

**Jerzy Montusiewicz\*, Robert Drapała\***

## **UWAGI METODOLOGICZNE DO TRÓJWYMIAROWEGO MODELOWANIA STOLARKI BUDOWLANEJ**

### **WSTĘP**

Znaczące podwyżki cen nośników energii spowodowały, że mieszkańcy starają się zmodernizować swoje mieszkania tak, aby ograniczyć w nich straty ciepła. Mieszkając w domach wielorodzinnych nie mogą sami przeprowadzić docieplenia ścian, mogą jednak dokonać wymiany okien oraz drzwi zewnętrznych swoich mieszkań.

Z drugiej strony wzrost zamożności społeczeństwa powoduje, że osoby podejmujące trud budowy własnego domu starają się zadbać nie tylko o wewnętrzną funkcjonalność, niskie koszty eksploatacji (zastosowanie właściwej termoizolacji), ale również o jego wygląd zewnętrzny. Stąd tak ważną rolę odgrywają: wielkość, kształt, parametry użytkowe oraz detale wykończeniowe okien i drzwi.

### **ZALETY I WADY MODELOWANIA TYPU 2D I 3D**

Wprowadzenie wspomaganie komputerowe do procesu projektowania w istotny sposób zrewolucjonizowało wiele prac inżynierskich. Jedną z nich jest komputerowy zapis konstrukcji na płaszczyźnie. Istotne właściwości charakteryzujące zastosowanie komputerowego kreślenia z wykorzystaniem grafiki wektorowej przedstawiono w pracy [6]. Obecnie proces tworzenia dokumentacji technicznej został znacząco przyspieszony i usprawniony co przełożyło się między innymi na zwiększenie oferty produkowanych wyrobów, wprowadzenie rozwiązań wariantowych oraz ich częste modyfikacje.

Grafika dwuwymiarowa w obecnej chwili na dobre znalazła swoje miejsce w biurach projektowo-konstrukcyjnych. Obok niewątpliwych zalet posiada jednak pewne wady, do których należą:

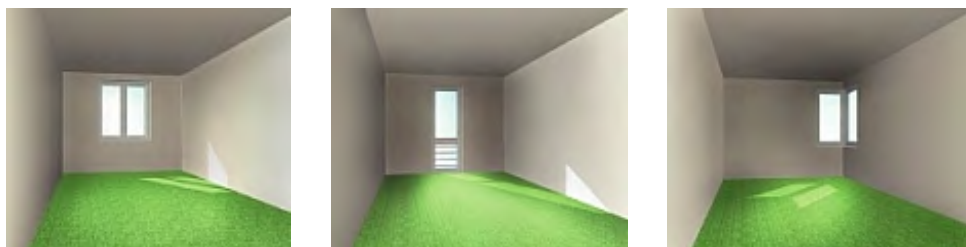
- rysunki złożeniowe nie zapewniają szybkiego wychwytywania wad i nieciągłości w pasowaniu poszczególnych elementów (w celu analizy poprawności konstrukcji układu po zmontowaniu należy wykonać modele, a niekiedy prototyp),

---

\* Jerzy MONTUSIEWICZ, Robert DRAPAŁA – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

- w ograniczonym stopniu pozwalają ocenić wzajemne położenie i przenikanie się poszczególnych elementów składowych konstrukcji,
- długotrwała aktualizacja poprawek konstrukcji – konieczność sprawdzania wszystkich utworzonych rzutów i przekrojów,
- niemożność przeprowadzenia analizy masowej, kinematycznej oraz wytrzymałościowej projektowanych obiektów,
- duża pracochłonność w procesie przygotowania dokumentacji technologicznej do uruchomienia produkcji.

