

Prof. dr hab. inż. Leszek MIESZKALSKI  
 Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji  
 Wydział Inżynierii Produkcji  
 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

# MATEMATYCZNE MODELOWANIE KONSTRUKCJI MEBLI GASTRONOMICZNYCH, RESTAURACYJNYCH I HOTELOWYCH Z WYKORZYSTANIEM SZEŚCIANU JEDNOSTKOWEGO®

Mathematical modeling design dining furniture, restaurant and hotel using  
 the unit cube®

**Słowa kluczowe:** sześcián jednostkowy, stół, krzesło, zewnętrzny kształt, bryła 3D, model matematyczny.

*Opracowana metoda może służyć do matematycznego modelowania mebli gastronomicznych, restauracyjnych i hotelowych typu szkieletowego i skrzyniowego. W proponowanej metodzie podstawą matematycznego modelowania jest sześcián jednostkowy służący do zapisu modeli elementów składowych modelowanego mebla. Sześcián jednostkowy zapisany w postaci macierzowej (współrzędne wierzchołków  $X, Y, Z$ ) podlega skalowaniu i przesunięciu względem osi  $X, Y, Z$  układu współrzędnych. Powiązanie za pomocą formuł matematycznych podstawowych wymiarów elementów (długość, szerokość, wysokość lub grubość) z ich położeniem w przestrzeni (miejsce w meblu) umożliwia szybką zmianę wymiarów modelowanego mebla. Proponowaną metodę wykorzystać można we wstępnym etapie procesu projektowania rodziny elementów mebla.*

**Key words:** cube unit, table, chair, external shape, solid 3D, mathematical model.

*The developed method can be used for mathematical modeling of dining furniture, restaurant and hotel skeletal and box-type. The proposed method is the basis for mathematical modeling of the unit cube is used to save components modeled models of furniture. Unit cube saved in a matrix form (coordinates of the vertices  $X, Y, Z$ ) is subject to scaling and offset in the  $X, Y, Z$  coordinate system. Related using mathematical formulas basic dimensions of (length, width, height or thickness) of their position in space (a place in the furniture) to quickly change the dimensions of the furniture modeled. The proposed method can be used in the initial stage of the process of designing a family of elements of furniture.*

## Wykaz oznaczeń:

### (dla stołu)

$ab$  – długość blatu (mm),  $bb$  – szerokość blatu (mm),  $hb$  – grubość blatu (mm),  $hns$  – wysokość nogi (mm),  $ans$  – szerokość nogi (mm),  $bns$  – wysokość nogi (mm),  $cnx$  – odsunięcie nogi względem  $X$  (mm),  $cny$  – odsunięcie nogi względem  $Y$  (mm),  $cnyd$  – odsunięcie ramki długiej (mm),  $bss$  – szerokość ramiaka oskrzyni (mm),  $hss$  – wysokość ramiaka oskrzyni (mm),  $\alpha$  – współczynnik długości stołu,  $\beta$  – współczynnik rozstawu nóg,

### (dla krzesła)

$ask$  – długość siedziska (mm),  $bsk$  – szerokość siedziska (mm),  $hsk$  – grubość siedziska (mm),  $ank$  – szerokość nogi (mm),  $bnk$  – grubość nogi (mm),  $hnk$  – wysokość nogi przedniej (mm),  $hn1$  – wysokość nogi tylnej (mm),  $ht$  – odległość ramiaka górnego od górnej krawędzi nogi tylnej (mm),  $hps$  – wysokość ramiaka górnego i nasadki (mm),  $hpu$  – grubość ramiaków (mm),  $bok$  – grubość oparcia (mm),  $hop$  – odległość oparcia od nasadki (mm),  $hpb$  – wysokość ramiaków oskrzyni (mm),  $ho1$  – odległość oparcia od oskrzyni (mm),  $ho2$  – odległość nasadki od oskrzyni (mm),  $\theta, \lambda, \zeta, \chi$  – współczynniki konstrukcyjne.

## WSTĘP

Współczesne meble są wynikiem dbałości projektantów o funkcję użytkową i poprawność konstrukcji [1, 5]. Na drugim planie jest dbałość o formę mebla. Stół i krzesło są dla człowieka podstawowymi meblami typu szkieletowego, które służą do spożywania posiłków (produkty przemysłu spożywczego) i wykonywania różnego rodzaju prac.

