

УДК 514.18; 004.925.8

DOI: 10.32347/0131-579X.2024.107.182-191

д. т. н., професор **Черніков О.В.**,

av4erni@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6636-4566

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

д. т. н., професор **Усенко В.Г.**,

valery_usenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4937-6442

Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"

к. т. н., доцент **Усенко І.С.**,

irina__usenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6217-4423

Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНИКІВ ДЕТАЛЕЙ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ У ПАКЕТІ AUTODESK INVENTOR

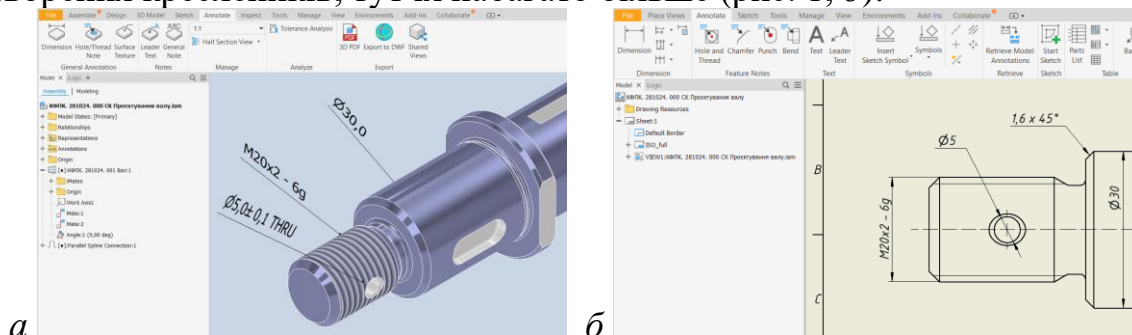
Робота продовжує попередні дослідження та напрацювання з питань розширення можливостей комп'ютерного моделювання та адаптації інструментів відповідних пакетів програм (в першу чергу – Autodesk Inventor) для розробки конструкторської документації згідно вимог чинних стандартів. Метою даної роботи є розробка та впровадження в практику проєктування та навчання таких інструментів, які б дозволили спростити позначення та відображення поширених конструктивних елементів деталей у відповідності до сучасних вимог до моделей. Зокрема, у відповідності до технології Model-Based Definition (MBD, визначення на основі моделі) – це підхід до створення 3D-моделей таким чином, щоб вони містили в собі всі дані, необхідні для їх виготовлення та контролю. З MBD модель стає вихідним документом, який керує всією подальшою інженерною діяльністю.

В даній роботі розглянуті та запропоновані можливі рішення для проєктування елементів шліцьових, в першу чергу для відображення в напівавтоматичному режимі їх основних параметрів у позначенні як на моделі так і на креслениках. Ще один аспект роботи пов'язаний з автоматизацією побудови спрощеного відображення згаданих елементів конструкцій (аналогічний підхід може бути застосований також до зубчастих з'єднань) на креслениках.

Для розв'язання поставлених задач використано можливості вбудованої мови програмування iLogic/VBA/VB.NET та вивчення бази даних моделей та складань з відповідними елементами. Розроблені інструменти було апробовано під час занять зі студентами та доведено їх зручність.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання; Model-based definition; стандартизація; конструктивні елементи; шліци; Autodesk Inventor; API.

