

Efektywne projektowanie maszyn z wykorzystaniem funkcji "i" Autodesk Inventor

Data wpłynięcia do Redakcji: 05/2024
Data akceptacji przez Redakcję do publikacji: 09/2024

2024, volume 13, issue 1, pp. 31-40

Łukasz Bołoz
AGH w Krakowie, Poland



Streszczenie: Programy typu CAD (Computer Aided Design) są podstawowym narzędziem pracy konstruktora wszelkiego rodzaju maszyn i urządzeń. Programy te przede wszystkim pozwalają na projektowanie w 3D oraz tworzenie związanej z modelem dokumentacji technicznej. Projektowanie w 3D pozwala na tworzenie elementów i złożeń przy jednoczesnej weryfikacji wielu cech fizycznych i użytkowych projektu oraz eliminowaniu błędów typu kolizje geometryczne. W trakcie projektowania nierzadko występują powtarzające się elementy. Mogą to być fragmenty pojedynczej części, całe części lub też złożenia. Wychodząc naprzeciw konstruktorom, programy typu CAD posiadają funkcje ułatwiające automatyzację projektowania, w tym tworzenie rodzin części i złożeń oraz typoszeregów. W programie Autodesk Inventor Professional dostępne są funkcje iFeature, iPart, iMate, iAssembly, iLogic oraz iCopy, które znacząco ułatwiają oraz przyspieszają projektowanie. W artykule przedstawiono, na wybranych przykładach, praktyczne zastosowanie funkcji „i” programu Autodesk Inventor Professional w projektowaniu maszyn i urządzeń.

Słowa kluczowe: CAD, CAE, modelowanie parametryczne, iLogic, Autodesk Inventor, modelowanie automatyczne

WPROWADZENIE

Projektowanie maszyn i urządzeń często wymaga opracowywania zupełnie nowych rozwiązań. Częste zmiany oraz małoseryjna lub niemal jednostkowa produkcja wymagają, aby proces projektowania przebiegał szybko i sprawnie. Wyprodukowane maszyny, które nierzadko są prototypami, praktycznie od razu przeznaczone są do pracy w warunkach przemysłowych. Wszelkie błędy konstruktorskie lub montażowe są niedopuszczalne, a ich wystąpienie pociąga za sobą konsekwencje finansowe. Naprzeciw wysokim wymaganiom obecnego rynku wychodzą nowoczesne programy typu CAx, wspierające prace projektowe. Podstawowymi programami w codziennej pracy konstruktora są programy typu CAD (Computer Aided Design) oraz CAE (Computer Aided Engineering).

Typowe programy CAD, jak Catia, NX, Creo, Inventor, wspomagają prace projektowe w tym projektowanie parametryczne. Programy CAD często posiadają elementy CAE i pozwalają na przeprowadzanie analiz obciążeń czy analiz wytrzymałościowych (Wang i in., 2008) (Zhang, 2005), (Nikulín i in., 2016). Programy CAx są potężnymi narzędziami o ogromnych możliwościach.

Numeryczne metody rozwiązywania modeli fizycznych dotyczą różnych zagadnień, nie tylko wytrzymałości materiałów i symulacji kinematycznych i dynamicznych, ale również analizy materiałów sypkich, przepływu ciepła, przepływu płynów czy magnetyzmu.

Wykorzystanie zaawansowanych metod projektowania jest przedmiotem wielu prac, różnych autorów. Znaleźć można artykuły, w których przekrojowo przedstawiono zastosowanie różnych narzędzi informatycznych wykorzystywanych w projektowaniu maszyn dla górnictwa rudnego (Bołoz, 2020). Kolejne dotyczą projektowania organów urabiających kombajnów ścianowych przy wykorzystaniu iLogic (Bołoz, 2019), (Bołoz & Castañeda, 2018). Coraz częściej można spotkać się również z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi programów CAD (Regassa Hunde & Debebe Woldeyohannes, 2022), (Pokojski i in., 2022), (Bilancia i in., 2019), (Drobny & Hetmańczyk, 2012), również w połączeniu z programowaniem (Long i in., 2021).