Nowoczesne stoły i krzesła są wyposażane w diodowe monitory dotykowe, spełniające funkcję informacyjną, informatyczną łączącą wirtualność z rzeczywistością w przestrzeniach przebywania ludzi. Zdaniem Kozikowskiej [5] kształtowanie stołów i krzesel powinno odbywać się w oparciu o zasadę zgodności funkcji (przekroje poszczególnych elementów) z proporcjami formy (styl i piękno).

Według Jakubickiego [4] pojawienie się nowych narzędzi w zakresie komputerowego projektowania, powoduje zmianę całego systemu pracy w inżynierii produkcji mebli gastronomicznych, hotelarskich, restauracyjnych. Wprowadzenie do projektowania wirtualnej przestrzeni, w której można modelować dowolne obiekty wyzwała duży potencjał możliwości projektowych, szczególnie w połączeniu z Internetem. Projektanci mają do dyspozycji systemy komputerowego wspomaganie projektowania CAD, które pozwalają projektować złożone obiekty w układzie 3D [2, 3, 7, 8]. Stolarewicz [9]

uważa, że pomimo zalet systemów CAD są one nadal pracochłonne, gdyż wymagają wprowadzania wielu danych, by uzyskać wgląd w efekt finalny. Algorytmy obliczeniowe i modelowanie matematyczne w procesie tworzenia nowych wyrobów stanowią podstawę procesu projektowania. Modele matematyczne umożliwiają generowanie różnorodnych form przez wprowadzenie parametryzacji konstrukcji. Algorytmy obliczeniowe pozwalają symulować i analizować oddziaływania różnych czynników na ukształtowanie formy mebla. Przed zbudowaniem prototypu, w nowoczesnej procedurze projektowania, są prowadzone badania symulacyjne i numeryczne w zakresie poprawności budowy, funkcjonalności, wytrzymałości i parametryzacji konstrukcji [6, 7, 9]. Rozwój metod komputerowego wspomaganie obliczeń wyznacza współczesny trend modułowego systemu produkcji mebli i urządzeń stosowanych w zakładach gastronomicznych, restauracyjnych i w hotelach.

**Celem artykułu jest przedstawienie zastosowania sześcianu jednostkowego do matematycznego modelowania mebli gastronomicznych, restauracyjnych i hotelowych, na przykładzie stołu i krzesła.**

## OPIS METOD

Opisano model stołów z blatami dwu i trzyczęściowymi oraz krzesła. Stół z blatem dwuczęściowym składa się z dziesięciu elementów, stół z blatem trzyczęściowym składa się z jedenastu elementów, a krzesło z dwunastu elementów. Do modelowania konstrukcji elementów zastosowano model sześcianu jednostkowego.

Sześcian jednostkowy zapisany w postaci macierzowej (współrzędne wierzchołków  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) podlega skalowaniu i przesunięciu względem osi  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  układu współrzędnych. Powiązano za pomocą formuł matematycznych podstawowe wymiary elementów (długość, szerokość, wysokość lub grubość) z ich położeniem w przestrzeni (miejscem w meblu).

## MODEL SZEŚCIANU JEDNOSTKOWEGO

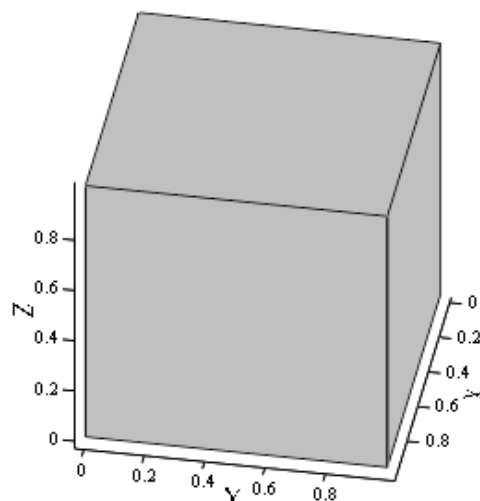
Macierze współrzędnych  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  sześcianu jednostkowego mają następującą postać:

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$Y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$Z = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Sześcian jednostkowy zamieszczono na rysunku 1.



