного методу наведений на рис. 2.

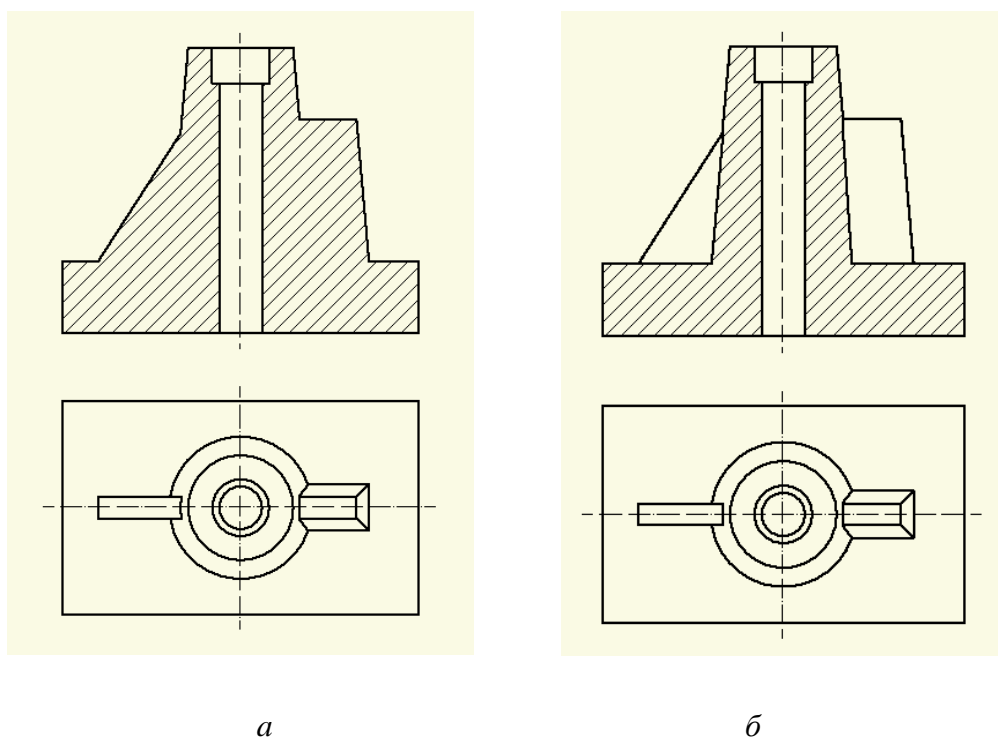


Рис. 2. До (а) та після (б) використання запропонованого інструменту

При побудові деталей з ливарними радіусами, в тому числі навколо ребер жорсткості, виникає ще одна проблема, пов'язана з відображенням ліній переходу – за замовчуванням вони не відображаються (рис. 3, а).

У програмі є опція, яка дозволяє ввімкнути відображення таких ліній, але в такому випадку кресленик становиться перевантажений ними (рис. 3, б). Але, якщо перед побудовою спряжень для ливарних радіусів, створити на відповідних ребрах моделі елемент «3D-ескіз», то потім у видах кресленика його можна відобразити, і в цьому випадку вид буде більш наочний (рис. 3, в). Дана операція також була автоматизована при обробці ребер жорсткості.

