

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-288-2-61-67>

УДК 004.92[621:744]

ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ AUTOCAD ПРИ ВИВЧЕННІ ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Карпюк Л.В., Давіденко Н.О., Кобзарев Є.О.

PARAMETRIC MODELING IN THE AUTOCAD ENVIRONMENT IN THE STUDY OF TECHNICAL DISCIPLINES

Karpiuk L.V., Davidenko N.O., Kobzarev E.O.

Важливий інтерес представляє використання графічної системи AutoCAD у пошуках нових підходів до вивчення різних дисциплін, де візуалізація процесу знаходження рішення пропорційна сприйняттю інформації слухачем курсу (особливо важливо для викладання графічних дисциплін). Параметричне креслення – це технологія, що застосовується в проєктах із залежностями, які являють собою зв'язки й обмеження стосовно 2D-геометрії. А стадії проєктування залежності дають можливість посилити вимоги під час роботи з різними проєктними рішеннями або під час внесення змін. Зміни, що вносяться в об'єкти, можуть призвести до автоматичного підстроювання інших об'єктів і обмежити можливості зміни відстаней або кутових величин. В наданій статті розглянуто питання розробки модуля параметричної побудови твердотільних моделей для графічного редактора AutoCAD 2022. В основі розробки лежить універсальний алгоритм перетворення геометричних моделей у параметричні, що базується на аналізі DXF-файлів. Запропонований підхід дає змогу виконати декомпозицію складної твердотільної моделі та сформувати параметричні описи окремих графічних примітивів, що входять до складу моделі. Модуль призначений для розширення базових можливостей параметричного твердотільного моделювання, реалізованих у графічному редакторі AutoCAD у вигляді динамічних блоків. Одним із основних принципів сучасного інформаційного проєктування є застосування різних блоків, у тому числі параметричних. Це значною мірою прискорює й автоматизує процес створення проєктної документації в системах автоматизованого проєктування, наприклад, в AutoCAD. Усе ж основним недоліком цього інструменту є підтримка лише поверхневих моделей. Створення

твердотільних параметричних моделей за допомогою динамічних блоків в AutoCAD не передбачено. Програма виконана з використанням інтерфейсу прикладного програмування графічного редактора AutoCAD і реалізована у вигляді модуля універсальної автоматизованої інформаційної системи. Модуль дає змогу виконувати параметризацію готових твердотільних моделей для підвищення зручності їх повторного використання. Застосування сформованих за допомогою модуля параметричних моделей дає можливість за короткий час виконати аналіз різних конструктивних схем і уникнути принципових конструкторських помилок. Під час проєктування системи максимально реалізовано принцип модульності, що дає змогу в міру необхідності розширювати її функціонал без істотного коригування раніше створених модулів.

Ключові слова: твердотільні моделі, параметризація, алгоритм, AutoCAD, параметричне моделювання, динамічний блок.

Вступ. Параметричне представлення тривимірних моделей є найбільш ефективним інструментом моделювання на сьогоднішній день. Практично всі сучасні САПР мають ті чи інші засоби параметричного моделювання, як двовимірною, так і тривимірною. В AutoCAD інструментарій параметричного моделювання реалізовано у вигляді динамічних блоків, що дають змогу створювати параметричні поверхневі моделі.

Якщо якийсь елемент зображення повторюється на кресленні багаторазово, його доцільно виконати як блок. Блок – це набір об'єктів, які згруповані в єдиний іменований

об'єкт, що зберігається у файлі кресленика і доступний для редагування. До складу блоку можуть входити графічні примітиви (відрізки, полілінії, кола тощо) і текст, який називається атрибутом [1–3]. Блоки для AutoCAD – це посилання в область даних файлу, де лежить сам опис блоку. Саме тому їхнє використання суттєво скорочує розмір файлу, а отже, ресурси та час.

При цьому актуальним залишається завдання параметризації вже наявних твердотільних моделей.

Викладення основного матеріалу. За експертними оцінками, до вісімдесяти відсотків вузлів і деталей виробів, що знову розробляються, не зазнають істотних змін у конфігурації, відбувається лише зміна їхніх геометричних параметрів. Безліч конструкторських САПР дають змогу модифікувати виріб, який проектується, і повторно використовувати його вже з новими параметрами, але є також низка систем (AutoCAD, ProgeCAD тощо), які не мають повноцінних засобів параметричної побудови моделей. Розробка автоматизованої системи параметричного моделювання з використанням твердотільних моделей на базі AutoCAD дає змогу розв'язати проблему параметризації моделей для цієї системи.