**Rys. 1. Sześcian jednostkowy.**

**Fig. 1. The cube unit.**

Źródło: Opracowanie własne

## MODEL BRYŁY STOŁU

Parametry sterujące wymiarami i położeniem w przestrzeni elementów stołu zamieszczono w wektorze 4. Zmiana wartości zamieszczonych w wektorze 4 parametrów powoduje zmianę wymiarów i położenia poszczególnych elementów składowych w ogólnej konstrukcji stołu.

$$\begin{bmatrix} ab \\ bb \\ hb \\ ans \\ bns \\ hns \\ cnx \\ cny \\ cnyd \\ bss \\ hss \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 800 \\ 900 \\ 20 \\ 60 \\ 40 \\ 720 \\ 150 \\ 60 \\ 10 \\ 30 \\ 80 \\ 0,5 \\ 2,5 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Kształt i położenie pierwszej części blatu stołu dwuczęściowego opisano współrzędnymi  $Xb1$ ,  $Yb1$ ,  $Zb1$ :

$$Xb1 = X \cdot ab + \alpha \cdot ab \quad (5)$$

$$Yb1 = Y \cdot bb \quad (6)$$

$$Zb1 = Z \cdot hb + hns \quad (7)$$

Kształt i położenie drugiej części blatu stołudwuczęściowego opisano współrzędnymi  $Xb2$ ,  $Yb2$ ,  $Zb2$ :

$$Xb2 = X \cdot ab + \alpha \cdot ab + ab \quad (8)$$

$$Yb2 = Yb1 \quad (9)$$

$$Zb2 = Zb1 \quad (10)$$

Kształt i położenie pierwszej części blatu stołu trzyczęściowego opisano współrzędnymi  $Xb1a$ ,  $Yb1a$ ,  $Zb1a$ :

$$Xb1a = X \cdot ab \quad (11)$$

$$Yb1a = Yb1 \quad (12)$$

$$Zb1a = Zb1 \quad (13)$$

Kształt i położenie drugiej części blatu stołu trzyczęściowego opisano współrzędnymi  $Xb2a$ ,  $Yb2a$ ,  $Zb2a$ :

$$Xb2a = X \cdot ab + ab \quad (14)$$

$$Yb2a = Yb1 \quad (15)$$

$$Zb2a = Zb1 \quad (16)$$

Kształt i położenie trzeciej części blatu stołu trzyczęściowego opisano współrzędnymi  $Xb3a$ ,  $Yb3a$ ,  $Zb3a$ :

$$Xb3a = X \cdot ab + 2 \cdot ab \quad (17)$$

$$Yb3a = Yb1 \quad (18)$$

$$Zb3a = Zb1 \quad (19)$$

Kształt i położenie pierwszej nogi stołu opisano współrzędnymi  $Xn1$ ,  $Yn1$ ,  $Zn1$ :

$$Xn1 = X \cdot ans + \alpha \cdot ab + cnx \quad (20)$$

$$Yn1 = Y \cdot bns + cny \quad (21)$$

$$Zn1 = Z \cdot hns \quad (22)$$

Kształt i położenie drugiej nogi stołu opisano współrzędnymi  $Xn2$ ,  $Yn2$ ,  $Zn2$ :

$$Xn2 = X \cdot ans + \beta \cdot ab - ans - cnx \quad (23)$$

$$Yn2 = Yn1 \quad (24)$$

$$Zn2 = Zn1 \quad (25)$$

Kształt i położenie trzeciej nogi stołu opisano współrzędnymi  $Xn3$ ,  $Yn3$ ,  $Zn3$ :

$$Xn3 = Xn1 \quad (26)$$

$$Yn3 = Y \cdot bns + (bb - bns - cny) \quad (27)$$

$$Zn3 = Zn1 \quad (28)$$

Kształt i położenie czwartej nogi stołu opisano współrzędnymi  $Xn4$ ,  $Yn4$ ,  $Zn4$ :

$$Xn4 = Xn2 \quad (29)$$

$$Yn4 = Yn3 \quad (30)$$

$$Zn4 = Zn1 \quad (31)$$

Kształt i położenie pierwszego długiego ramiaka oskrzyni stołu opisano współrzędnymi  $Xs1$ ,  $Ys1$ ,  $Zs1$ :