PROJEKTOWANIE 3D

Programy typu CAD są podstawowym narzędziem stosowanym przez konstruktorów na różnych etapach projektowania. Różnorodność tych programów oraz ich możliwości pozwalają na znalezienie odpowiedniego rozwiązania dla każdego zastosowania. Programy typu CAD oferują szereg możliwości ułatwiających projektowanie. Każdy użytkownik takiego programu korzysta z wielu podstawowych możliwości, którymi są:

- modelowanie 3D – tworzenie pojedynczych części 3D o różnym stopniu skomplikowania i szczegółowości,
- złożenia 3D – łączenie części w postaci mechanizmów lub zespołów nieruchomych, w tym spawanych,
- biblioteki – korzystanie z części i zespołów znormalizowanych i standardowych, jak również bibliotek wbudowanych czy oferowanych przez producentów,
- analiza kolizji – wykrywanie kolizji w złożeniach, również z uwzględnieniem pełnego zakresu ruchu,
- analiza części i złożzeń – określanie masy, objętości, powierzchni, wyznaczanie położenia środka ciężkości, momenty przekrojów i brył,
- dokumentacja 2D – tworzenie powiązanej z obiektem 3D i aktualizowanej automatycznie dokumentacji części i złożzeń.

Wielu konstruktorów wykorzystuje również dodatkowe możliwości czy moduły uwzględniające między innymi:

- konstrukcje blachowe – modelowanie konstrukcji z blach giętych i/lub tłoczonych lub przekształcanie standardowych części, gdzie najważniejszą zaletą jest możliwość uzyskania rozwinięcia, które jest bazą do wycięcia kształtu,
- konstrukcje ramowe – tworzenie ram z profili znormalizowanych, szybkie docinanie, analizy wytrzymałościowe, podmiana przekroju profilu,

- moduły wiązek i przewodów – szybkie wstawianie rur, przewodów i wiązek przewodów razem z końcówkami,
- generatory węzłów i części maszyn – pozwalają na dobór, obliczenia oraz wygenerowanie modelu lub dobranie elementów: przekładni mechanicznych, wałków, łożysk, sprężyn, połączeń śrubowych i innych.
- renderingi i animacje – tworzenie profesjonalnych zrzutów oraz animacji przedstawiających działanie oraz animacji montażowych i dokumentacji montażowych,
- inne moduły i narzędzia – parametryzacja i automatyzacja, części z tworzyw sztucznych, formy wtryskowe, modelowanie powierzchniowe i wiele innych.

Na przykładzie programu Autodesk Inventor warto zwrócić uwagę na rzadziej wykorzystywane, a bardzo potężne, przyspieszające i ułatwiające pracę narzędzia do parametryzacji i automatyzacji projektów. Praca na modelach i zespołach parametrycznych możliwa jest dzięki takim funkcjom jak iFeature, iPart, iAssembly wraz z iMate. Funkcja iFeature ułatwia tworzenie powtarzających się fragmentów pojedynczej części, bez konieczności tworzenia szkiców i wymiarowania. Funkcja iPart służy do generowania kolejnych części tworzących rodzinę, na przykład typoszereg wielkości siłowników hydraulicznych. Funkcja iAssembly pozwala na tworzenie rodziny złożeń, które wykorzystują części iPart. Natomiast iMate pozwala na szybkie tworzenie wiązań części zespołów ze sobą. Jedną z funkcji, która jest bez wątpienia najbardziej rozbudowana w kontekście projektowania parametrycznego, jest iLogic. Zasada działania iLogic polega na tworzeniu reguł, które pozwalają zdefiniować warunki logiczne, równania i automatyczne czynności rutynowe w ramach części, złożenia lub rysunku dokumentacji technicznej. Reguły pisane są w języku Visual Basic .NET. Tworząc prosty skrypt i korzystając z odpowiednich operatorów można wpływać na parametry i cechy danego obiektu za pomocą intuicyjnego formularza. Funkcja ta umożliwia standaryzację i automatyzację projektowania przez tworzenie modeli, złożeń i dokumentacji w sposób parametryczny jak również ponowne wykorzystanie wcześniej wykonanych prac, mimo że nie powstawały na potrzeby iLogic. Do tworzenia rodziny konstrukcji stosowane jest również narzędzie iCopy, które po zdefiniowaniu wzorca, warunków brzegowych w postaci ścieżek oraz podziałki generuje automatycznie nowe części i złożenia. Na rys. 1 przedstawiono symbole tych funkcji w Autodesk Inventor Professional 2022.