Одним із найнеефективніших типів 3D-моделей, які використовують у конструкторських САПР, є твердотільна модель об'єкта, що дає змогу створювати просторову модель об'єкта і генерувати за нею повний набір графічної конструкторської документації. Такі моделі можуть бути передані в будь-яку розрахункову програму для аналізу міцності або інших властивостей деталі.

У графічному редакторі AutoCAD, починаючи з версії 2006, засоби параметричного моделювання представлені динамічними блоками. Динамічні блоки – це параметричні графічні примітиви, що дають змогу динамічно змінювати певні параметри за допомогою операцій зі спеціальними трикутними «ручками». Користувач може не тільки створювати компактні бібліотеки з параметричними графічними блоками, а й налаштовувати їх «за місцем». Наразі перетворення в динамічні блоки можливе тільки на основі двовимірних блоків, що істотно звужує перелік завдань, що виконуються, і обмежує можливості використання тривимірного моделювання.

Модуль формування параметричних моделей на базі AutoCad. На практиці проєктувальнику дуже часто доводиться мати справу з моделями, що мають однакові конфігурації, але відрізняються геометричними пропорціями і розмірами. Для підвищення ефективності розв'язання цього завдання призначено автоматизований модуль генерації параметричних твердотільних моделей, реалізований у складі універсальної автоматизованої інформаційної системи, представленої на рис. 1.

Модуль побудови параметричних тривимірних моделей найтісніше взаємодіє з блоком, що забезпечує роботу з графічними базами даних (ГБД), оскільки майже вся необхідна інформація для побудови моделей розташовується в базі даних. [4–6].

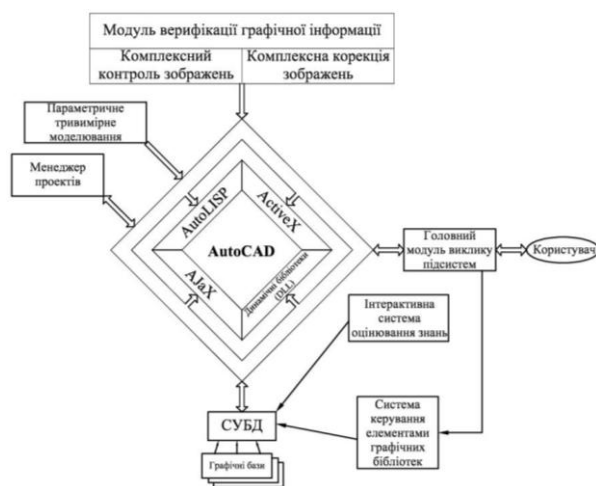


Рис. 1. Функціональна взаємодія модулів універсальної автоматизованої інформаційної системи

Нижче перераховані основні функціональні можливості модуля:

- витяг із ГБД якісної (розміри, матеріал) і кількісної (перелік деталей) інформації про тривимірну модель;
- витяг із ГБД графічної інформації, представленої у вигляді растрового зображення тривимірної моделі;
- побудова параметричної моделі на основі отриманої інформації (таблична параметризація);
- зміна геометричних пропорцій зі збереженням конфігурації по 3-х осях (функція масштабування);
- коригування отриманої інформації та побудова на основі нових даних параметричної моделі (геометрична параметризація);

- візуалізація параметричних моделей у режимі попереднього перегляду;
- експорт параметричних моделей у систему графічного проектування AutoCAD;
- аналіз кресленика, в який здійснюється експорт моделі (типи шарів, типи ліній, товщина ліній тощо);
- можливість завдання у параметричній моделі таких властивостей як: шар, тип і товщина ліній тощо;
- можливість розміщення параметричної моделі на новому шарі з автоматичним створенням цього шару.

Після вилучення геометричної моделі з ГБД, робота з нею може вестися в одному з режимів, перерахованих на рис. 2.