Wprowadzenie do praktyki projektowej modelowania przestrzennego w większości przypadków niweluje wyżej wymienione wady [5]. Ponadto w przypadku obiektów typu okna i drzwi dobrze przygotowane modele 3D umożliwiają przyszłym klientom przedstawienie wirtualnej demonstracji dostępnych rozwiązań konstrukcyjnych w bardzo atrakcyjnej formie. Przygotowanie takiego pokazu jest z pewnością tańsze niż wykonywanie prototypów i montowanie ekspozycji zajmującej z pewnością dużą powierzchnię handlową. W przypadku projektowania domów jednorodzinnych ważne jest to, że można wykonać symulację rozmieszczenia różnych typów okien i drzwi w ścianach pomieszczenia i sprawdzić stopień oświetlenia przestrzeni w różnych porach roku i godzinach dnia (rys. 1).



**Rys. 1.** Symulacja oświetlenia pokoju przy różnym usytuowaniu drzwi i okien [2]

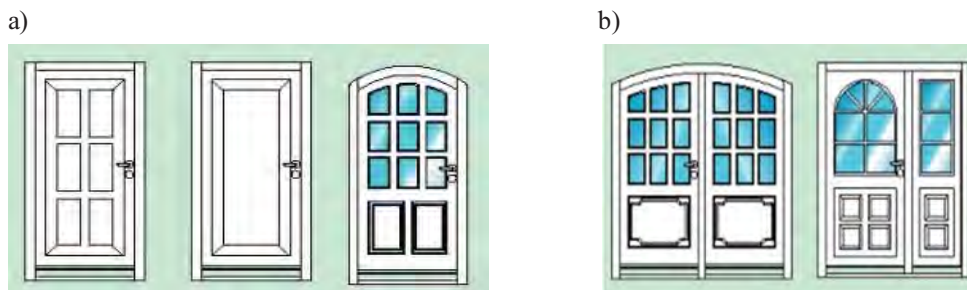
Modelowanie 3D umożliwia również szybkie utworzenie indywidualnego rozwiązania dla klienta i zaprezentowanie mu powstałego projektu. Utworzony obiekt można natychmiast oglądać z różnych punktów obserwacji, co daje w miarę pełne rozeznanie o jego wyglądzie.

## Ogólna charakterystyka stolarki budowlanej

Pod terminem stolarka budowlana obecnie rozumie się wyroby budowlane z drewna naturalnego lub przetworzonego, tworzyw sztucznych, metali oraz innych materiałów nowoczesnych stanowiące elementy wykończenia i wyposażenia budynków, np.: drzwi, okna, meble wbudowane. W pracy przedstawiono zagadnienia dotyczące trójwymiarowego modelowania drzwi i okien.

## Charakterystyka drzwi

W budynkach można wyróżnić drzwi wewnętrzne i zewnętrzne. Te ostatnie stanowią zamknięcie otworu budowlanego w ścianie zewnętrznej i oddzielają otwartą przestrzeń od wnętrza budynku. Spełniają one przede wszystkim funkcję użytkową, ale również estetyczną. Rozwiązania konstrukcyjne takich drzwi muszą zapewniać odpowiednią trwałość techniczną, użytkową, właściwą izolację cieplną, szczelność na przenikanie powietrza, łatwość i wygodę ich otwierania i zamykania. Drzwi są ruchomą częścią ściany umożliwiającą komunikację między sąsiednimi pomieszczeniami [6]. Przykładowe rozwiązania pokazano na rysunku 2. Klasyczne drzwi składają się z następujących elementów: skrzydło drzwiowe – element ruchomy drzwi, ościeżnicy – rama wokół otworu w ścianie, w której osadzone jest skrzydło drzwiowe, zawiasy – służą do mocowania skrzydeł drzwi (w przypadku drzwi przesuwnych nie występują zawiasy tylko wózki mocowane do górnej krawędzi), klamki z szyldem (element osłaniający otwór na zamek i klamkę) [1].