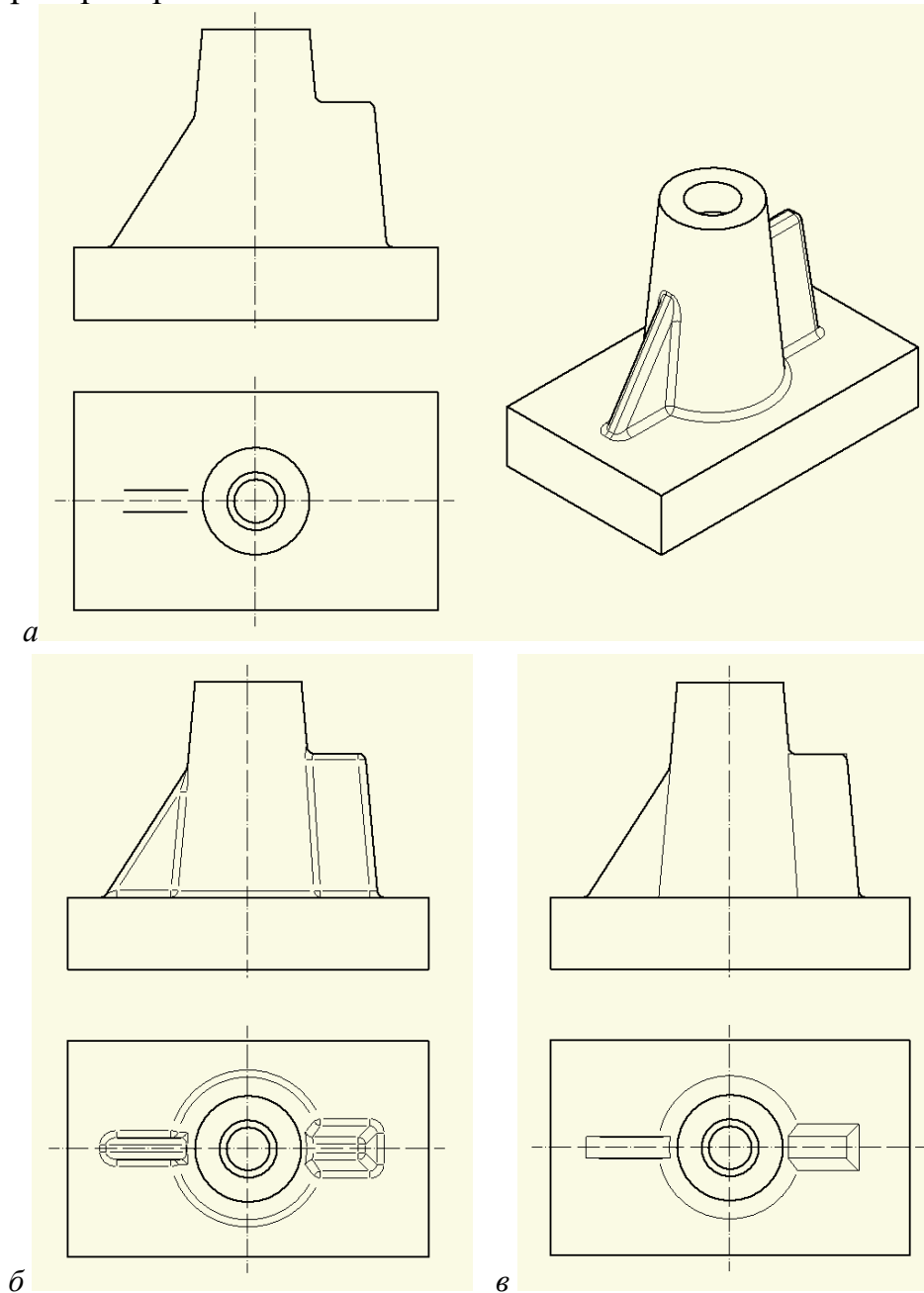


Рис. 3. Відображення деталей з ливарними радіусами

Інша проблема, для якої пропонується розв'язок, також дуже давно відома. Вона полягає в тому, що у більшості CAD пакетів неможливо правильно (у відповідності до вимог стандартів ISO, СКД та ін.) відобразити у перерізі з'єднання деталей із нарізю. Помилка полягає в тому, що лінії штрихування розрізів суміжних деталей перекриваються, хоча за стандартом у спільній частині кресленика має відобразитись деталь з зовнішньою нарізю (рис. 4, *a*). Про це неодноразово писали, в тому числі, на форумах Autodesk [14].