$$Xs1 = X \cdot 2 \cdot (ab - cnx - ans) + a \cdot ab + cnx + ans \quad (32)$$

$$Ys1 = Y \cdot bss + cny + cnyd \quad (33)$$

$$Zs1 = Z \cdot hss + hns - hss \quad (34)$$

Kształt i położenie pierwszego krótkiego ramiaka oskrzyni stołu opisano współrzędnymi  $Xs2$ ,  $Ys2$ ,  $Zs2$ :

$$Xs2 = X \cdot bss + \alpha \cdot ab + cnx \quad (35)$$

$$Ys2 = Y \cdot (bb - 2 \cdot bns - 2 \cdot cny) + bns + cny \quad (36)$$

$$Zs2 = Zs1 \quad (37)$$

Kształt i położenie drugiego długiego ramiaka oskrzyni stołu opisano współrzędnymi  $Xs3$ ,  $Ys3$ ,  $Zs3$ :

$$Xs3 = Xs1 \quad (38)$$

$$Ys3 = Y \cdot bss + bb - bns - cny - cnyd \quad (39)$$

$$Zs3 = Zs1 \quad (40)$$

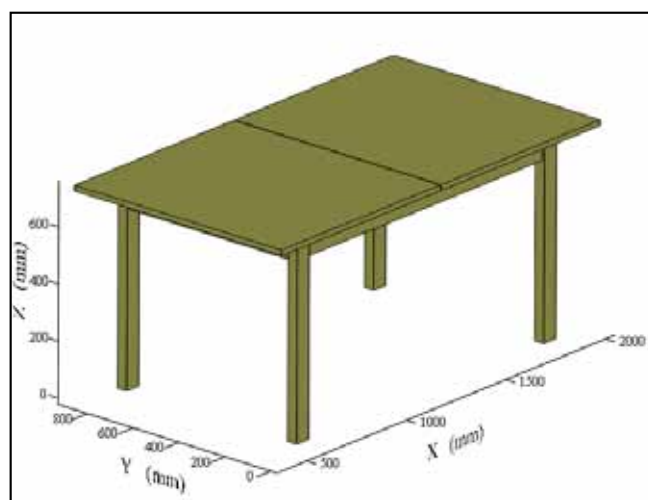
Kształt i położenie drugiego krótkiego ramiaka oskrzyni stołu opisano współrzędnymi  $Xs4$ ,  $Ys4$ ,  $Zs4$ :

$$Xs4 = X \cdot bss + \beta \cdot ab - bns - cnx \quad (41)$$

$$Ys4 = Ys2 \quad (42)$$

$$Zs4 = Zs1 \quad (43)$$

Model stołu z blatem dwuczęściowym zamieszczono na rysunku 2.

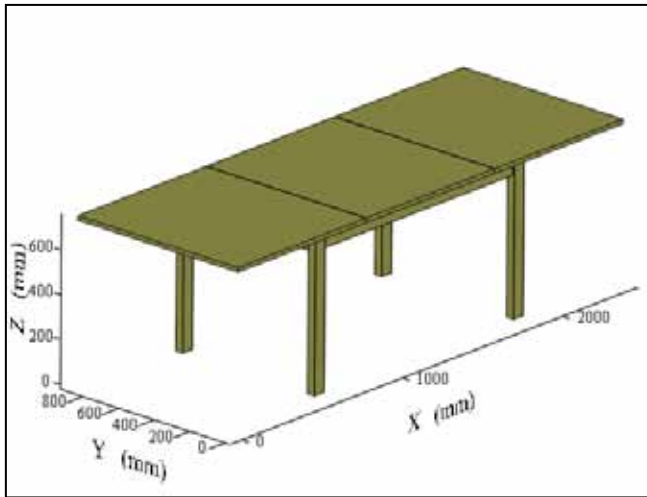


**Rys. 2. Model stołu z blatem dwuczęściowym.**  
**Fig. 2. Model of a two-part table with a table top.**

**Źródło:** Opracowanie własne

Praktyczne zastosowanie modelu geometrycznego stołu polega na możliwości uzyskania szybkiej zmiany jego geometrii przez wprowadzenie nowych wartości parametrów sterujących zamieszczonych w wektorze 4. Proponowany model może być wykorzystany przy projektowaniu rodziny stołów różniących się wymiarami przy zachowaniu podobnego kształtu.

Model stołu z blatem trzyczęściowym zamieszczono na rysunku 3.