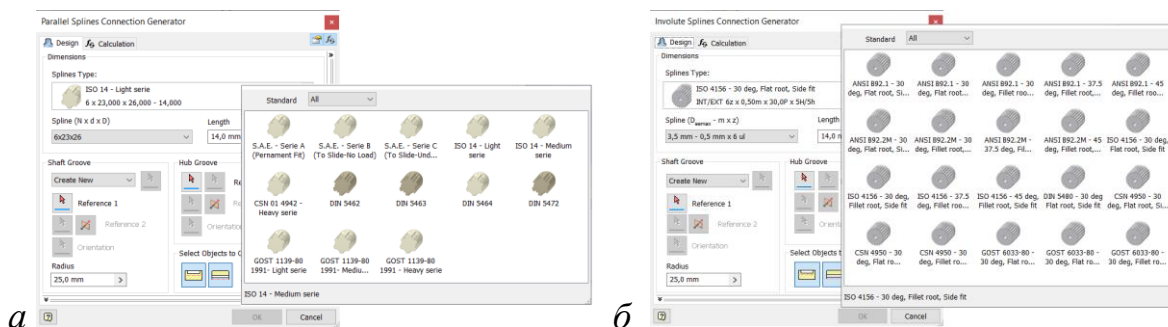
Постановка проблеми. Більшість програм комп'ютерного 3D-моделювання останнім часом стали впроваджувати технологію Model-Based Definition (MBD, визначення на основі моделі), яка дозволяє разом з геометрією задавати/зберігати й негеометричну інформацію, необхідну для виготовлення та контролю деталей та вузлів. В програмі Autodesk Inventor ці команди зібрані на вкладці «Annotate» і дозволяють позначати деякі елементи моделі: розміри, в тому числі окремий інструмент для позначення нарізей та отворів, шорсткості поверхонь, виноска та загальних приміток (рис. 1, а). Відповідні інструменти присутні й в середовищі створення креслеників, тут їх набагато більше (рис. 1, б).



а – у 3D-просторі, б – у середовищі кресленика

Рис. 1. Інструменти для позначення елементів моделі

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Було проведено пошук та аналіз інформації щодо можливостей визначення в моделі потрібних параметрів, зокрема, в довідковій системі пакету Autodesk Inventor [1, 2] та на форумах спільноти користувачів цього пакету [3] – нажаль, потрібна інформація там була відсутня. За основу для роботи було взято дані «Майстрів побудови шліцьового з'єднання» програми (рис. 2), пов'язані стандарти ISO 14:1982 «Straight-sided splines for cylindrical shafts with internal centering – Dimensions, tolerances and verification», ISO 4156:1981 «Straight cylindrical involute splines – Metric module, side fit – Generalities, dimensions and inspection», ISO 6413:2018(E) «Technical product documentation – Representation of splines and serrations», а також досвід попередніх розробок додаткових інструментів до програми [4-6].



а) – прямобічні шліці, б) – евольвентні шліці
Рис. 2. Майстри побудови шліцьового з'єднання

Формулювання цілей статті. Таким чином користувач вимушений запам'ятовувати обраний тип шліців, його стандарт та основні параметри (хоча основні їх розміри можна виділити з параметрів моделі), а потім вводити цю інформацію при позначенні елементів. На основі вищевикладеного було поставлено задачу розробити додаткові інструменти, які б дозволили автоматично отримувати параметри обраного шліцевого з'єднання у відповідності до стандарту ДСТУ EN ISO 6413:2018 «Кресленики технічні. Подання виступів і пазів (EN ISO 6413:1994, IDT)», що діє в Україні з 01.01.2019 р. для її використання як в середовищі моделі, так і в середовищі кресленика. Інша задача пов'язана з розробкою та реалізацією алгоритму для автоматизації спрощеного відображення елементів шліцевого з'єднання на креслениках.

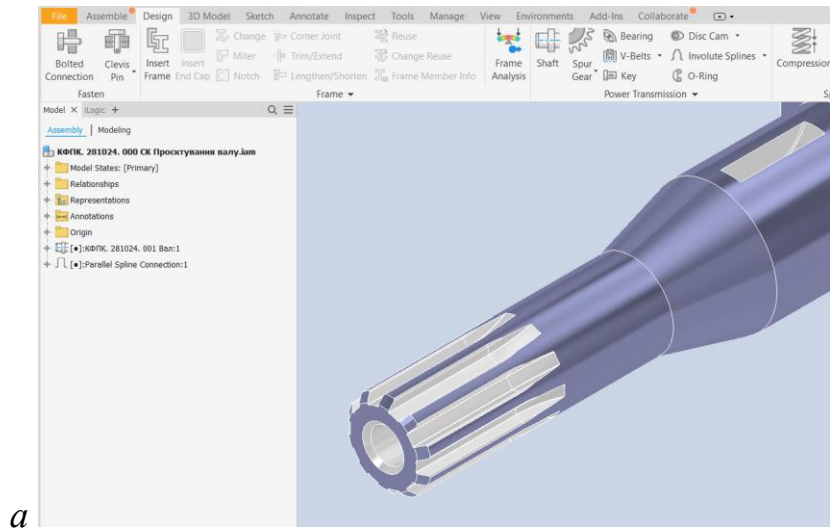
Основна частина. В цій роботі ми зупинились на двох досить поширених задачах, пов'язаних з застосуванням елементів шліцевих з'єднань, які утворені з використанням відповідних майстрів проєктування (Component Generators). Перша стосується відображення інформації про тип, стандарт та основні параметри елемента шліцевого з'єднання у дереві побудови моделі та у списку її параметрів. Розв'язання цієї задачі дозволило спростити подальше анотування елементів деталі як на 3D моделі, так і на кресленику у відповідності до стандарту ДСТУ EN ISO 6413:2018 «Кресленики технічні. Подання виступів і пазів».