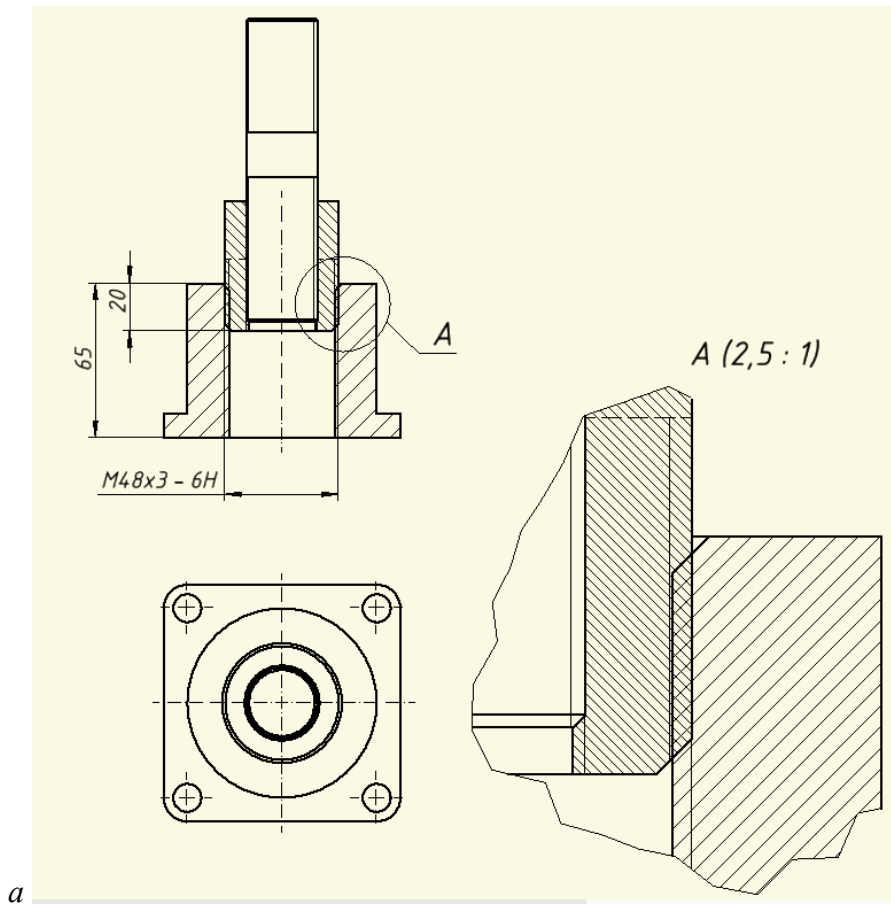
Варіантом виправлення були досить трудомісткі операції видалення однієї зі штриховок, створення та редагування додаткових ескізів для виправленої штриховки, які, до речі, необхідно було переробляти при кожній зміні геометрії деталей складання.

Пропонується метод, який дозволяє досить просто позбутись цієї проблеми на рівні моделі складання, що повністю виключає необхідність додаткових побудов на будь-яких видах кресленика. До речі, цей метод є асоціативним – при зміні геометрії всі побудови оновлюються (рис. 4, *б*).