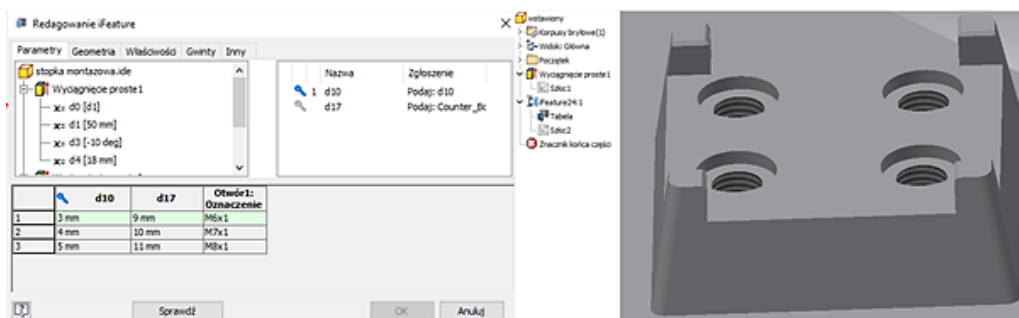


Rys. 1 Symbole funkcji „i” w Autodesk Inventor

FUNKCJA iFEATURE

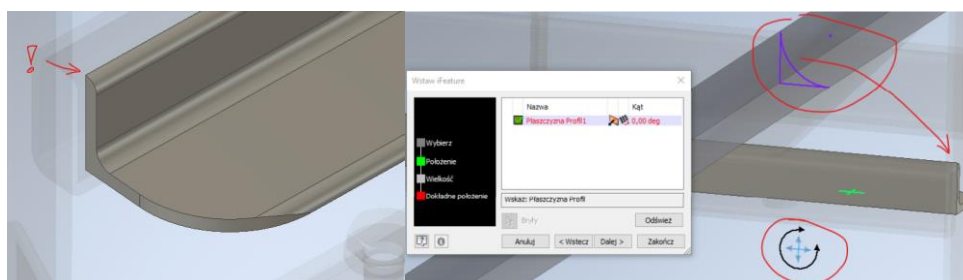
Funkcja iFeature jest szczególnie przydatna przy tworzeniu powtarzających się elementów części, nawet jeżeli są one wyjątkowo proste, ale wymagają

wielokrotnego rysowania i wymiarowania szkiców. Na rys. 2 przedstawiono przykład z złożonego gniazda montażowego. Element taki stanowi jednocześnie typoszereg wielkości przypisany do rozmiaru gwintowanego otworu montażowego. Zamodelowanie takiego gniazda wymaga wykonania wielu szkiców i operacji, a dzięki iFeature wystarczy raz skonfigurować element i następnie można wielokrotnie wybrać wielkość oraz położenie.



Rys. 2 Przykład funkcji iFeature

Ciekawe zastosowanie iFeature przedstawiono na rys. 3. Elementem tworzonym jest zaokrąglenie o określonym promieniu. W przypadku wykonywania zaokrąglenia na kątowniku znormalizowanym konieczne jest wykonanie i zwymiarowanie szkicu. Ze względu na ciągłość krawędzi kątownika nie ma możliwości zastosowania operacji „zaokrągl”. Jest to przykład prostego elementu, który jest powtarzany wielokrotnie, przez co jest czasochłonny. Zastosowanie iFeature wymaga jedynie wybrania płaszczyzny, wierzchołka oraz ewentualnie kąta obrotu (rys. 3).

