

**Magdalena SKOWROŃSKA, Joanna SADOWSKA, Magdalena KROMKA-SZYDEK,**  
Zakład Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki, Instytut Mechaniki Stosowanej,  
Politechnika Krakowska, Kraków

## **MODEL DŁONI W PROGRAMIE CATIA V5 Z UWZGLĘDNIENIEM PARAMETRÓW RUCHLIWOŚCI RĘKI**

Streszczenie. Celem prezentowanej pracy było stworzenie modelu dłoni uwzględniającego parametry ruchliwości ręki. W referacie przedstawione zostały uśrednione wyniki uzyskane z badań sprawności ręki. Analizie poddano 16 parametrów, jakimi charakteryzuje się kończyna sprawna. Do realizacji tematu wykorzystano system wspomagania procesu projektowania Catia v5. Powstała koncepcja modelu jest bazą do stworzenia prototypu protezy dłoni.

### 1. WSTĘP

Amputacja stanowi najbardziej radykalny sposób leczenia, jednak dzięki rozwojowi współczesnej nauki i techniki w medycynie nie musi już oznaczać kalectwa. Nowoczesne protezy mają za zadanie, w najbardziej dogodny dla pacjenta sposób, pomagać w przezwyciężaniu ograniczeń wynikających z utraty kończyny.

Budowa sztucznej ręki i jej organizacja muszą umożliwiać chwytanie dowolnego przedmiotu z dużą dokładnością, dynamiką i odpowiednią siłą, w sposób zsynchronizowany przez niezależny ruch palców i kciuka.

Skonstruowanie protezy dłoni stanowi bardzo skomplikowany problem z uwagi na złożoność, różnorodność i precyzję wykonywanych rękami czynności. Dodatkowym utrudnieniem jest przeniesienie na model parametrów ruchliwości charakterystycznych dla zdrowej kończyny i indywidualnych dla każdego człowieka.

### 2. BADANIA SPRAWNOŚCI RĘKI

Badanie sprawności ręki ma na celu wykazanie jakim zakresem ruchów dysponuje dany staw (ruch bierny) oraz jakim zakresem badany potrafi się posłużyć (ruch czynny). W zwykłych warunkach zakres ruchów biernych praktycznie niemal pokrywa się z zakresem ruchów czynnych, w stanach patologicznych mogą jednak istnieć duże różnice.

Badaniom poddane były kolejno zakresy ruchliwości nadgarstka, kciuka oraz palców II, IV, V. Grupę badawczą stanowili studenci w przedziale wiekowym 20-22 lata (70 osób).

W przypadku badania nadgarstka, sprawdzane były zakresy: prostowania lub uniesienia grzbietowego, zginania dłoniowego, odchylenia promieniowego, odchylenia łokciowego.

Badając ruchliwość kciuka mierzono rozciągłości: odwodzenia równoległego, odwodzenia dłoniowego, zgięcia w stawie międzypaliczkowym, zgięcia w stawie śródrečno-paliczkowym, przeciwstawiania.

Natomiast ocena ruchliwości palców II-V obejmowała zakresy: zgięcia w stawie międzypaliczkowym dalszym, zgięcia w stawie międzypaliczkowym bliższym, zgięcia w stawie śródrečno-paliczkowym, odwodzenie i przywodzenie palców.

## 2.1. Wyniki badań ruchliwości ręki

Punktem wyjścia dla pomiarów jest pozycja pośrednia, czyli zerowa, stawów. Odpowiada ona normalnemu, anatomicznemu położeniu stawów u człowieka, gdy stoi on prosto, patrząc przed siebie.

Pozycja wyjściowa do badania nadgarstka: pełny wyprost, gdy ręka tworzy przedłużenie przedramienia. Pozycja wyjściowa do badań kciuka: wyprost z przyłożeniem się wzdłuż wskaziciela w przedłużeniu osi kości promieniowej. Pozycja wyjściowa do badań palców II-V: wyprost palców ustawionych równolegle do siebie w osi płaszczyzny grzbietu ręki i nadgarstka.

Celem badania ręki jest wykrycie i ustalenie istniejących dysfunkcji. Badanie nie informuje o rozległości zmian autonomicznych.

Tabela 1. Wyniki pomiarów ruchliwości ręki w odniesieniu do norm literaturowych.