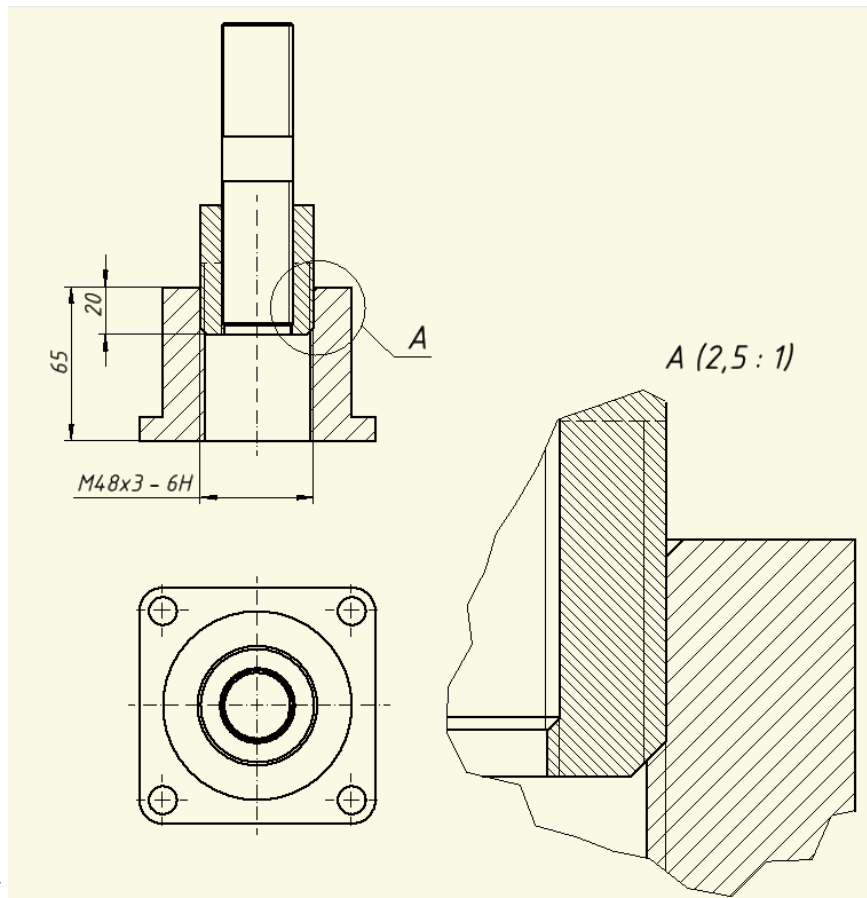
Він полягає в тому, що в середовищі складання можна зробити додатковий отвір з розмірами, що відповідають номінальному розміру нарізі, глибині вставки втулки та з конусом від свердла з кутом 90°. Для більш складної форми елемента з зовнішньою нарізю, можна скористатись операцією обертання з видаленням матеріалу. Потім слід залишити вплив цієї операції тільки на корпус (відеозапис операцій можна за посиланням <https://youtu.be/wFDcV1vpzKY>). В силу особливостей моделювання в середовищі складання в самій корпусній деталі цього отвору не буде.

Слід зауважити, що після зміни параметрів складання, (наприклад, для Inventor – Insert1 – глибина вставки втулки) слід виконувати команду "Rebuild all", для оновлення моделі. Зараз розробляється макрос/правило на iLogic, яке має автоматизувати описаний метод: вказати на складальному кресленику дві суміжні деталі з нарізю та виконати описані дії.

Окрім вищезгаданих, розроблено ще декілька макросів для середовища креслення, які дозволяють правильно позначати види моделі у різних масштабах та положеннях. В AI завжди додається позначення масштабу, якого не має бути, якщо масштаб співпадає з масштабом базового виду, також, досить складно додавати позначку «х» для повернутих зображень. Також іноді є потреба заокруглювати розміри, в першу чергу, габаритні, з заданою точністю, наприклад, робити їх кратними «5», «10» та ін., (а не тільки керувати кількістю знаків після коми). Для цих дій також створені макроси, що об'єднані в стандартному файлі default.ivb й можуть бути завантажені на будь-який комп'ютер з встановленим AI. На рис. 5 наведено приклад робочої стрічки інтерфейсу з доданими інструментами (User Commands) для середовища 3D-моделі (*a*) та кресленика (*б, в*).



a



б

Рис. 4. Проблема з відображенням нарізі у перерізі в складанні (а) та результат запропонованої процедури виправлення (б)

Висновки та перспективи. При розв'язанні описаних задач увага була приділена більш глибокому оволодінню можливостями API об'єктів, методів та властивостей їх елементів. В принципі зрозуміло, що всі операції, які виконуються у діалоговому режимі, можуть бути запрограмовані за допомогою відповідних макросів, які будуть викликатись відповідно створеними кнопками команд, розташованих на вкладках стрічкового інтерфейсу програми (зокрема, «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.