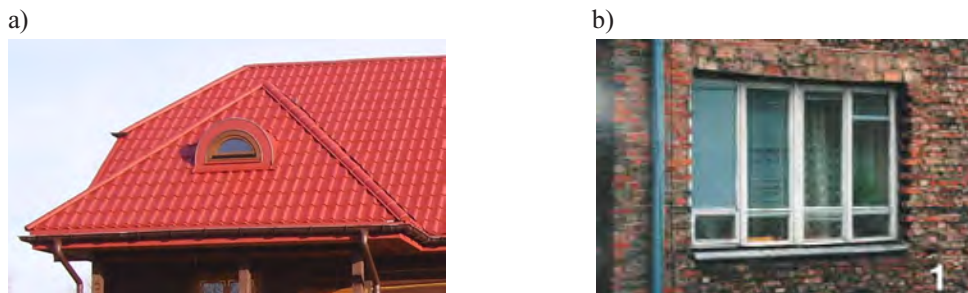


Rys. 2. Przykładowe rozwiązania drzwi a) jednoskrzydłowe, b) dwuskrzydłowe [2]

## Charakterystyka okien

Okno to otwór w ścianie, stropie lub dachu, którego zadaniem jest właściwe oświetlenie pomieszczenia oraz możliwość wyglądania na zewnątrz bez konieczności wychodzenia z budynku. Ponadto zastosowana konstrukcja okna wpływa na mikroklimat pomieszczenia (nagrzewanie lub wychładzanie), sterylność (działanie bakteriobójcze promieni słonecznych), psychikę (ilość i jakość światła) i budżet (straty ciepła mieszkańców oraz na estetykę domu (rys. 3).

Obecnie okna wykonywane są najczęściej z drewna, tworzyw sztucznych, stopów aluminium oraz fibreglasu. W oknach drewnianych ramy okienne są przeważnie sklejane z trzech warstw drewna, aby wyeliminować anatomiczne wady drewna (sęki, skręt włókien). Trwałość takich okien uzależniona jest od właściwej impregnacji. Ramy okien z PCW wykonane są z wielokomorowych profili (od dwóch do sześciu), które pozwalają uzyskać pożądane parametry termoizolacyjne. W celu uzyskania właściwej sztywności konstrukcji w komorach profili umieszcza się kształtowniki ze stali ocynkowanej. Okna takie mogą być wykonane w wielu kolorach. Konstrukcja



**Rys. 3.** Przykładowe rozwiązania konstrukcji okien a) w dachu, b) w ścianie

nowoczesnych okien aluminiowych składa się z dwóch profili ze stopu aluminium zawierającego magnez i krzem połączonych wkładką termiczną z tworzywa sztucznego. Ramy okienne zazwyczaj są anodowane (na kolor złoty lub ciemnobrązowy) albo malowane proszkowo lakierami poliestrowymi. Fiberglas to kompozyt poliestrowo-szkłany charakteryzujący się dużą wytrzymałością mechaniczną oraz tzw. pamięcią kształtu. Od niedawna używany jest do wykonywania nowoczesnych okien, które nie wymagają konserwacji i malowania. Okna z fibergasu są z reguły cieplejsze i cieńsze od okien z pozostałych materiałów [1].

## **TRÓJWYMIAROWE MODELOWANIE OBIEKTÓW STOLARKI BUDOWLANEJ**

Uwagi metodologiczne do trójwymiarowego modelowania drzwi i okien będą miały w pewnym sensie charakter uniwersalny, chociaż przedstawione przykłady zostały zrealizowane w odniesieniu do konkretnych konstrukcji przy zastosowaniu programu AutoCAD 2005 [7].

Uwagi kardynalne:

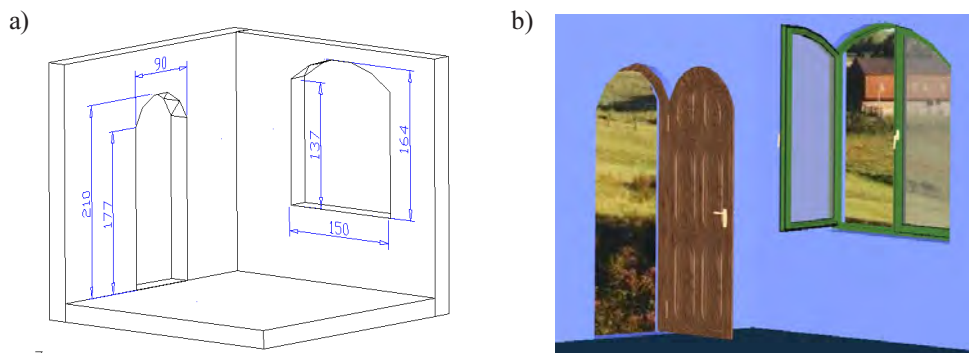
- w celu usprawnienia procesu modelowania należy przeprowadzić staranną analizę projektowanego obiektu, aby wykryć: występujące w konstrukcji osie symetrii, powtarzające się elementy, rytmiczność położenia elementów identycznych lub podobnych.
- w miarę możliwości stosować modelowanie bryłowe, ponieważ jest dokładniejsze od modelowania powierzchniowego i krawędziowego. W modelowaniu bryłowym można dodawać i odejmować bryły składowe, poza tym tworzyć przekroje oraz odcinać jej kawałki.
- w pierwszej kolejności w modelowaniu posługiwać się obiektami zdefiniowanymi w programie, tzw. *prymitywami*.
- przy skomplikowanych kształtach profili konstrukcyjnych najbardziej efektywnym narzędziem jest metoda wyciągania narysowanego profilu wzdłuż wyznaczonego kształtu konstrukcji.

- do modelowania różnych elementów stosować metodę rysowania na warstwach lub stosować różne kolory linii.
- w operacjach montażu elementów składowych należy posługiwać się rysowanymi dodatkowo liniami konstrukcyjnymi oraz stosować identyfikację punktów charakterystycznych poprzez zastosowanie narzędzi do ich precyzyjnej lokalizacji.
- w przypadku obiektów, które są wykonywane z drewna nie dokonywać sumowania elementów składowych w jedną całość, ponieważ po wykonaniu renderingu otrzymamy niewłaściwe położenie słoży (należy rozróżnić pojęcia: klejenia konstrukcji rzeczywistej i dodawania obiektów w przestrzeni wirtualnej).

Uwagi uzupełniające:

- projektowane drzwi i okna muszą być przynajmniej o 1 cm mniejsze niż pozostawione w ścianie otwory. Ponadto przy rysowaniu drzwi należy uwzględnić fakt, czy w pomieszczeniach jest już wykończona podłoga, a w przypadku okna sposób montażu parapetu.
- określić jakiej długości jednostka programu komputerowego będzie odpowiadać w rzeczywistości. W budownictwie podstawową jednostką jest 1 cm lub 1 m. W przypadku modelowania stolarki budowlanej lepszą jednostką wydaje się być 1 cm.

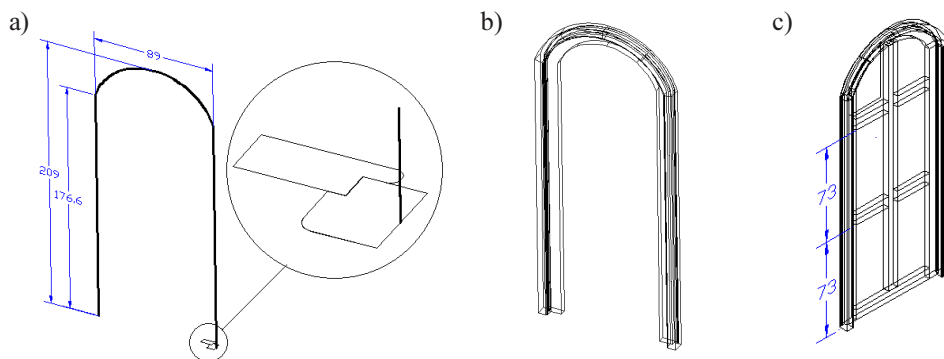
Zadanie projektowe polegało na zaprojektowaniu drzwi drewnianych łukowych z filunkami oraz okna aluminiowego jednoramowego łukowego dwuskrzydłowego do otworów ściennych przedstawionych na rysunku 4 [1].