Слід відмітити, що при використанні стандартного інструменту створення шліцевих елементів ми маємо в дереві побудови тільки загальну назву цього елемента: Parallel Spline Connection:1 (рис. 3, а) та Parallel Splining1 (рис. 3, б). Обрані параметри можливо побачити тільки при виконанні редагування елемента (рис. 3, в).

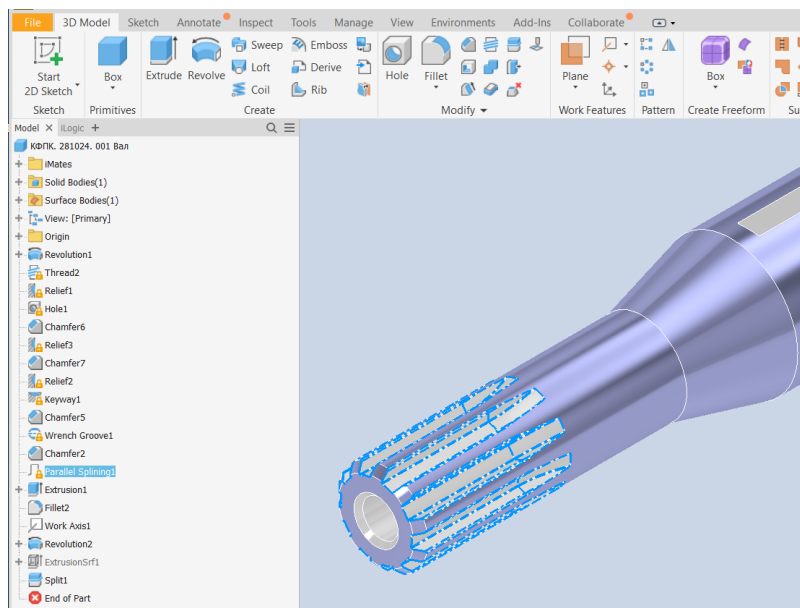
Після обговорення проблеми на професійному форумі (<https://forums.autodesk.com/t5/product-design-manufacturing/inventor-osoblivosti-oformlennya-kreslenikiv-detaley-tipu-val/m-p/12675762>), дослідження бази даних моделі складання дозволило знайти непряме посилання на файли, використані генератором елементів шліцевого з'єднання у розділі "Occurrences", гілка:
oAssDoc.ComponentDefinition.Occurrences(i).AttributeSets(1).Item(2).Value,
де *oAssDoc* – посилання на поточний документ складання.

За допомогою створеного правила iLogic, та з використанням файлів *C:\Users\Public\Documents\Autodesk\Inventor 202X\Design Data\Design Accelerator\Tables\Splines*\namestd.xml* вдалося відновити тип та параметри шліців без виклику майстра проєктування.