		średnia	max.	min.	norma [2]
NADGARSTEK	prostowanie/uniesienie grzbietowe	76,24	120	43	70
	zginanie dłoniowe	74,44	120	15	80
	odchylenie promieniowe	34,96	75	10	20
	odchylenie łokciowe	43,49	70	12	b.d.
KCIUK	odwodzenie równoległe	78,06	105	46	70
	odwodzenie dłoniowe	78,17	110	40	70
	zgięcie w st. międzypaliczkowym	72,92	125	19	0-80
	zgięcie w st. śródrečno-paliczkowym	48,55	144	0	0-50
	przeciwstawianie	2,18	30	0	0
PALCE	zgięcie w st. międzypaliczkowym dalszym	74,58	165	0	90
	zgięcie w st. międzypaliczkowym bliższym	98,55	160	23	100
	zgięcie w st. śródrečno-paliczkowym	58,45	137	0	90
	odwodzenie i przywodzenie palca II	43,62	90	15	b.d.
	odwodzenie i przywodzenie palca IV	35,81	80	7	b.d.
	odwodzenie i przywodzenie palca V	58,35	150	29	b.d.

## 2.2. Analiza wyników

Zamieszczone w pracy wyniki badań sprawności ręki są charakterystyczne dla dobrze rozwiniętej, sprawnej kończyny. Zawężone zakresy ruchliwości najczęściej spowodowane są różnorodnymi przebytymi urazami. Równocześnie obserwowane szersze od średnich zakresy ruchliwości przeważnie są następstwem długiej aktywności sportowej (np. siatkówka, koszykówka) lub gry na instrumentach muzycznych (np. pianino).

Przedstawione statystyki poszczególnych ruchliwości pozwalają na określenie stopnia sprawności ręki oraz, w przypadku wyraźnych odstępstw od normy, dokładnej kontroli kończyny i jej ewentualnej rehabilitacji. Prawidłowe zakresy ruchomości poszczególnych stawów gwarantują poprawne wykonywanie dowolnego rodzaju chwytów ręki (precyzyjnych i siłowych).

Dla potrzeb powyższej pracy określone parametry ruchliwości umożliwiły nałożenie warunków brzegowych w modelu ręki, w programie Catia v5. Proces ten wyeliminował ograniczenia ruchu protezy spowodowane kolizją elementów.

### 3. ISTOTA MODELOWANIA W PROGRAMIE CATIA V5.

Obecnie proces tworzenia prototypu poprzedzany jest wykonaniem komputerowego modelu, na którym prowadzone są obliczenia, mające na celu zoptymalizowanie konstrukcji.

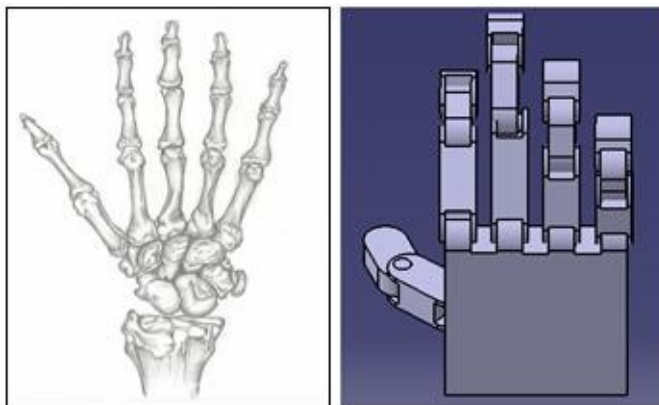
System CAD wspomaga projektowanie oraz tworzenie dokumentacji technicznej. Modelując w tym systemie mamy jednak ograniczone możliwości, ale odpowiednio organizując cały proces projektowania możemy znacznie poprawić końcowy rezultat.

CATIA to zaawansowany system CAD/CAM/CAE. Dostarcza on spójne, zintegrowane narzędzia do wspomagania prac na wielu etapach: od projektowania pojedynczych elementów poprzez tworzenie złożeń do projektowania procesu technologicznego obróbki. System ten jest także wyposażony w szereg narzędzi umożliwiających zautomatyzowanie procesu projektowania wyrobu. Ponadto posiada on moduły wyspecjalizowane w przeprowadzaniu analizy ergonomiczności konstrukcji, analizy wytrzymałościowej oraz optymalizacji.