Rys. 4. Otwory ściennie do zabudowy a) wymiary, b) po wstawieniu obiektów

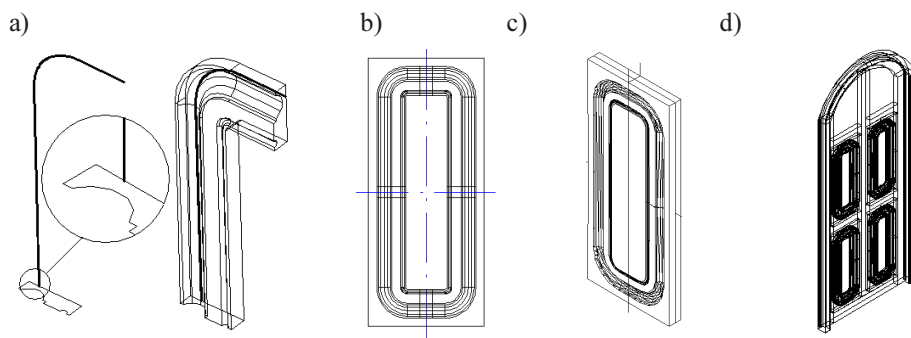
### Przykład realizacji modelowania drzwi

1° Ze względu na skomplikowany kształt i profil futryny i zewnętrznego ramiaka drzwi zdecydowano się na narysowanie obu przekrojów (obiekty typu *region*) i jednoczesne ich *wyciągnięcie* wzdłuż ścieżki (najlepiej jeśli jest ona jednym obiektem) odzwierciedlającej kształt otworu w ścianie. Początek ścieżki musi być prostopadły do przekroju futryny i stykać się z zewnętrzną krawędzią profilu (rys. 5).



**Rys. 5.** Modelowanie futryny i ościeżnicy a) profile i ścieżka, b, c) uzyskane modele 3D

- 2° Pozostałe elementy ramiaka narysowano stosując polecenia *prostopadłościan*, *przesuń*, *kopiuj*, *lustro* – wykorzystano pionową oś symetrii oraz *lokalizację*.
- 3° Puste przestrzenie ramiaka zostały wypełnione filunkami, dwa górne mają zakończenia łukowe i są asymetryczne, pozostałe cztery są prostokątne i posiadają dwie osie symetrii. Przyjęto, że wszystkie filunki z obu stron drzwi będą identyczne. W tej sytuacji wystarczy wymodelować tylko ćwiartkę obiektu (rys. 6). Odbito kształt profilu (*lustro*), usunięto ścieżkę i skleiono w jedną całość (*suma*). Wykonano obrysowanie wewnętrznej oraz zewnętrznej części powstałego profilu i poprzez ich wyciągnięcie otrzymano cały filutek jednostronny (*suma*), a następnie poprzez odbicie (*lustro*) filutek obustronny.



**Rys. 6.** Modelowanie filunków a) profil i ścieżka oraz obiekt 3D, b) cały filutek jednostronny, c) filutek obustronny, d) umieszczenie filunków w ramiaku

Podobnie postępowano przy modelowaniu pozostałych dwóch filunków górnych (rys. 7a). Przy modelowaniu filunków można wyciągać również przekrój, który będzie dopełnieniem przekroju przedstawionego na rysunku 6a. W tym przypadku uzyskany profil byłby tym, co w rzeczywistym procesie frezowania zostałyby zamienione na wió-



ry. Tak więc od prostopadłościanu odpowiadającego wymiarom przestrzeni między belkami ramiaka należałoby odjąć otrzymany profil (*różnica*).