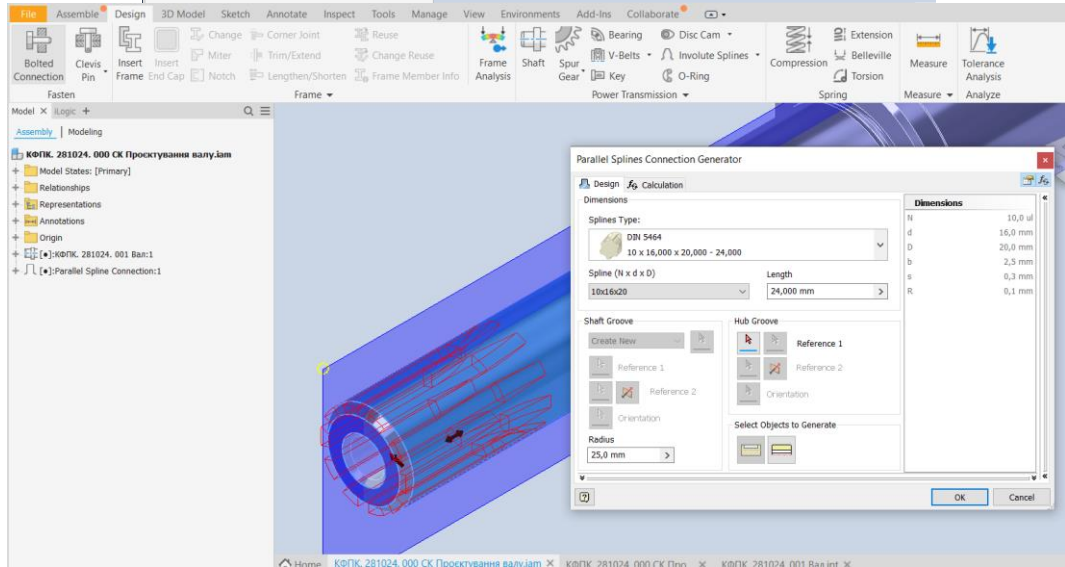
Наприклад, для шліців за стандартом ISO 14 це таблиця з внутрішнім ім'ям "605A0796-2412-4aa9-81E0-E36325D0AE4F"; число у параметрі "Spline" – номер рядка зі списком необхідних параметрів. В подальшому це надало можливість перейменувати цей елемент у складанні або деталі, та/або додати параметр користувача, який потім можна використовувати для додавання потрібного позначення як у моделі, так і на кресленику.



a



б



в

a – в середовищі складання, *б* – в середовищі деталі,
в – при виклику редагування майстра проєктування
 Рис. 3. Відображення елементів шліцьового з'єднання

На рис. 4 наведені приклади відображення дерева побудови моделі складання та окремої деталі після використання запропонованого інструменту, а також додатковий параметр SplConSign в переліку параметрів моделі з умовним позначенням типу шліців та їх позначенням – для подальшого використання при створенні анотацій.

