

# Modelowanie autogenerujące w systemie SOLIDWORKS w przemyśle meblarskim

## Generative modeling in the SOLIDWORKS on the example of the furniture industry

MICHAŁ KARPIUK  
GABRIELA KISZKA \*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.1.24>

Systemy CAx pozwalają na wzbogacenie modeli geometrycznych CAD wiedzą inżynierską. Powstają w ten sposób zaprogramowane modele zwane autogenerującymi lub zintegrowanymi. Ideą takiego podejścia do modelowania jest zautomatyzowanie rutynowych zadań projektowo-konstrukcyjnych. Omówiono możliwości modelowania autogenerującego w systemie SOLIDWORKS na przykładzie zastosowania w przemyśle meblarskim.

**SŁOWA KLUCZOWE:** CAD, modelowanie autogenerujące

*The capabilities of CAx systems allow to expand CAD models with engineering knowledge. These are programmed models called generative or integrated models. Described is the usage of generative modeling in the SOLIDWORKS on the example of the furniture industry.*

**KEYWORDS:** CAD, generative modeling

Na obecnym etapie rozwoju systemów CAD wspomagających proces projektowania modelowanie geometryczne w postaci reprezentacji obiektów 3D stało się obowiązującym standardem. Jednak potrzeby współczesnego przemysłu oraz różnorodność dostępnych rozwiązań wiążą się z rosnącymi wymaganiami stawianymi projektantom i konstruktorom, dlatego zachodzi potrzeba automatyzacji pracy w systemach CAD, by umożliwić szybkie przeprowadzanie wirtualnych badań produktu [1]. Dotyczy to przede wszystkim przedsiębiorstw zajmujących się produkcją wyrobów wariantowych, w tym firm z liczącego się na świecie polskiego przemysłu meblarskiego.

Aby sprostać zmieniającym się oczekiwaniom rynku, firmy muszą się wykazać elastycznością produkcji, co oznacza gotowość do wprowadzania częstych zmian projektowych [2]. Szacuje się, że znaczna część pracochłonnych zadań projektowych (aż 80%) ma charakter rutynowy [3]. W rezultacie coraz większą wagę przywiązuje się do usprawniania tych procesów.

W klasycznym podejściu projektant w oparciu o wiedzę i doświadczenie określa cechy konstrukcyjne wyrobu, natomiast w przypadku modelowania autogenerującego model jest uzupełniany o wiedzę oraz zyskuje „możliwość”

sterowania cechami konstrukcyjnymi poprzez zmianę odpowiednich parametrów. W modelu zintegrowanym parametry wejściowe nie są określane bezpośrednio przez projektanta, ale poprzez wskazanie parametrów lub cech konstrukcyjnych, z którymi ma nastąpić powiązanie [5]. Takie projektowanie przyspiesza oraz ułatwia modyfikację modelu 3D w systemie CAD.

### Zarządzanie wiedzą w procesie projektowania

Obecnie można zaobserwować wzrost zainteresowania inżynierią wiedzy – interdyscyplinarnym działem nauki, który odnosi się do zagadnień obejmujących metody zbierania i formalizacji szeroko pojętej wiedzy oraz użytecznego jej wykorzystania, np. w doradczych systemach wspierających podejmowanie decyzji [6]. Formalny zapis wiedzy inżynierskiej w połączeniu z nowoczesnymi systemami informatycznymi pozwala na tworzenie tzw. inżynierskich systemów opartych na wiedzy, czyli KBE (*knowledge based engineering*). KBE to zbiór procedur i narzędzi, który ułatwia pozyskiwanie i zapis informacji dotyczących procesów projektowo-konstrukcyjnych [7]. Zbadana i zebrana wiedza wraz z doświadczeniem ekspertów (*know-how*), obejmująca wszystkie aspekty projektu, zostaje przetworzona przez komputer, co usprawnia jej zastosowanie w kolejnych projektach. Formalna charakterystyka zasad postępowania opracowana przez konstruktorów przyczynia się do standaryzacji procesu projektowania i szybszego opracowywania prototypów [3, 5]. KBE wiąże techniki sztucznej inteligencji, programowania zorientowanego obiektowo oraz programy CAD poprzez specyficzne uwzględnienie przebiegu procesu projektowania inżynierskiego [4, 5].