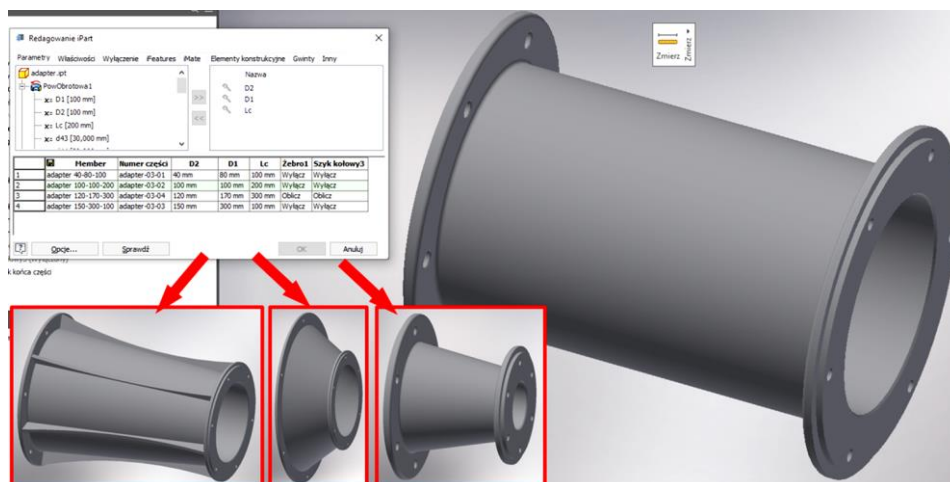


Rys. 3 Zastosowanie funkcji iFeature do tworzenia zaokrąglenia

FUNKCJA iPART

Funkcja iPart służy do generowania rodziny pojedynczych części z jednego pliku. Typowym zastosowaniem funkcji iPart jest generowanie typoszeregu elementów, które różnią się od siebie wielkością. Funkcja iPart może być stosowana do generowania elementów siłowników, sprzęgieł i innych części maszyn, które zazwyczaj występują w różnych wielkościach. Jednak zastosowanie możliwości włączania i wyłączania poszczególnych operacji w ramach pojedynczej części rozszerza zastosowanie iPart do elementów, które są bardziej zróżnicowane. Przykładem takiego elementu jest adapter do łączenia rur przedstawiony na rys.

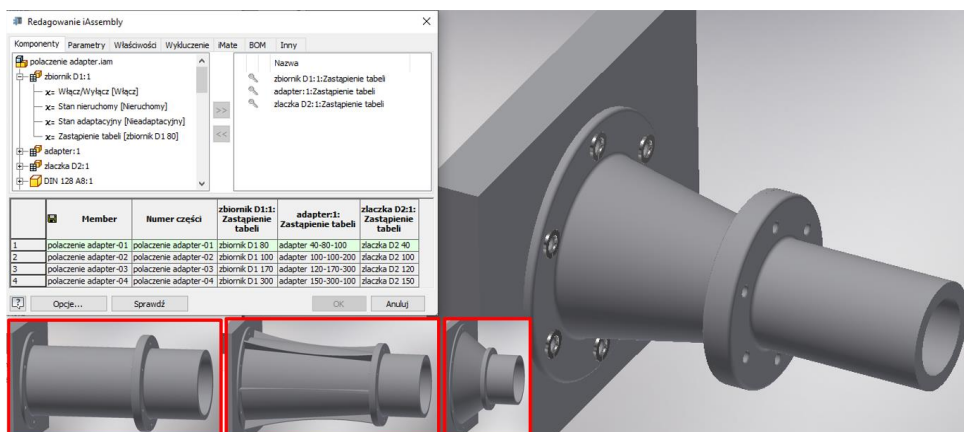
4, gdzie oprócz różnych średnic przyłączy oraz długości całości występuje również uźebrowanie.



Rys. 4 Zastosowanie funkcji iPart

FUNKCJA iASSEMBLY

Funkcja iAssembly ma analogiczne zastosowanie do funkcji iPart, z tym że dotyczy złożeń. Najczęściej iAssembly wykorzystywane jest do generowania rodziny złożeń, których częściami składowymi są elementy iPart. Stąd typowym zastosowaniem jest typoszereg, taki jak całe siłowniki czy sprzęgła. Na rys. 5 przedstawiono przykład zastosowania iAssembly, w którym wykorzystano zaprezentowany wcześniej adapter.

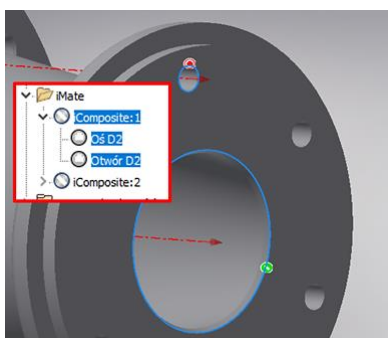


Rys. 5 Zastosowanie funkcji iAssembly

Typowe zastosowanie iAssembly polega na wykonaniu złożeń opartego o części iPart i wskazaniu, który element z tabeli iPart ma być zastosowany w danym złozeniu. Oprócz tego poszczególne części można włączać i wyłączać dla danego złozenia.