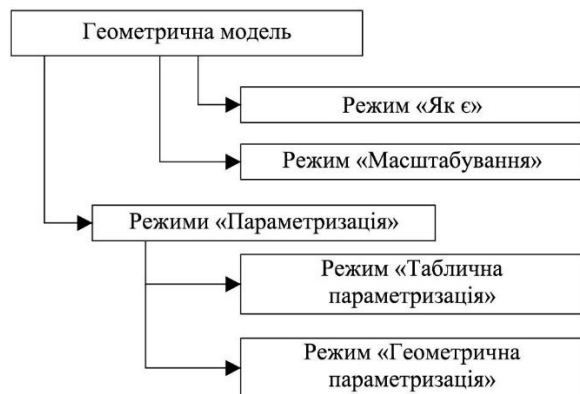


Рис. 2. Варіанти використання геометричної моделі

Модель можна використовувати без будь-яких змін у режимі «Як є», тобто, після вибору моделі з бази даних вона безпосередньо експортується у відкритий в графічному редакторі AutoCAD кресленик для подальшої роботи з нею.

Режим «Масштабування» передбачає, що модель може бути пропорційно збільшена або зменшена за однією, кількома або всіма координатними осями (X, Y, Z). Цей режим дає змогу змінити тільки геометричні розміри моделі загалом, геометричні пропорції зберігаються.

Режим «Параметризація» є основним режимом модуля. Саме під час його використання відбувається перехід від геометричної моделі до параметричної. Цей режим надає можливості як табличної, так і геометричної параметризації.

Важливою відмінністю режиму «Параметризація» від режиму «Масштабування» є те, що під час масштабування змінюються геометричні пропорції всієї деталі цілком, і вона або

зменшується/збільшується (однаковий коефіцієнт за трьома осями), або розтягується (різні коефіцієнти).

Під час параметризації також зберігається загальна геометрична конфігурація, але з'являється можливість часткової її трансформації завдяки зміні розмірів або кількості окремих деталей у кінцевому виробі, аж до повного їхнього виродження або заміни на інші аналогічні.

Режими параметризації, представлені в модулі, є найпоширенішими нині [3]. Табличний тип параметризації – це базовий тип, який є невід'ємною частиною будь-якої системи, пов'язаної з параметричним моделюванням. Модель створюється на основі таблиці параметрів. У розробленій програмі ці параметри витягуються з бази даних. Потім ці дані піддаються перевірці на коректність і повноту. Якщо дані не відповідають висунутим вимогам, то здійснюється повторний запит до бази даних. Якщо перевірка пройшла успішно, то користувачеві надають вибір: або згенерувати остаточну модель і експортувати її в графічний редактор AutoCAD, або в режимі попереднього перегляду побачити модель, що вийшла, оцінити її, а потім вирішити, чи варто експортувати, чи ні.

Другий тип параметризації є гнучкішим і потужнішим механізмом реалізації необхідних завдань, що робить його складнішим як з погляду математичних розрахунків, так і з боку програмної реалізації. Але, зрештою, геометричний тип параметризації зводиться до табличного (як і будь-який інший тип параметризації), оскільки будь-яка модель перебудовується за низкою певних значень, а ця низка і є таблиця параметрів, що характеризують модель. До перевірки на коректність і повноту додається перевірка геометричних розмірів і пропорцій, щоб уникнути отримання принципово некоректних моделей.

Після проходження всіх перевірок користувач може, як і у випадку з табличною параметризацією, або експортувати отриману модель в AutoCAD і вже засобами цього редактора продовжити роботу, або скористатися функцією попереднього перегляду моделі. Схему описаного алгоритму наведено на рис. 3.

Отже, створення параметричної тривимірної моделі під час використання стандартних засобів AutoCAD передбачає виконання такого набору дій:

– створення динамічного двовимірного блоку, що визначає контур деталі; при цьому можливе використання як геометричної, так і табличної параметризації;

– виконати витягування або видавлювання асоціативної поверхні, заданої динамічним блоком, із подальшим замиканням нижньої та верхньої поверхонь контурів.