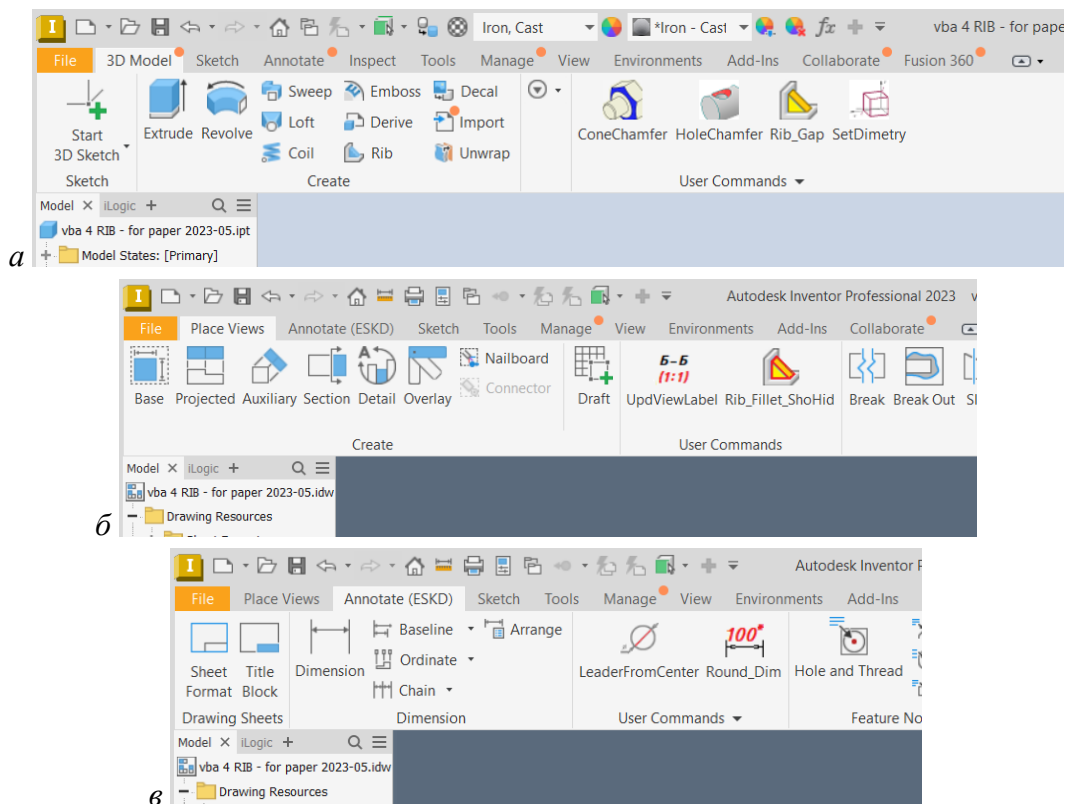


Рис. 5. Приклади змін у стрічці інтерфейсу:

a – середовище створення деталі; *б* – середовище кресленика (розміщення видів);

в – середовище кресленика (анотації)

Запропоновані програмні додатки розв'язують типові задачі при розробці цифрових моделей як деталей машинобудування, так і, можливо, елементів будівельних споруд. Використання мови програмування Visual Basic, інтегрованої до середовища Inventor (як і більшості інших Windows-додатків), та правил iLogic дозволяє продовжувати розвиток можливостей програм.

Зацікавленим особам пропонується ставити свої питання та надсилати інші коментарі щодо розв'язку подібних задач, які

зустрічаються в їх практиці створення цифрових прототипів через форму зворотного зв'язку на офіційній сторінці кафедри або на електронну адресу першого автора.