FUNKCJA iMATE

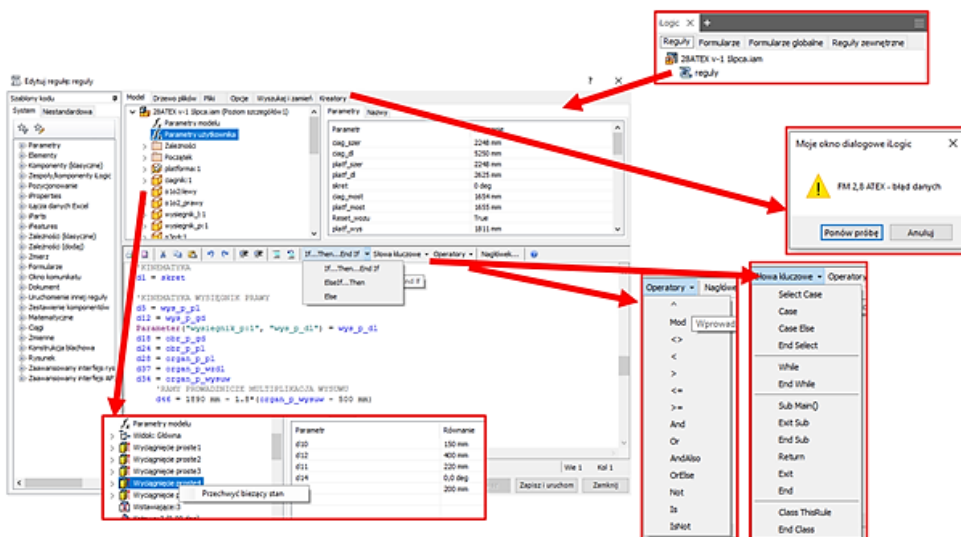
Funkcja iMate służy do przygotowania wiązań elementów ze sobą. Za pomocą iMate można przygotować jedno wiązanie lub zestaw wiązań. Przygotowanie iMate pozwala na szybkie łączenie ze sobą części bez konieczności wskazywania typowych elementów jak płaszczyzny, krawędzie czy punkty. Wstawianie wiązań za pomocą iMate sprowadza się do przeciągnięcia symbolu iMate z jednej części na drugą. iMate może być wykorzystywany niezależnie od innych funkcji „i” lub jako element złożenia iAssembly lub iLogic. Na rys. 6 przedstawiono przykładowy zestaw wiązań, tak zwany iComposite, który składa się z dwóch wiązań.



Rys. 6 Zastosowanie funkcji iMate

FUNKCJA iLOGIC

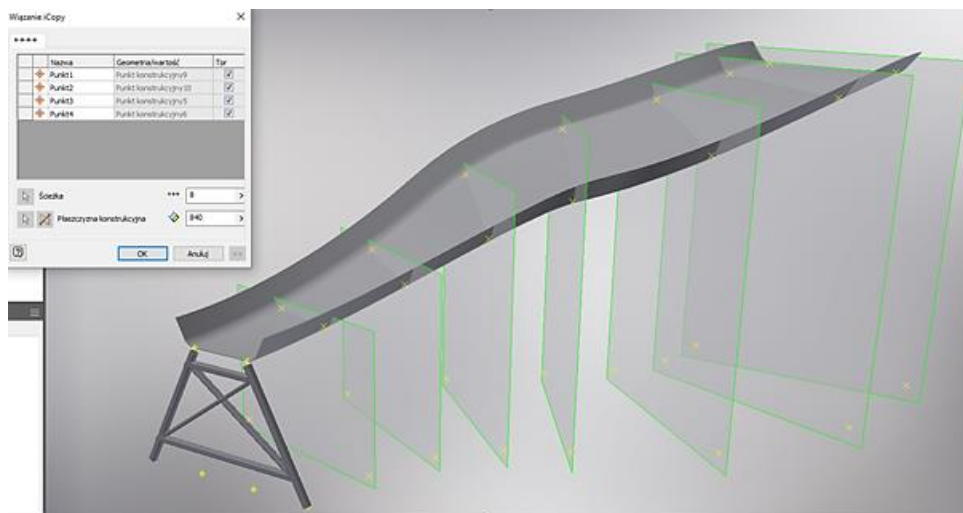
Funkcja iLogic jest najpotężniejszym narzędziem opartym o język programowania VB.NET.