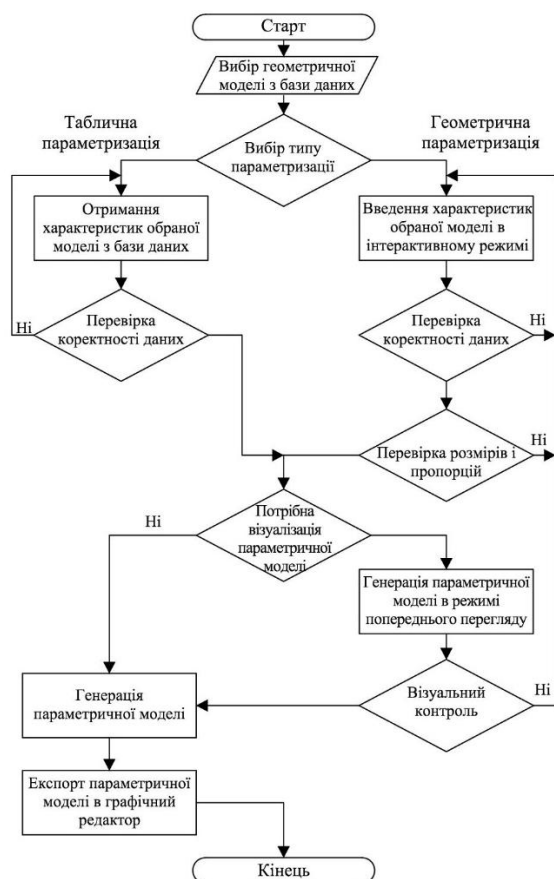


Рис. 3. Формування моделей з різними типами параметризації

При цьому перетворення блоку в твердотільний об'єкт призводить до втрати параметрично заданих характеристик. Процедура створення поверхневої моделі на базі динамічного блоку наведено на рис. 4.

Формування параметричної твердотільної моделі з використанням розробленого модуля починається з пошуку кресленика в графічній базі даних, у якій зберігається інформація про всі кресленики, що знаходяться на комп'ютері користувача. У базі даних реалізовано функцію пошуку кресленика за конфігурованим набором критеріїв, що дає змогу істотно підвищити ефективність цієї процедури.

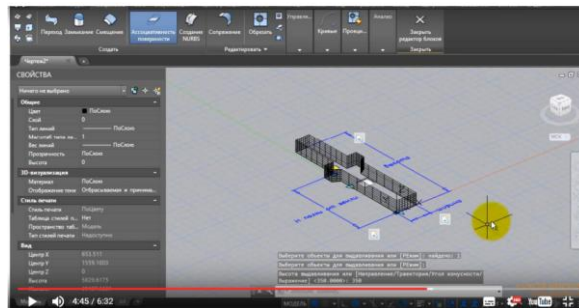


Рис. 4. Створення поверхневої моделі на базі динамічного блоку

Після пошуку і вибору потрібної моделі проводиться її відкриття в AutoCAD. Потім можливе використання одного з режимів обробки, наведених на рис. 2. Залежно від обраного режиму проводиться налаштування різних властивостей моделі, починаючи від зміни масштабу і закінчуючи зміною геометрії окремих деталей моделі.

Для виконання параметризації моделі використовується вікно «Побудова параметричних моделей», що дає змогу створити нову параметричну модель або коригувати параметри вже наявних параметричних моделей із подальшою їх генерацією (рис. 5).

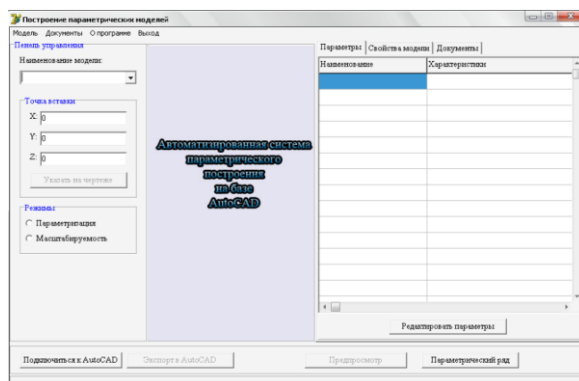


Рис. 5. Вікно «Побудова параметричних моделей»

Поле «Найменування моделі» призначене для відображення назви поточної моделі, а також вибору моделі з бази даних.

Координати моделі відображаються в блоці «Точка вставки» і задаються вручну, за допомогою введення значень у поля X, Y і Z, або вказуються в інтерактивному режимі на кресленику. Блокування з кнопки «Вказати на кресленику» знімається після підключення модуля до редактора AutoCAD.

Слід зазначити, що доки користувач не здійснив вибір моделі, більшість елементів керування на формі будуть недоступні.

У блоці «Режими» вибирається тип використання геометричної моделі. Активація режиму «Параметризація» призведе до появи блоку з режимами «Таблична параметризація» і «Геометрична параметризація», а вибір режиму «Масштабованість» призводить до появи блоку «Масштаб по осях» (рис. 6).