**Rys. 3. Model stołu z blatem trzyczęściowym.**  
**Fig. 3. Model of the table with a table top three-piece.**  
**Źródło:** Opracowanie własne

### MODEL BRYŁY KRZESŁA

Parametry sterujące wymiarami elementów stołu zamieszczono w wektorze 44. Zmiana wartości zamieszczonych parametrów w wektorach 44 i 45 powoduje zmianę wymiarów i położenia poszczególnych elementów składowych w zespole krzesła.

$$\begin{bmatrix} ask \\ bsk \\ hsk \\ ank \\ bnk \\ ht \\ hps \\ hpu \\ bok \\ hop \\ hpb \\ \theta \\ \lambda \\ \xi \\ \chi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 500 \\ 470 \\ 50 \\ 40 \\ 20 \\ 40 \\ 50 \\ 20 \\ 30 \\ 20 \\ 50 \\ 2 \\ 1,5 \\ 2,5 \\ 3,5 \end{bmatrix} \quad (44)$$

Wartości współczynników konstrukcyjnych zamieszczono w wektorze 45.

$$\begin{bmatrix} hnk \\ hn1 \\ hok \\ ho1 \\ ho2 \\ bop \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 420 \\ 950 \\ 400 \\ 100 \\ 30 \\ 200 \end{bmatrix} \quad (45)$$

Kształt i położenie siedziska krzesła opisano współrzędnymi  $X_s, Y_s, Z_s$ :

$$X_s = X \cdot ask \quad (46)$$

$$Y_s = Y \cdot bsk + bnk \quad (47)$$

$$Z_s = Z \cdot hsk + hnk \quad (48)$$

Kształt i położenie pierwszej przedniej nogi krzesła opisano współrzędnymi  $X_{n1}, Y_{n1}, Z_{n1}$ :

$$X_{n1} = X \cdot ank + \frac{ank}{2} \quad (49)$$

$$Y_{n1} = Y \cdot bnk \quad (50)$$

$$Z_{n1} = Z \cdot hnk \quad (51)$$

Kształt i położenie drugiej przedniej nogi krzesła opisano współrzędnymi  $X_{n2}, Y_{n2}, Z_{n2}$ :

$$X_{n2} = X_{n1} \quad (52)$$

$$Y_{n2} = Y \cdot bnk + bsk + bnk \quad (53)$$

$$Z_{n2} = Z_{n1} \quad (54)$$

Kształt i położenie trzeciej tylnej nogi krzesła opisano współrzędnymi  $X_{n3}, Y_{n3}, Z_{n3}$ :

$$X_{n3} = X \cdot ank + ask + 2 \cdot ank \quad (55)$$

$$Y_{n3} = Y_{n1} \quad (56)$$

$$Z_{n3} = Z \cdot (hn1 + ht) \quad (57)$$

Kształt i położenie czwartej tylnej nogi krzesła opisano współrzędnymi  $X_{n4}, Y_{n4}, Z_{n4}$ :

$$X_{n4} = X_{n3} \quad (58)$$

$$Y_{n4} = Y_{n2} \quad (59)$$

$$Z_{n4} = Z_{n3} \quad (60)$$

Kształt i położenie przedniej poprzeczki siedziska nogi krzesła opisano współrzędnymi  $X_{ps1}, Y_{ps1}, Z_{ps1}$ :

$$X_{ps1} = X \cdot bnk + ank \quad (61)$$

$$Y_{ps1} = Y_{n1} \cdot bsk + bnk \quad (62)$$

$$Z_{ps1} = Z \cdot hpb + hnk - hsk - \left( hpb - \frac{hol}{2} \right) \quad (63)$$

Kształt i położenie tylnej poprzeczki siedziska nogi krzesła opisano współrzędnymi  $X_{ps2}, Y_{ps2}, Z_{ps2}$ :

$$X_{ps2} = X \cdot bnk + ank + ask - 3 \cdot ank \quad (64)$$

$$Y_{ps2} = Y_{ps1} \quad (65)$$

$$Z_{ps4} = Z_{ps1} \quad (66)$$

Kształt i położenie dolnej poprzeczki oparcia nogi krzesła opisano współrzędnymi  $X_{ps3}$ ,  $Y_{ps3}$ ,  $Z_{ps3}$ :