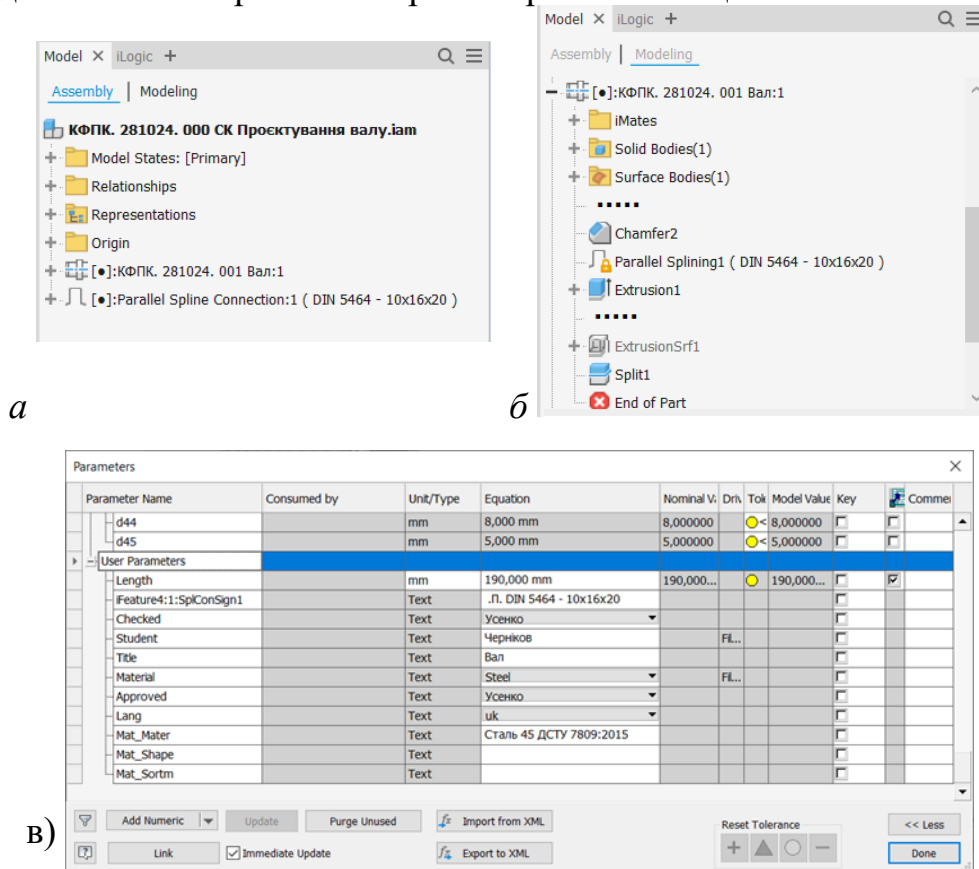


Рис. 4. Відображення стандарту і позначення шліцевого елемента у середовищах: а – складання, б – моделі та в – переліку параметрів

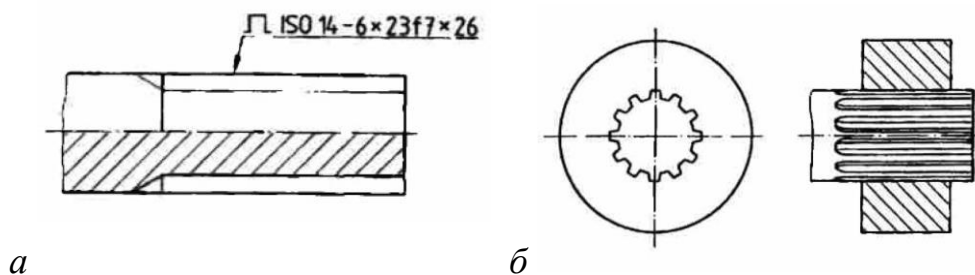
Слід відмітити, що наведених у стандарті ДСТУ EN ISO 6413:2018 умовних символів для позначення шліців (рис. 5) не було знайдено у жодному файлі зі шрифтами, які поставляються разом з Windows чи Autodesk Inventor. Пропозицією на форумі було створення відповідних ескізних символів, але виявилось, що їх дуже незручно додавати до текстових написів у зв'язку з неможливістю їх точно позиціонувати. Тому було створено окремий файл шрифту, в якій додано потрібні символи (в подальшому в цей файл можна буде додавати інші необхідні символи).



Рис. 5. Символи для позначення прямокутних та евольвентних шліців

Друге важливе питання, що виникає як у навчальному процесі, так і у виробництві – це можливість побудови спрощеного умовного позначення

деталей зі шліцами. В останніх вимогах стандартів, зокрема ДСТУ EN ISO 6413:2018, та європейських підручниках з машинобудівного креслення вже є примітка, що зображення, отримані за допомогою програм 3D моделювання, можна залишати у виді, який дає програма (рис. 6), але, все ж таки рекомендується використовувати спрощені зображення (це стосується як відображення деталей зі шліцами, так і з елементами зубчастих з'єднань).



а – спрощене зображення, б – повне зображення
Рис. 6. Вимоги щодо можливого відображення деталей зі шліцами

Тому була здійснена спроба автоматизувати отримання спрощеного зображення. Звісно, найбільш поширеним шляхом, який застосовується при необхідності отримання спрощених зображень, є ручне редагування: створення додаткових ескізів, приховування зайвих ліній та ін. Але, на наш погляд, це хибний шлях. Такі зображення у більшості випадків втрачають асоціативність з вихідною моделлю і, при зміні її геометрії або розмірів, всі побудови необхідно повторювати власноруч. Більш ефективним видається внесення необхідних змін у саму модель, особливо якщо взяти до уваги можливість створення декількох станів моделі (Model States), які можуть використовувати різні значення параметрів: для розрахунків, для виготовлення, для креслеників.