### 4. MODELOWANIE DŁONI

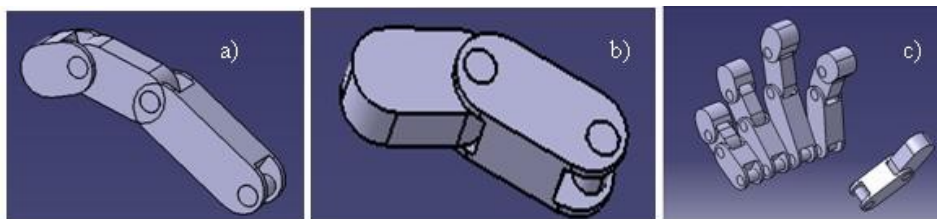
Projekt dłoni powstał poprzez modelowanie bryłowe. Poszczególne elementy ręki zaprojektowano w programie Catia v5 w module Part Design. Ponieważ dłoń ludzka jest bardzo złożona pod względem anatomicznym i nie jest możliwe stworzenie idealnego modelu konieczne było wprowadzenie uproszczeń:

- stawy zostały zobrazowane w postaci walców, co miało ułatwić późniejsze złożenie modelu,
- kości śródręcza w modelu zostały przedstawione jako jeden element będący wielościanem.

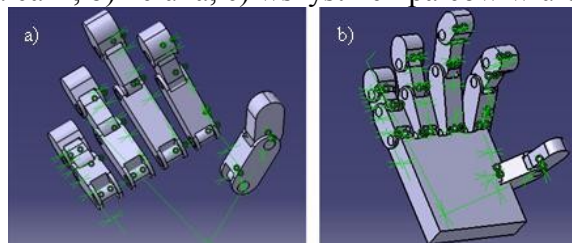


Rys. 1. Budowa anatomiczna oraz model komputerowy ręki

Pracę rozpoczęto od zamodelowania jednego palca. Ponieważ palce różnią się od siebie tylko skalą i proporcjami, mając gotowy jeden palec wystarczy skopiować go i przeskalować, aby uzyskać palce II-V (rys. 2a i 2c). Stworzony model, w skali 1:1, posiada cztery palce i przeciwny kciuk.



Rys.2. Modele: a) palca II, b) kciuka, c) wszystkich palców w ułożeniu anatomicznym



Rys.3. Modele z więzami złożeniowymi: a) palce, b) dłoń

Do modułu Assembly Design importowano wcześniej zarejestrowane pliki, gdzie scalono je w całość i nadano im więzy złożeniowe. Następnie złożenie modeli brylowych w module Assembly Design zostało zaimportowane do trybu DMU Kinematics Simulator. Konwersja więzów złożeniowych na więzy kinematyczne została narzucona półautomatycznie.

## 5. PODSUMOWANIE

Program CATIA v5 proponuje wiele rozwiniętych funkcji, wspomagających tworzenie i zapis konstrukcji. Za jego pomocą można wysunąć wnioski związane z oceną użyteczności oraz funkcjonalności projektowanego wyrobu.

Modelowanie dłoni stanowi duży problem ze względu na złożoność i różnorodność czynności wykonywanych rękami. Zmierzenie zakresu ruchliwości ręki jest możliwe dzięki istnieniu prostych metod badawczych. Uzyskane z badań parametry pozwalają na uwzględnienie zakresu ruchliwości poszczególnych stawów w stworzonym modelu, co umożliwi zoptymalizowanie protezy do możliwości pacjenta.

Przedstawiony w pracy model jest wstępem do dalszych badań nad rozwojem protezy kończyny górnej.

## LITERATURA

- [1] Wętyczko A.: Catia v5. Sztuka modelowania powierzchniowego. Wyd.1. Helion, 2010.
- [2] Marciniak W.: Szulc A.: Wiktora Degi ortopedia i rehabilitacja. PZWL. Warszawa, 2008.
- [3] Wyleżoł M.: Modelowanie bryłowe w systemie CATIA. Przykłady i ćwiczenia. Helion
- [4] Wyleżoł M.: Catia v5. Modelowanie i analiza układów kinematycznych. Helion

## **HAND'S MODEL IN THE CATIA V5 SYSTEM INCLUDING DEXTERITY PARAMETERS**

Summary. The aim of this work was to create the hand's model including the parameters of hand's dexterity. This paper presents the average results taken from the research on the hand's fitness. The implementation of work thesis was supported by multimodal computer application for engineering works and 3D modeling Catia v5.