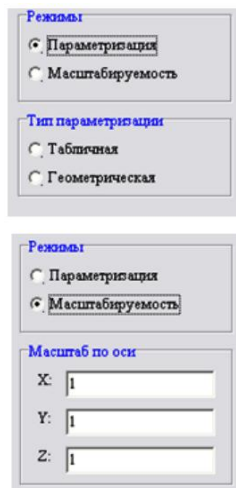


Рис. 6. Вибір режиму параметризації

Початкове заповнення параметрів моделі, що створюється, здійснюється на основі аналізу DXF-файлу моделі, що містить пари кодів і асоційованих значень [4]. Коди визначають типи значень, що йдуть за ними. Пари кодів і значень утворюють секції, що складаються з окремих записів. Серед цих записів містяться відомості і про геометричну модель зі складовими її примітивами. Ці дані містяться в секції ENTITIES, що містить усі графічні об'єкти в кресленнику.

Інформація про примітиви, яка використовується для подальшого аналізу кресленника і містить координати точки вставки примітивів та їхні геометричні розміри (довжина, ширина, висота тощо), заноситься в таблицю «Аналіз геометричної моделі» (рис. 7). На підставі цих даних формується параметричний опис моделі.

Після отримання всіх даних про примітиви геометричної моделі та зведення їх у таблицю, необхідно порівняти їх з реальними деталями. Найменування деталі заноситься в праву колонку навпроти відповідного примітиву. Щоб зафіксувати ці зв'язки, слід натиснути кнопку «Ініціалізація примітивів». Отриману параметричну модель у вигляді набору

параметрів можна зберегти для подальшого використання.

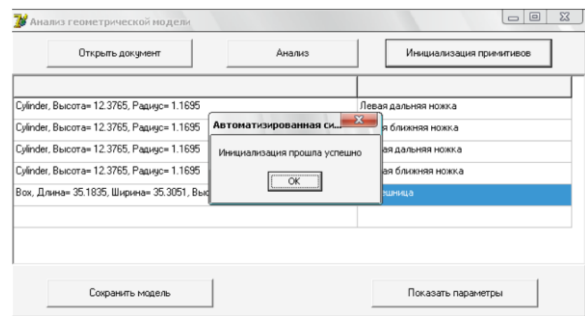


Рис. 7. Результати аналізу геометричної моделі

Редагування параметрів елементів моделі здійснюється у вікні «Параметри», наведеному на рис. 8.



Рис. 8. Вікно редагування параметрів моделі

Висновки. Аналіз функціональних можливостей розробленого модуля дає змогу стверджувати, що його використання дасть змогу значно підвищити ефективність системи AutoCAD у частині параметричного моделювання. Гнучкі та потужні засоби параметричного моделювання твердотільних об'єктів, представлені в розробленому модулі, здатні ефективно доповнити функціонал динамічних блоків AutoCAD.

Можливості нових версій AutoCAD називають справжнім технологічним проривом, який гідно оцінять мільйони користувачів цього програмного продукту. AutoCAD став параметричним, і тепер за будь-яких змін між об'єктами підтримуються задані користувачами взаємозв'язки. Це дає змогу значно скоротити час на внесення змін до проєктів. Поява інструментів роботи з довільними формами забезпечує можливість створювати й аналізувати найскладніші тривимірні об'єкти. Усі перелічені вище переваги та функції графічного редактора можуть бути використані в процесі вивчення графічних дисциплін як для слухачів на стаціонарі, так і бути вельми ефективними під час дистанційного навчання, а також можуть бути застосовані для самоосвіти.

Таким чином, викладене вище вказує на важливість вивчення параметризації при підготовці студентів технічних спеціальностей.

Параметричне моделювання може ефективно застосовуватися у процесі підготовки курсових та дипломних проєктів. Так, при створенні 3D-моделі різних конструкцій на основі динамічних блоків з'являється можливість не тільки автоматичного отримання всіх необхідних видів, розрізів і перерізів, але і формування специфікацій за допомогою вилучення атрибутів блоків, що є складовими елементами конструкції. При цьому необхідно розуміти, що ефективне використання інструментів параметризації можливе лише за умови глибокого розуміння геометричної суті цих процесів і великої логічної роботи, до яких має бути підготовлений студент у процесі початкової геометро-графічної підготовки.