Література

1. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації: Національний стандарт України. Київ. Держспоживстандарт України. 2005. 55 с.
2. *Frederick E. Giesecke, Shawna Lockhart, Marla Goodman, Cindy M. Johnson* Technical Drawing with Engineering Graphics (15 ed.). Pearson education, inc. 2016. 1076 p.
3. *Colin H. Simmons and Denis E. Maguire* Manual of Engineering Drawing (to British and International Standards). Elsevier Newnes. 2004. 308 p.
4. *Horst-W. Grollius* Technisches Zeichnen für Maschinenbauer. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. 2017. 192 p.
5. *Черніков А.В., Иванов Е.М., Грайворонский Е.С.* Адаптация пакета Autodesk Inventor для учебного процесса и научных исследований. *Технічна естетика і дизайн*. К.: КНУБА, 2012. Вип. 11. С. 208-212.
6. *Черніков О.В.* Використання можливостей параметричного моделювання пакету Inventor в наукових дослідженнях та навчальному процесі. *Прикл. геометрія та інж. графіка*. К.: КНУБА, 2008. С. 98-102.
7. *Черніков О.В.* Впровадження сучасних технологій комп'ютерного моделювання в навчальний процес ХНАДУ. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Зб. наук. пр. Вип. 73. Харків: ХНАДУ, 2016. С. 239-244.
8. *Черніков О.В., Калюжна Н.Є., 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.
9. *Черніков О.В.* Розширення можливостей комп'ютерного моделювання за рахунок використання API (на прикладі пакету Autodesk Inventor). *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Зб. наук. пр. 2022. Вип. 99. С. 111–117. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2022.99.0.111>
10. Inventor – Documentation for API / Macros. URL: forums.autodesk.com/t5/inventor-customization/inventor-documentation-for-api-macros/td-p/7505186 (дата звернення 5/10/2022).
11. Inventor API User's Manual. URL: help.autodesk.com/view/INVENTOR/2023/ENU/?guid=GUID-5901102A-F148-4CD4-AF50-26E2AFDEE6A7 (дата звернення 20/10/2022).
12. Autodesk® Inventor® API Object Model reference document. URL: knowledge.autodesk.com/akn-aknsite-article-attachments/d20aa033-13a7-4b23-a790-1897b317c523.pdf (дата звернення 21/01/2023).

13. Modeling and recognition of 2D/3D images (ООП на VB примерах / API CAD / CAD Systems API). URL: api-2d3d-cad.com/ooop_vb; api-2d3d-cad.com/autodesk; api-2d3d-cad.com/category/cad-systems-api (дата звернення 10/09/22).

14. Inventor iLogic and VB.net Forum. URL: forums.autodesk.com/t5/inventor-ilogic-and-vb-net-forum/bd-p/120/page/816 (дата звернення 29/11/2022).

References

1. DSTU 3321:2003 Systema konstruktors'koi' dokumentacii': Nacional'nyj standart Ukrainy. Kyi'v. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 2005. 55 p. {in Ukrainian}.
2. *Frederick E. Giesecke, Shawna Lockhart, Marla Goodman, Cindy M. Johnson* Technical Drawing with Engineering Graphics (15 ed.). Pearson education, inc. 2016. 1076 p.
3. *Colin H. Simmons and Denis E. Maguire* Manual of Engineering Drawing (to British and International Standards). Elsevier Newnes. 2004. 308 p.
4. *Horst-W. Grollius* Technisches Zeichnen für Maschinenbauer. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. 2017. 192 p. {in German}.
5. *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]. *Tehnichna estetika i dizajn – Technical aesthetics and design*. Kyiv, KNUBA Publ., 2012. no. 11. pp. 208-212. {in Russian}.
6. *Chernikov O.V.* Vykorystannja mozhlyvostej parametrychnogo modeljuvannja paketu Inventor v naukovykh doslidzhennjah ta navchal'nomu procesi [Using Inventor's parametric modeling capabilities in research and education]. *Prykl. geometrija ta inzh. grafika – Applied geometry and engineering graphics*. K.: KNUBA, 2008. Pp. 98-102. {in Ukrainian}.
7. *Chernikov O.V.* Vprovadzhennja suchasnyh tehnologij komp'juternogo modeljuvannja v navchal'nyj proces HNADU [Implementation of modern computer modeling technologies in the educational process of KhNADU]. Visnyk Har'kivskogo nacyonal'nogo avtomobyl'no-dorozhnogo unyversyteta. Zbirka nauk. prats' – *Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University*, 2016, no. 73, pp. 239–244.. {in Ukrainian}.
8. *Chernikov O.V., Kaljuzhna N.Je., Lamdaini A.* Osoblyvosti avtomatyzacii procesiv modelju-vannja 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}.
9. *Chernikov O.V.* Rozshyrennja mozhlyvostej komp'juternogo modeljuvannja za rahunok vykorystannja API (na prykladi paketu Autodesk Inventor) [Increasing Computer Modeling Capabilities by using API (in the example of