$$X_{ps3} = X_{ps2} \quad (67)$$

$$Y_{ps3} = Y_{ps2} \quad (68)$$

$$Z_{ps3} = Z \cdot h_{ps} + h_{nk} - h_{sk} + h_{o1} + h_{o2} \quad (69)$$

Kształt i położenie górnej poprzeczki oparcia nogi krzesła opisano współrzędnymi  $X_{ps4}$ ,  $Y_{ps4}$ ,  $Z_{ps4}$ :

$$X_{ps4} = X_{ps2} \quad (70)$$

$$Y_{ps4} = Y_{ps2} \quad (71)$$

$$Z_{ps4} = Z \cdot h_{ps} + h_{n1} - h_{ps} \quad (72)$$

Kształt i położenie oparcia krzesła opisano współrzędnymi  $X_o$ ,  $Y_o$ ,  $Z_o$ ,  $X_{oa}$ ,  $Y_{oa}$ ,  $Z_{oa}$ :

$$X_o = X \cdot b_{ok} + (ask - 2 \cdot ank) - b_{ok} \quad (73)$$

$$Y_o = Y \cdot (bsk - b_{op}) + \frac{b_{op}}{2} + b_{nk} \quad (74)$$

$$Z_o = Z \cdot h_{ok} + h_{n1} + h_{o1} \quad (75)$$

$$X_{oa} = X \cdot b_{ok} + (ask - 2 \cdot ank) \quad (76)$$

$$Y_{oa} = Y_o \quad (77)$$

$$Z_{oa} = Z \cdot \left\{ h_{ok} - \left( 2 \cdot h_{ps} - \frac{h_{ol}}{2} \right) \right\} + h_{nk} + h_{o1} + h_{ps} - h_{op} - \theta \quad (78)$$

Kształt i położenie bocznej pierwszej poprzeczki krzesła opisano współrzędnymi  $X_{ps5}$ ,  $Y_{ps5}$ ,  $Z_{ps5}$ :

$$X_{ps5} = X \cdot (ask - \chi \cdot ank) + \lambda \cdot ank \quad (79)$$

$$Y_{ps5} = Y \cdot b_{nk} \quad (80)$$

$$Z_{ps5} = Z \cdot h_{pb} + h_{nk} - h_{pb} \quad (81)$$

Kształt i położenie bocznej drugiej poprzeczki krzesła opisano współrzędnymi  $X_{ps6}$ ,  $Y_{ps6}$ ,  $Z_{ps6}$ :

$$X_{ps6} = X_{ps5} \quad (82)$$

$$Y_{ps6} = Y \cdot b_{nk} + b_{sk} + b_{nk} \quad (83)$$

$$Z_{ps6} = Z_{ps5} \quad (84)$$

Kształt i położenie przedniej łączyny usztywniającej krzesła opisano współrzędnymi  $X_{pu1}$ ,  $Y_{pu1}$ ,  $Z_{pu1}$ :

$$X_{pu1} = X \cdot b_{nk} + \frac{ank}{2} \quad (85)$$

$$Y_{pu1} = Y \cdot b_{sk} + b_{nk} \quad (86)$$

$$Z_{pu1} = Z \cdot h_{pu} + h_{nk} - \chi \cdot h_{pb} \quad (87)$$

Kształt i położenie pierwszej bocznej łączyny usztywniającej krzesła opisano współrzędnymi  $X_{pu2}$ ,  $Y_{pu2}$ ,  $Z_{pu2}$ :

$$X_{pu2} = X \cdot (ask - \chi \cdot ank) + \lambda \cdot ank \quad (88)$$

$$Y_{pu2} = Y_{ps5} \quad (89)$$

$$Z_{pu2} = Z \cdot h_{pu} + h_{nk} - \xi \cdot h_{pb} \quad (90)$$

Kształt i położenie drugiej bocznej łączyny usztywniającej krzesła opisano współrzędnymi  $X_{pu3}$ ,  $Y_{pu3}$ ,  $Z_{pu3}$ :