Література

- 1 Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. Інженерна та комп'ютерна графіка. Підручник. Київ: Каравела, 2012. 368 с.
- 2 Параметризація в AutoCAD 2015. видео-урок <https://compteacher.net/engineering/autocad>
- 3 Гнітецька Т. В., Гнітецька Г. О., Пустовіт Є. О. Використання динамічних блоків для створення електронних бібліотек зображень типових кріпильних елементів ресурсами AutoCAD / Прикладна геометрія та інженерна графіка, № 100, 2021. С.100-109.
- 4 Гнітецька Т. В., Гнітецька Г. О. Метод «скелетних конструкцій» для спрощення процесу параметризації в AutoCAD. Прикладна геометрія та інженерна графіка, 2021. С.45-54.
- 5 Карпюк Л. В., Гуліда М. І., Ревенко С. А. Комп'ютерна графіка в машинобудівних кресленнях: навч. посібник. Луганськ : Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2007. 132 с.
- 6 Антонович Є. А., Василюшин Я. В., Шпільчак В. А. Креслення : Навч. посібник. Львів : Світ, 2006. 512 с.

References

- 1 Mykhailenko V. Ye., Vanin V. V., Kovalov S. M. Inzhenerna ta kompiuterna hrafika. Pidruchnyk. Kyiv: Karavela, 2012. 368 p.
- 2 Parametryzatsiya v AutoCAD 2015. vydeo-urok <https://compteacher.net/engineering/autocad/2057-parametryzatsiya-v-autocad-2015-video-urok.html>
- 3 Hnitska T. V., Hnitska H. O., Pustovit Ye. O. Vykorystannia dynamichnykh blokov dlia stvorennia elektronnykh bibliotek zobrazen typovykh kripilnykh elementiv resursamy AutoCAD. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika, No 100, 2021. Pp.100-109.

- 4 Hnitska T. V., Hnitska H. O. Metod «skeletnykh konstrukttsii» dlia sproshchennia protsesu parametryzatsii v AutoCAD. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika, 2021. Pp.45-54.
- 5 Karpiuk L. V., Hulida M. I., Revenko S. A. Kompiuterna hrafika v mashynobudivnykh kreslenniakh: navch. posibnyk. Luhansk : Vyd-vo SNU im. V. Dalia, 2007. 132 p.
- 6 Antonovych Ye. A., Vasylyshyn Ya. V., Shpilchak V. A. Kreslennia : Navch. posibnyk. Lviv : Svit, 2006. 512 p.

Karpiuk L. V., Davidenko N. O., Kobzarev E.O. Parametric modeling in the AutoCAD environment in the study of technical disciplines

Of great interest is the use of the AutoCAD graphic system in the search for new approaches to the study of various disciplines, where the visualization of the process of finding a solution is proportional to the perception of information by the course student (especially important for teaching graphic disciplines). Parametric drawing is a technology used in projects with dependencies, which are relationships and constraints on 2D geometry. And the dependency design stages make it possible to tighten the requirements when working with different design solutions or when making changes. Changes made to objects can lead to automatic adjustment of other objects and limit the ability to change distances or angular values. This article discusses the development of a module for the parametric construction of solid models for the AutoCAD 2022 graphic editor. The development is based on a universal algorithm for converting geometric models into parametric models based on the analysis of DXF files. The proposed approach makes it possible to decompose a complex solid-state model and generate parametric descriptions of individual graphical primitives that make up the model. The module is designed to extend the basic capabilities of parametric solid modeling implemented in the AutoCAD graphic editor in the form of dynamic blocks. One of the basic principles of modern information design is the use of various blocks, including parametric ones. This greatly speeds up and automates the process of creating project documentation in computer-aided design systems, such as AutoCAD. However, the main drawback of this tool is that it only supports surface models. The creation of solid parametric models using dynamic blocks is not provided in AutoCAD. The program was developed using the application programming interface of the AutoCAD graphic editor and implemented as a module of a universal automated information system. The module allows you to parameterize ready-made solid models to increase their reusability. The use of parametric models generated by the module makes it possible to analyze various design schemes in a short time and avoid fundamental design errors. The system was designed to maximize the modularity principle, which allows expanding its functionality as needed without significantly adjusting previously created modules.

Keywords: *solid-state models, parameterization, algorithm, AutoCAD, parametric modeling, dynamic block.*

Карпюк Людмила Вікторівна – старший викладач кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, karp224@gmail.com

Давіденко Наталія Олександрівна – старший викладач кафедри іноземних мов та професійної комунікації, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, nat.davidenko11@gmail.com

Кобзарев Є.О. Валерій Васильович – аспірант кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, asp-174-23-21@snu.edu.ua

Стаття подана 11.03.2025.