W przeciwieństwie do KBE model autogenerujący powstaje wyłącznie w środowisku narzędzi CAD i jest to model geometryczny o wysokim stopniu parametryzacji, wzbogacony w funkcje automatyzujące proces jego generowania. Funkcje, które automatyzują powstanie takiego modelu, są sterowane przez parametry, zależności matematyczne, tabele projektowe, szablony, reguły, reakcje oraz instrukcje warunkowe reprezentujące wiedzę. Podział pomiędzy bazą wiedzy a modulem wnioskującym nie jest już tak wyraźny jak w systemach KBE. Proces modelowania autogenerującego wymaga od projektanta

\* Dr inż. Michał Karpiuk (karpiuk@mech.pk.edu.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Krakowskiej; mgr inż. Gabriela Kiszka

kompleksowej wiedzy na temat procesu projektowo-konstrukcyjnego tworzonego wyrobu, technik modelowania 3D oraz modułów narzędzi CAD. Bardzo ważna jest również umiejętność formalizacji oraz implementacji wiedzy z wykorzystaniem danego systemu. Proces implementacji wiedzy jest związany z odpowiednim opisaniem wartości cech, relacji pomiędzy nimi oraz procedur mówiących o czynnościach z nich wynikających [8].

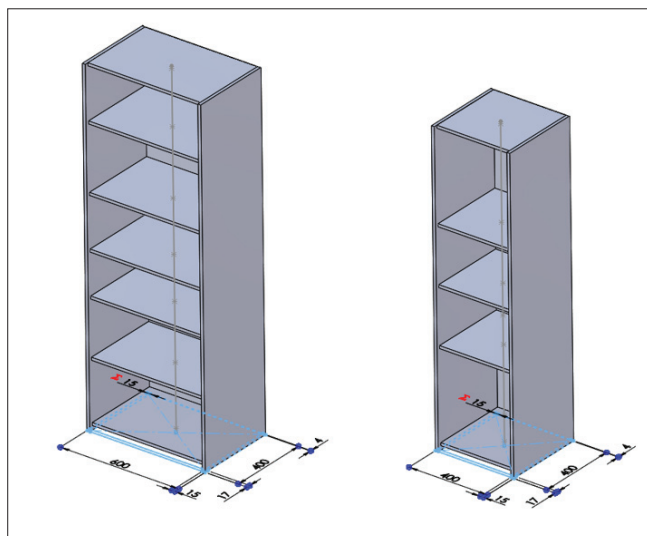
### Weryfikacja możliwości modelowania autogenerującego w systemie 3D CAD SOLIDWORKS

SOLIDWORKS jest cenionym na świecie systemem CAD do parametrycznego modelowania trójwymiarowego, który znalazł zastosowanie również w branży meblarskiej. Umożliwia opracowanie projektu wyrobu składającego się z modeli bryłowych, konstrukcji spawanych, arkuszy blach oraz modeli powierzchniowych, co dało podstawę do zweryfikowania możliwości modelowania zintegrowanego w tym systemie w ramach prac badawczych.

Przed opracowaniem modeli autogenerujących przeprowadzono proces pozyskiwania wiedzy dotyczącej procesu projektowania mebli, zwłaszcza mebli skrzyniowych. Zapoznano się z podstawową klasyfikacją, zasadami projektowania konstrukcji, stosowanymi materiałami, metodami łączenia, okuciami i akcesoriami. Przeanalizowano normę PN-EN 1116:2006 opisującą wymiary gabarytowe zespołów meblowych wykorzystywanych w kuchni. Opracowano szereg modeli autogenerujących, dotyczących m.in. regału, komody, biurka oraz mebli kuchennych.

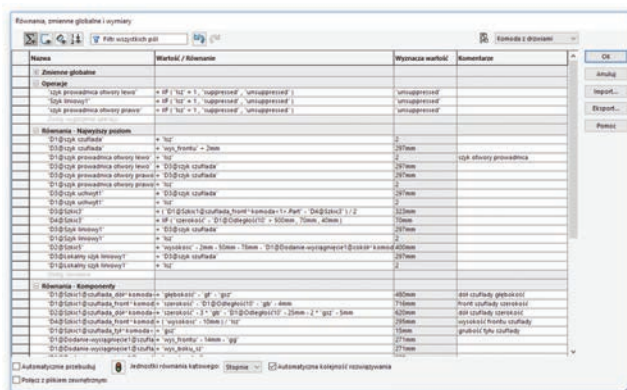
Budowę modeli zintegrowanych w systemie SOLIDWORKS umożliwia elastyczne zarządzanie poniższymi cechami:

- relacjami geometrycznymi między elementami szkicu a elementami geometrii tego samego modelu oraz modelu składowego wyrobu, dzięki czemu możliwa jest np. zmiana geometrii modelu wraz ze zmianą jednego parametru uzależnionego od niego lub zmiana gabarytów całego mebla wraz ze zmianą wymiarów szkieletu sterującego w postaci szkicu zdefiniowanego na poziomie modelu złożenia (rys. 1);



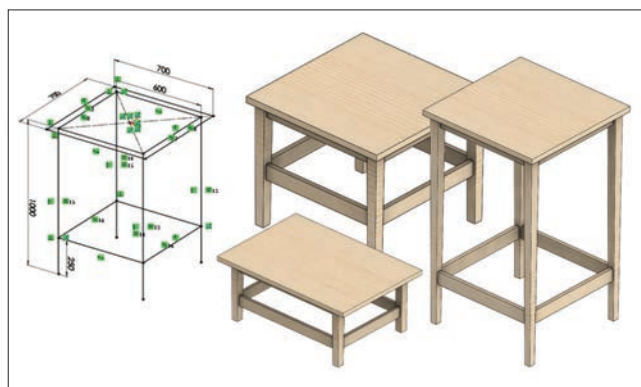
Rys. 1. Szkielet sterujący wymiarami modelu złożenia

- parametrami, które można definiować z użyciem wartości liczbowych lub opisowych, uzależniać je od wymiarów modelu, stanów operacji tworzących geometrię modelu, zmiennych globalnych, materiałów i ich właściwości;



Rys. 2. Interfejs do programowania modelu CAD w SOLIDWORKS

- „równaniami” umożliwiającymi definiowanie zależności bazujących na (rys. 2): wymiarach znajdujących się w częściach i złożeniach, zmiennych globalnych, właściwościach pliku, funkcjach matematycznych oraz wynikach innych zależności matematycznych;
- „konfiguracjami”, które stanowią narzędzie do generowania wielu wersji danej części lub złożenia w obrębie jednego pliku (poprzez zastosowanie „konfiguracji” można uzyskać rodzinę modeli o zróżnicowanych wymiarach, parametrach, właściwościach, stanach operacji tworzących geometrię modelu, materiałach i wyglądach; „konfiguracje” w plikach złożzeń pozwalają na opracowanie rodzin wyrobu stosujących różnorodne konfiguracje komponentów składowych, wymiarów oraz parametrów dla „operacji złożzeń” lub odpowiednich właściwości; są trzy sposoby tworzenia „konfiguracji” w programie SOLIDWORKS: ręcznie, z zastosowaniem okna dialogowego lub tabeli konfiguracji opracowanej w arkuszu MS Excel);
- specjalnymi narzędziami do modelowania konstrukcji spawanych oraz części wytwarzanych z blachy, ale sprawdzającymi się również w przypadku projektowania mebli, z uwagi na zautomatyzowane przycinanie i wydłużanie obiektów bryłowych oraz pozyskiwanie informacji ze zmieniającej się geometrii modelu (rys. 3);



Rys. 3. Model stołu barowego wykonanego za pomocą narzędzi „konstrukcji spawanych” i „arkusza blach”

- otwartym API (*application programming interface*) – interfejsem programowania aplikacji, który umożliwia opracowanie skryptów w językach: VB, VB.NET, VBA, C++, C#.NET, C++.NET, wykorzystujących obiekty, funkcje, metody oraz procedury SOLIDWORKS.

Podczas budowania modeli dla różnych typów mebli – m.in. komody, biurka, regału, zestawu mebli kuchennych – przyjęto założenia ograniczające możliwości autogenerowania (rys. 4–6).