Rys. 7 Tworzenie reguł iLogic

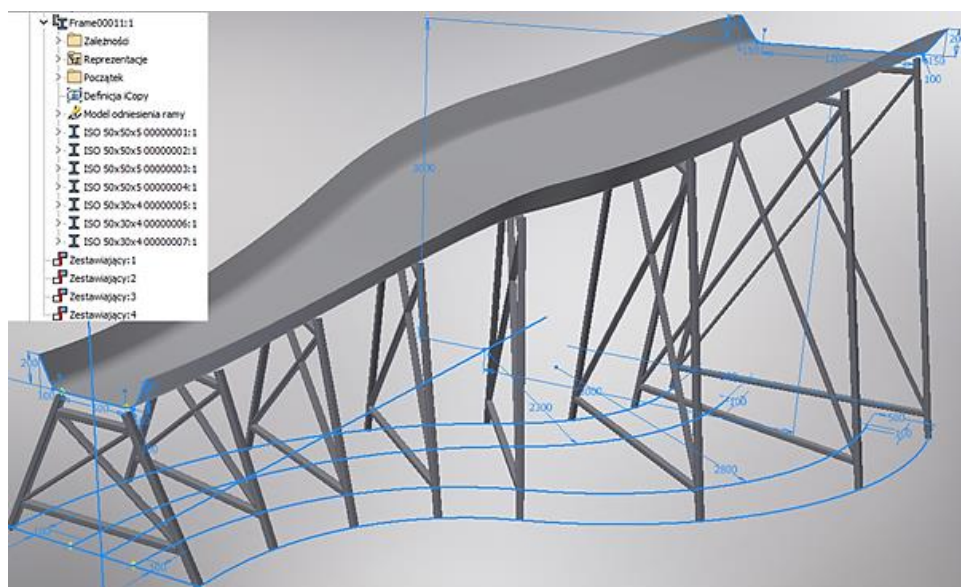
Funkcja iLogic pozwala na zastąpienie funkcji iPart i iAssembly w zakresie generowania rodziny części lub złożenia. Zastosowanie iLogic może dotyczyć nie tylko geometrii i wiązań ale również właściwości jak materiał czy nazwa pliku oraz dokumentacji 2D w bardzo szerokim zakresie dotyczącym na przykład podziałki, położenia rzutu czy wielkości arkusza. Ze względu na duże możliwości

ścieżek, które stanowią prowadnice dla punktów mocowania kolejnych wystąpień kratownicy. Po wskazaniu złożenia bazowego, ścieżek oraz podaniu odległości między kolejnymi podporami czy segmentami Inventor generuje dopasowane złożenia oraz konieczne części. Na rys. 10 przedstawiono przykład zastosowania iCopy.



Rys. 10 Zastosowanie funkcji iCopy

Celem jest stworzenie kolejnych podpór rynnę zsypanej. Autodesk Inventor generuje kolejne podpory we wskazanych płaszczyznach, tak aby każda kolejna podpora miała rozmiar dopasowany do ścieżek. W efekcie, przedstawionym na rys. 11, uzyskujemy zestaw podpór, które są osobnymi złożeniami.



Rys. 10 Efekt zastosowania funkcji iCopy

PODSUMOWANIE

Nowe rozwiązania maszyn i urządzeń czasami są kolejnym krokiem w rozwoju jakiegoś pomysłu, a czasami zupełnie nowym rozwiązaniem. Cyfrowe

prototypowanie pozwala na przeprowadzenie testów wirtualnego modelu, które na rzeczywistym obiekcie byłyby bardzo czasochłonne i drogie, a czasami niemożliwe. Symulacje komputerowe pozwalają na sprawdzanie rozwiązań nowych, nieszablonowych, bez ponoszenia kosztów nieudanego prototypu.

Wyprodukowane maszyny, będące końcowym efektem cyfrowego prototypowania poddawane są różnym testom i badaniom. Na gotowej maszynie przeprowadzane są standardowe próby ruchowe i testy. Testy na obiekcie rzeczywistym pozwalają również na walidację modeli komputerowych oraz zdobywanie doświadczenia, potrzebnego do pewnego i precyzyjnego tworzenia modeli i symulowania zupełnie nowych obiektów, których czasami nie da się poddać badaniom w rzeczywistości.

Wykorzystanie narzędzi „i” do automatyzacji procesu projektowania znacznie ułatwia i przyspiesza prace projektowe w środowisku Autodesk Inventor Professional. W zależności od potrzeb dostępne są różne funkcje wspierające projektowanie tak części i złożeń maszyn i urządzeń.

Cyfrowe prototypowanie rozwija kreatywność, ale jest jednocześnie narzędziem do weryfikowania i odrzucania pomysłów niemożliwych do zrealizowania. Nierzadko te niemożliwe do zrealizowania w danym momencie projekty czekają na odpowiednią technologię i wyznaczają kierunek rozwoju.