Було запропоновано наступну процедуру. За наявними параметрами шліців, його циліндричною та торовою частиною, створюється допоміжні поверхні, а за ними – 3D-ескіз, який розташований у площині майбутнього головного виду деталі. Використання саме 3D-ескізу пов'язано з можливістю його відображення як у режимі приховування невидимих ліній, так і при їх відображенні. Лініям 3D-ескізу можна також призначити відповідний тип та товщину ліній. Сам шліцьовий елемент деталі для кресленика можна подавати. Результат застосування відповідного макроса наведений на рис 7. Єдина операція, яку користувач в цьому випадку має виконати вручну – це вмикання відображення відповідного 3D-ескізу (у прикладі – iFeatureAV41:1 3DSketch).

Для побудови повздовжнього перерізу такої деталі необхідно виключити ділянку шліців із штрихування. Тут може бути застосований підхід, описаний раніше у [7] – створення тонкої порожнечі в місці, де не повинно бути штрихування. Ця задача була розв'язана з використанням «параметричного елемента», створеного за тими ж параметрами шліців.

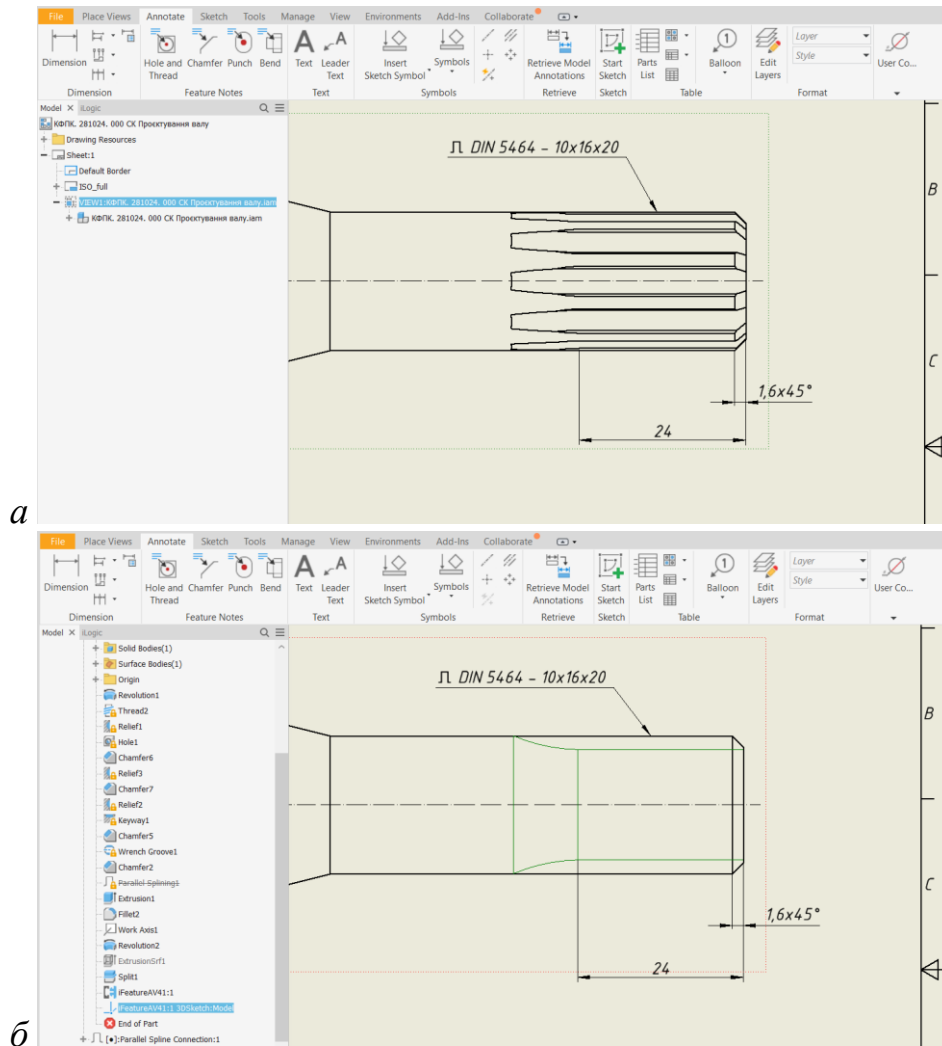


Рис. 7. Повне (а) та спрощене (б) зображення шліцьового елемента

Результати роботи відповідного макросу наведені на рис. 8.

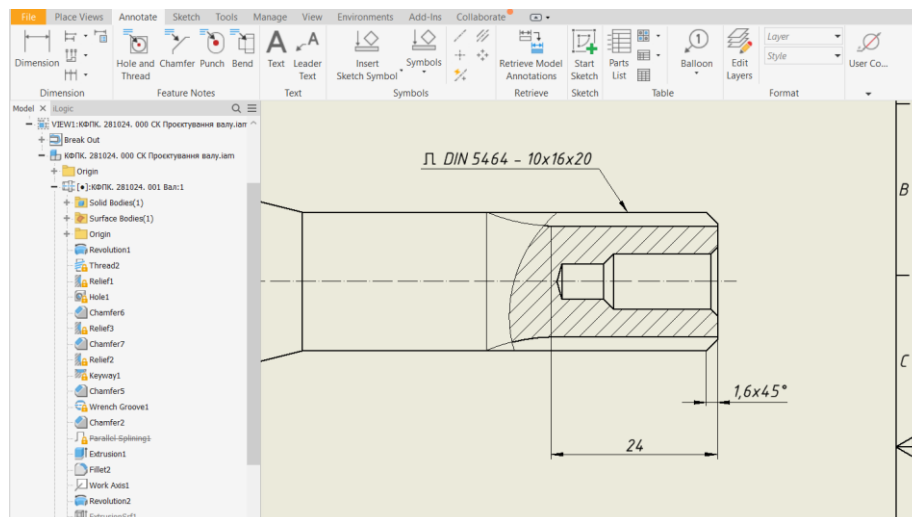


Рис. 8. Спрощене зображення шліцьового елемента в перерізі