Rys. 4. Model autogenerujący regału

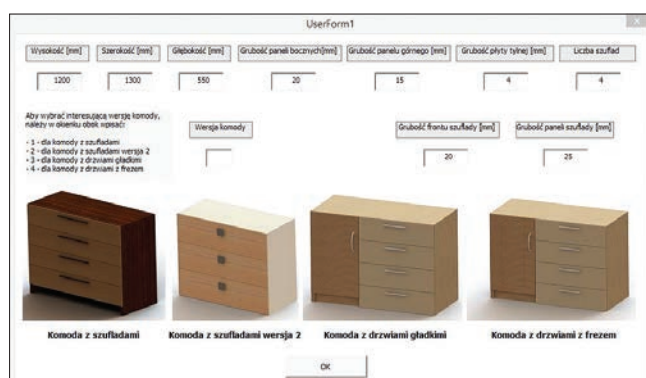


Rys. 5. Model autogenerujący biurka



Rys. 6. Model autogenerujący komody

Aby uzyskać możliwość sterowania geometrią modelu, dla każdego z nich zdefiniowano parametry, przypisując im kolejno właściwe cechy konstrukcyjne mebla z wyznaczeniem zależności zachodzących pomiędzy nimi. Dzięki temu określona modyfikacja parametrów, z zachowaniem założeń dotyczących relacji, skutkuje zamianą geometrii modelu i wygenerowaniem nowego wariantu mebla. W celu kontrolowanego i łatwego sterowania zakresami wartości poszczególnych parametrów zaprogramowano interfejs w języku VBA dla modelu autogenerującego komody (rys. 7).



Rys. 7. Interfejs sterujący modelem autogenerującym komody

## Wnioski

Prowadzone w ramach badań symulacje autogenerowania różnego rodzaju mebli potwierdziły, że w 3D CAD SOLIDWORKS jak najbardziej możliwe jest modelowanie zintegrowane. Co więcej, wykazano, że modelowanie autogenerujące nie tylko ułatwia pracę konstruktora, ale powinno być jego podstawowym narzędziem w procesie projektowania mebli, a zwłaszcza mebli skrzyniowych. Wynika to ze specyficznych cech konstrukcji, tj.:

- zdefiniowanych postaci komponentów,
- istnienia ustalonych zbiorów konfiguracji w obrębie pojedynczej klasy konstrukcji,
- znacznych udziałów rutynowych i powtarzalnych działań procesu projektowania tego rodzaju wyrobów.

Omawiane modelowanie daje konstruktorowi możliwość natychmiastowego wprowadzania poprawek, wynikających np. ze zmiany wymagań projektowych czy zmian na życzenie zleceniodawcy, co w znaczny sposób rzutuje na koszty i czas produkcji danego wyrobu.

Należy jednak zauważyć, że opracowanie modelu zintegrowanego jest pracochłonne, ponieważ trzeba przejść przez wszystkie fazy modelowania opartego na wiedzy, tj.: pozyskanie wiedzy, jej formalizację, a następnie implementację do modelu CAD. Ponadto zakres działania opracowywanego modelu jest zależny od „ilości” wiedzy, jaka ma zostać wprowadzona, oraz zastosowanych ograniczeń. Jednak co do zasady wykorzystanie w procesie projektowania modelu autogenerującego ułatwia oraz przyspiesza konstruowanie przede wszystkim elementów o tej samej budowie bazowej, ale różniących się wartościami poszczególnych cech konstrukcyjnych. Dlatego przed przystąpieniem do prac projektowych należy wykonać rachunek zysków i strat z opracowania modelu autogenerującego.

## LITERATURA

1. Lisowski E. „Automatyzacja i integracja zadań projektowania z przykładami dla systemu Pro/Engineer Wildfire”. Kraków: Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2007.
2. Mleczo J. „Przepływy danych w zarządzaniu operacyjnym wyrobów wariantowych”. *Zarządzanie Przedsiębiorstwem*. 1 (2011): s. 17–26.
3. Pokojski J. „Systemy doradcze w projektowaniu maszyn”. Warszawa: Wydawnictwo WNT, 2005.
4. Reddy E.J., Sridhar C.N.V., Rangadu V.P. „Knowledge based engineering: Notion, approaches and future trends”. *American Journal of Intelligent Systems*. 5, 1 (2015): s. 1–17.
5. Skarka W. „CATIA V5. Podstawy budowy modeli autogenerujących”. Gliwice: Helion, 2009.
6. Wronkowicz A., Wachla D. „Model autogenerujący CAD ząbieńia przekładni ślimakowej”. *Zeszyty Naukowe. Transport*. Politechnika Śląska. 8 (2014): s. 291–300.
7. Zawadzki P., Górski F., Kowalski M., Paszkiewicz R., Hamrol A. „Automatic system for 3D models and technology process design”. *FAMENA*. 35, 2 (2011).
8. Zawadzki P., Górski F., Buń P., Hamrol A., Kuczek W., Wichniarek R. „Wspomaganie projektowania koncepcyjnego mebli z zastosowaniem aplikacji rzeczywistości wirtualnej i technik opartych na wiedzy”. *Mechanik*. 4 (2015).