LITERATURA

- Bilancia, P., Berselli, G., Bruzzone, L., & Fanghella, P. (2019). A CAD/CAE integration framework for analyzing and designing spatial compliant mechanisms via pseudo-rigid-body methods. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 56, 287–302. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2018.07.015>
- Bołoz, Ł. (2019). Generowanie parametrycznych modeli organów frezujących kombajnów ścianowych. *Modelowanie Inżynierskie*, T. 40, nr 71. <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-9d999cd7-901a-41e8-8495-0c88365ec4a9>
- Bołoz, Ł. (2020). Digital Prototyping on the Example of Selected Self-Propelled Mining Machines. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, 3(1), 172–183. <https://doi.org/10.2478/mape-2020-0015>
- Bołoz, Ł. (2022). Use of the iLogic Autodesk Inventor tool in the process of designing self-propelled drilling rigs. *Mining Machines*, 3, 158–172. <https://doi.org/10.32056/KOMAG2022.3.5>
- Bołoz, Ł., & Castañeda, L. F. (2018). Computer-Aided Support for the Rapid Creation of Parametric Models of Milling Units for Longwall Shearers. *Management Systems in Production Engineering*, 26(4), 193–199. <https://doi.org/10.1515/mspe-2018-0031>
- Drobny, K., & Hetmańczyk, M. (2012). Application of the iLogic technology, implemented in the inventor software, to the realization of a parameterized model of a cylindrical gear – model design and analysis of work correctness. *Selected Engineering Problems*, nr 3. <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-bd23aa0f-0864-480c-8a40-3cdd50a09000>
- Long, X., Li, H., Du, Y., Mao, E., & Tai, J. (2021). A knowledge-based automated design system for mechanical products based on a general knowledge framework. *Expert*

- Systems with Applications, 178, 114960.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114960>
- Nikulin, C., Ulloa, A., Carmona, C., & Creixell, W. (2016). A computer-aided application for modeling and monitoring operational and maintenance information in mining trucks. *Archives of Mining Sciences*, 61(3), 695–708.
- Pokojski, J., Szustakiewicz, K., Woźnicki, Ł., Oleksiński, K., & Pruszyński, J. (2022). Industrial application of knowledge-based engineering in commercial CAD / CAE systems. *Journal of Industrial Information Integration*, 25, 100255.
<https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100255>
- Regassa Hunde, B., & Debebe Woldeyohannes, A. (2022). Future prospects of computer-aided design (CAD) – A review from the perspective of artificial intelligence (AI), extended reality, and 3D printing. *Results in Engineering*, 14, 100478.
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100478>
- Wang, S. H., Melendez, S., Tsai, C. S., & Wu, C. W. (2008). Parametric Design and Design Associability in 3D CAD. *Materials Science Forum*, 594, 461–468.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.594.461>
- Zhang, A. S. J. (2005). Teaching Computer Aided Product Design With Aesthetic Considerations. Volume 3: 25th Computers and Information in Engineering Conference, Parts A and B, 581–584. <https://doi.org/10.1115/DETC2005-85531>

Efficient machine design using Autodesk Inventor's "i" feature

Abstract: CAD (Computer Aided Design) programs are the basic tool for the mechanical designer of all types of machines and devices. These programs primarily allow for 3D design and the creation of technical documentation related to the model. Designing in 3D allows to create elements and assemblies while verifying many physical and functional features of the project and eliminating errors such as geometric collisions. During design, it is not uncommon to encounter repeating, similar elements. These may be fragments of a single part, entire parts or even assemblies. To meet the needs of designers, CAD programs have functions that facilitate design automation, including the creation of families of parts and assemblies as well as series of types. Autodesk Inventor Professional includes several tools like iFeature, iPart, iMate, iAssembly, iLogic and iCopy, which significantly facilitate and accelerate design. The article presents, using selected examples, the practical use of the "i" function of Autodesk Inventor Professional in the design of machines and devices.

Keywords: CAD, CAE, parametric design, iLogic, Autodesk Inventor, automated design

Łukasz Bołoz

AGH University of Krakow
Faculty of Mechanical Engineering and Robotics
Department of Machinery Engineering and Transport
A. Mickiewicza Av. 30, 30-059 Krakow, Poland
e-mail: boloz@agh.edu.pl