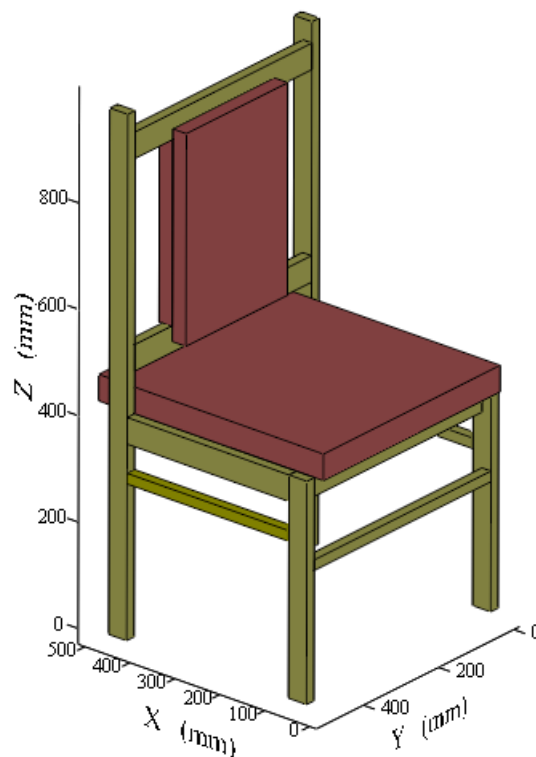
$$X_{pu3} = X_{pu2} \quad (91)$$

$$Y_{pu3} = Y_{ps6} \quad (92)$$

$$Z_{pu3} = Z_{pu2} \quad (93)$$

Podobnie jak w przypadku stołu zmiana wartości parametrów sterujących zamieszczonych w wektorze 44 powoduje zmianę geometrii krzesła bez zmiany jego kształtu. Proponowany model może być wykorzystany przy projektowaniu rodziny krzesel różniących się wymiarami.

Model krzesła zamieszczono na rysunku 4.



Rys. 4. Model krzesła.

Fig. 4. Model chairs.

Źródło: Opracowanie własne

## PODSUMOWANIE

Proponowane algorytmy obliczeniowe umożliwiają, w procesie tworzenia nowych wyrobów, generowanie rodziny elementów przez wprowadzenie parametryzacji konstrukcji. W proponowanej metodzie podstawą matematycznego modelowania jest sześcián jednostkowy zapisany w postaci macierzowej (współrzędne wierzchołków  $X, Y, Z$ ) podlegający skalowaniu i przesunięciu względem osi  $X, Y, Z$  układu współrzędnych służący do zapisu modeli elementów składowych modelowanego mebla. Powiązanie za pomocą formuł matematycznych podstawowych wymiarów elementów (długość, szerokość, wysokość lub grubość) z ich położeniem w przestrzeni (miejscem w meblu) umożliwia szybką zmianę wymiarów modelowanego mebla. Proponowaną metodę wykorzystać można we wstępnym etapie procesu projektowania do matematycznego modelowania mebli gastronomicznych, restauracyjnych i hotelowych typu szkieletowego i skrzyniowego.

## LITERATURA

- [1] **CHARYTONOWICZ J. 2007.** Ewolucja form sprzętów do siedzenia od pradziejów do wieku maszyn. Wrocław, 396.
- [2] **GUSTAFFSON S. I. 1995.** *Furniture Design by use of the Finite Element Method.* HolzalsRoh- und Werkstoff.
- [3] **GUSTAFFSON S. I. 1997.** *Optimizing ash wood chairs.* Wood Science and Technology.
- [4] **JAKUBICKI B. 2011.** Projektowanie obiektów projekcyjnych, jako elementów wnętrza. (Studium obiektów multimedialnych, budujących wirtualno-materialne hybrydy). Praca habilitacyjna. Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki w Krakowie, Wydział Architektury Wnętrz, Wrocław.
- [5] **KOZIKOWSKA A. 2010.** *Forma a konstrukcja mebli. Meble o konstrukcji belkowej oraz ramowej.* Architecturae et Artibus, Nr 4/2010, 56-65.
- [6] **PREKRAT S., PERVAN S., SMARDZEWSKI J. 2011.** *Optimization of furniture testing.* Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Forestry and Wood Technology No 73, 2011: 60-65.
- [7] **SMARDZEWSKI J. 1998.** *Numerical analysis of furniture constructions,* Wood Science and Technology.
- [8] **SMARDZEWSKI J. 2007.** Komputerowo zintegrowane wytwarzanie mebli, PWRiL. Poznań.
- [9] **STOLAREWICZ M. 2011.** *Komputer jako elektroniczny partner projektowania.* Architecturae et Artibus, 3/2011, 30-36.