Висновки та перспективи. При розв'язанні задач розширення можливостей інструментів пакету Autodesk Inventor наша увага була приділена більш глибокому оволодінню їх опису з використанням

програмування через API цих об'єктів, методів та властивостей їх елементів. Для спрощення та прискорення виконання часто повторюваних операцій, основними методами програмування мають володіти професійні користувачі програми. Студенти під час навчання роботі у програмі також мають вивчати ці методи, щоб у подальшій роботі на виробництві вони були спроможні розробляти відповідні макроси для більш ефективного використання сучасних програмних засобів.

Подальша робота спрямована на розробку подібних інструментів для спрощення та відображення у відповідності до вимог стандартів деталей з елементами зубчастих з'єднань, вальниць, пружин та ін.

Ми зацікавлені в обговоренні питань, що виникають у наших колег щодо розв'язку подібних задач, які зустрічаються в їх практиці створення цифрових прототипів та їх креслеників за стандартами ДСТУ/ISO. За посиланням <https://cutt.ly/DebtdfWM> всі зацікавлені можуть завантажити архів з додатковими модулями до Autodesk Inventor 2023, найближчим часом вони будуть адаптовані та перевірені для використання з новою версією (2025). Коментарі та побажання щодо цих додатків можна надсилати на електронну адресу першого автора.