Autodesk Inventor package)]. *Visnyk Har'kivskogo nacyonal'nogo avtomobyl'no-dorozhnogo unyversyteta. Zbirka nauk. prats' – Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University*. 2022. Vyp. 99. Pp. 111–117. {in Ukrainian}. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2022.99.0.111>

10. Inventor – Documentation for API / Macros. URL: forums.autodesk.com/t5/inventor-customization/inventor-documentation-for-api-macros/td-p/7505186 (дата звернення 5/10/2022).

11. Inventor API User's Manual. URL: help.autodesk.com/view/INVNTOR/2023/ENU/?guid=GUID-5901102A-F148-4CD4-AF50-26E2AFDDEE6A7 (дата звернення 20/10/2022).

12. Autodesk® Inventor® API Object Model reference document. URL: knowledge.autodesk.com/akn-aknsite-article-attachments/d20aa033-13a7-4b23-a790-1897b317c523.pdf (дата звернення 21/01/2023).

13. Modeling and recognition of 2D/3D images (ООП на VB примерах / API CAD / CAD Systems API). URL: api-2d3d-cad.com/oop_vb; api-2d3d-cad.com/autodesk; api-2d3d-cad.com/category/cad-systems-api (дата звернення 10/09/22).

14. Inventor iLogic and VB.net Forum. URL: forums.autodesk.com/t5/inventor-ilogic-and-vb-net-forum/bd-p/120/page/816 (accessed 29/11/2022).

Dr.Sci. (Eng.), professor **Oleksandr Chernikov**,
av4erni@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6636-4566
Ph. D., assoc. professor **Olga Nazarko**,
olganazamail@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3496-8533
Kharkiv National Automobile and Highway University
Ph.D., assoc. professor **Iryna Usenko**,
irina__usenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6217-4423,
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE ADD-ON LIBRARY FOR THE AUTODESK INVENTOR PACKAGE

This work continues previous research on expanding the capabilities of computer modeling and adapting the tools of relevant software packages for the development of design documentation in accordance with standards. The aim of this paper is to develop and use modules that simplify the work of the user of 3D modeling packages. This simplification is achieved using an application programming interface (API) as a special protocol for the interaction of computer software, in particular, in the environment of the Autodesk Inventor package. The main goal is to study object models based on API programs and develop/improve algorithms and methods for creating digital object models. This includes the use of programming languages and features that have

appeared in the latest versions of Autodesk Inventor, Fusion 360, AutoCAD, etc. Previously, modules for building the correct conical chamfer for prismatic bodies and for holes that extend onto cylindrical surfaces were proposed.

The paper considers and solves the issues of displaying threaded connections and stiffeners (rib) in cross-sections in accordance with the standards, as well as simplified display of transition lines in places where casting radii are used.

To address the above issues, attention was focused on a deeper study of the API capabilities for managing objects, methods, and properties of their elements belonging to the respective environment. In principle, all operations performed in dialog mode can be programmed using appropriate macros. The application of the proposed algorithms and tools will significantly speed up the process of designing special elements of various parts.

Keywords: computer modeling; standardization; drawing; Autodesk Inventor; API; iLogic; VBA.