**Rys. 7.** Modelowanie filunku górnego a) model krawędziowy, b) po wstawieniu do ramiaka i po renderingu, c) fragment drzwi z klamką i szyldem

4° W celu uzyskania fotorealistyczności przeprowadzono rendering utworzonego modelu. Futrynie przyporządkowano materiał *wood-dark ash*, ramiak – *wood-dark red* filunki – *wood-teak*. Końcowy efekt przedstawiono na rysunku 7b. Na uwagę zasługuje fakt, że elementy ramiaka nie tworzą jednego obiektu wirtualnego, dzięki czemu poszczególne belki zachowują właściwe ułożenie słoń drewna. Ta uwaga dotyczy również konstrukcji ościeżnicy. Rysunek 7c przedstawia drzwi z wstawionym modelem klamki i szyldu.

### Przykład realizacji modelowania okna

- 1° W procesie modelowania okien z tworzyw istotnym zagadnieniem jest dysponowanie właściwymi profilami, z których w danej firmie produkowane są okna. W tym celu najprościej jest wykonać skanowanie przekroju oryginalnych profili z wydrukowanych materiałów. Program AutoCAD umożliwia łączenie grafiki rastrowej z wektorową, dzięki czemu możemy wprowadzić zeskanowane przekroje do programu i wykonać obrysy interesujących nas profili (każdy element obrysu tworzy osobny *region*). Następnie należy tak przeskalować otrzymany rysunek, aby wymiary odpowiadały rzeczywistemu profilowi (polecenie *skala*).
- 2° Linię ścieżki do wyciągnięcia uzyskano poprzez zastosowanie polecenia *odsuń* w odniesieniu do obrysu otworu okiennego z rysunku 4. W modelowaniu ramy okna zdecydowano się zastosować dwie ścieżki, które po połączeniu utworzą pełny obrys okna. Decyzja ta wynikała z faktu łatwiejszego dostępu do krawędzi poszczególnych profili składowych, tafli szyby zespolonej wstawionej do ramy i uszczeliek zapewniających szczelność połączeń.
- 3° Do właściwego umieszczenia profili do wyciągnięcia należy zastosować polecenia: *kopiuj*, *obrót 3D*, *przesuń*, *lokalizacja*.





Modelowanie trójwymiarowe umożliwia szybkie wykonanie indywidualnego projektu dla klienta oraz przedstawienie przygotowanych rozwiązań w postaci symulacji komputerowej.

## LITERATURA

1. Drapała R.: *Przygotowanie komputerowych pomocy dydaktycznych do modelowania trójwymiarowych obiektów stolarki budowlanej*, praca mgr, promotor J. Montusiewicz, KPT, Lublin 2005.
2. <http://www.murator.com.pl>.
3. Kłós R.: *Natura i nowoczesność. Drewniane okna jednoramowe*, Murator 10/2005, ss. 110–116.
4. Mikołajski K.: *Okna z PCW*, Murator, 3/2005, ss. 91–98.
5. Montusiewicz J.: *Metodologia nauczania komputerowego modelowania trójwymiarowego*, [w:] Świć A. (red.): *Systemy informatyczne w kształceniu technicznym*, Monografia, Societas Scientiarum Lublinensis, ss. 78–83, Lublin 2005.
6. Okołowska A., Jankowska H.: *Mocne wejście – eleganckie wyjście*, Murator 12/2005, ss. 25–41.
7. Pikoń A.: *AutoCAD 2005*, Helion, Gliwice 2005.

## Streszczenie

W pracy przedstawiono uwagi metodologiczne dotyczące trójwymiarowego modelowania okien i drzwi. Sformułowano wiele szczegółowych wskazań, które w praktyce przyczynią się do efektywnego rysowania wybranych konstrukcji. Zaprezentowano przykłady modelowania drewnianych drzwi oraz okna z PCW.

## METHODOLOGICAL REMARKS ON THE TRIDIMENSIONAL MODELLING OF CARPENTRY WORK

### Summary

The study presents methodological remarks concerning tridimensional modelling of windows and doors. A number of detailed suggestions are made which will practically contribute to effective drawing of selected constructions. Examples of modeling wooden doors and PVC windows are presented.