Література

1. Autodesk® Inventor® Help System. URL: <https://help.autodesk.com/view/-INVNTOR/2023/ENU/> (дата звернення 21/10/2024).
2. Inventor API User's Manual. URL: <https://help.autodesk.com/view/-INVNTOR/2024/ENU/?guid=UserManualIndex> (дата звернення 21/10/2024).
3. Форум користувачів Autodesk Inventor. Inventor Programming - iLogic, Macros, AddIns & Apprentice. URL: <https://forums.autodesk.com/t5/inventor-programming-ilogic/bd-p/120> (дата звернення 21/10/2024).
4. 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.
5. 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>
6. Черніков О.В. Впровадження нових стандартів оформлення конструкторської документації в навчальний процес та виробництво *Прикл. геометрія та інж. графіка*. К.: КНУБА, 2024. Вип. 106. С. 241-251. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2024.106.241-251>
7. Черніков О.В., Назарько О.О., Усенко І.С. Розробка та впровадження бібліотеки додатків до пакету Autodesk Inventor *Прикл. геометрія та інж.*

References

1. Autodesk® Inventor® Help System. URL: <https://help.autodesk.com/view/-INVNTOR/2023/ENU/> (accessed: 21/10/2024), {in English}.
2. Inventor API User's Manual. URL: <https://help.autodesk.com/view/-INVNTOR/2024/ENU/?guid=UserManualIndex> (accessed: 21/10/2024), {in English}.
3. User Forum Autodesk Inventor. Inventor Programming - iLogic, Macros, AddIns & Apprentice. URL: <https://forums.autodesk.com/t5/inventor-programming-ilogic/bd-p/120> (accessed: 01/03/2024...21/10/2024), {in English}.
4. 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}.
5. Chernikov O.V. Rozshyrennja mozhyvostej 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>
6. Chernikov O.V. Vprovadzhennia novykh standartiv oformlennia konstruktorskoj dokumentatsii v navchalnyi protses ta vyrobnytstvo [The Implementation of New Standards for Design Documentation in the Educational Process and Manufacturing] *Prykl. heometriia ta inzh. hrafika – Applied geometry and engineering graphics. K.: KNUBA, 2024. Vyp. 106. Pp. 241-251.* DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2024.106.241-251> {in Ukrainian}.
7. Chernikov O.V., Nazarko O.O., Usenko I.S. Rozrobka ta vprovadzhennia biblioteki dodatkov do paketu Autodesk Inventor [Development and Implementation of the Add-on Library for the Autodesk Inventor Package] *Prykl. heometriia ta inzh. hrafika – Applied geometry and engineering graphics. K.: KNUBA, 2024. Vyp. 104. Pp. 190-200.* DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2023.104.190-200> {in Ukrainian}.

Dr.Sci. (Eng.), prof. **Oleksandr Chernikov**,
av4erni@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6636-4566
Kharkiv National Automobile and Highway University

Dr.Sci. (Eng.), prof. **Valerii Usenko**,
valery_usenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4937-6442
National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”

Ph.D., assoc. prof. **Iryna Usenko**,
irina__usenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6217-4423,
National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”

MODELING AND DESIGN OF DRAWINGS OF PARTS WITH ELEMENTS OF SPLINES JOINTS IN AUTODESK INVENTOR PACKAGE

The work continues the previous research and developments on expanding the capabilities of computer modeling and adapting the tools of relevant software packages (primarily Autodesk Inventor) for the development of design documentation in accordance with the requirements of current standards. The purpose of this work is to develop and implement such tools into design and training practice that would simplify the designation and display of common structural elements of parts in accordance with modern requirements for models. In particular, according to Model-Based Definition (MBD) technology, it is an approach to creating 3D models in such a way that they contain all the data necessary for their manufacture and control. With MBD, the model becomes the source document that guides all further engineering activities.

This paper discusses and proposes possible solutions for the design of spline elements, primarily for the semi-automatic display of their main parameters in the notation both on the model and on the drawings. Another aspect of the work is related to the automation of construction a simplified display of these structural elements (a similar approach can also be applied to gear joints) on drawings.

To solve the tasks, the capabilities of the built-in programming language iLogic/VBA/VB.NET and the study of the database of models and assemblies with the corresponding elements were used. The developed tools were tested during classes with students and their convenience was proved.

Keywords: computer modeling; Model-based definition; standardization; structural elements; splines; Autodesk Inventor; API.