

## Abstrakt

### **Budowa modelu matematycznego na cel modelowania numerycznego sztucznych zastawek wykorzystywanego w wirtualnych zabiegach chirurgicznych**

**Słowa kluczowe:** zastawka aortalna, hemodynamika, siatka ruchoma i odkształcalna, interakcja płyn-ciało stałe, numeryczna mechanika płynów, tętnica wieńcowa, przepływ krwi, zwapnienie, wirtualny zabieg chirurgiczny, walidacja modelu numerycznego, stanowisko testowe, widzenie komputerowe

Choroby zastawek są dominującą grupą wśród schorzeń układu krwionośnego. Mogą wystąpić jako choroby wrodzone lub pojawiają się wraz z wiekiem. Najczęstszą chorobą zastawki jest zwapnienie zastawki aortalnej, sięgające 13% populacji powyżej 65 roku życia. Dla pacjentów w zaawansowanym stadium, wszczepienie protezy jest jedynym rozwiązaniem, jednakże może to prowadzić do licznych komplikacji. Ogromny potencjał jest widziany w rozwoju podejścia łączącego echokardiografię z zaawansowanym modelem numerycznym. W pracy doktorskiej zastosowano różne podejścia do modelowania ruchomych, sztywnych lub odkształcalnych struktur, jak zastawka anatomiczna i sztuczna. Wykorzystano różne sposoby realizacji ruchomej siatki numerycznej. Wyniki modeli zwalidowano na stanowisku laboratoryjnym oraz przy użyciu danych fizjologicznych. Stanowisko laboratoryjne było wyposażone w pompę pulsacyjną, kamerę szybką, przepływomierz, przetworniki ciśnienia oraz specjalny stelaż zaprojektowany na cel pomiarów. Model matematyczny obejmował rozwiązanie fizyki obecnej po stronie płynu i ciała stałego, jak również wzajemną interakcję pomiędzy tymi stronami. Równania przepływowe zawierały równania różniczkowe cząstkowe Naviera-Stokesa, równania turbulencji i model Windkessela dla warunku brzegowego, stworzony na bazie analogii elektrycznej. Zaimplementowano również model cieczy nie-Newtonowskiej Carreau do procedury obliczeniowej. Po stronie ciała stałego, wykorzystano równania mechaniczne, pozwalające na wyznaczenie zmiennych w czasie deformacji. Dla ciał nieodkształcalnych, zaimplementowano model własny wyznaczający ich ruch wskutek ruchu płynu. Praca sztucznej zastawki została przeanalizowana przy jej wirtualnym wszczepieniu do rzeczywistej geometrii naczyń pacjenta. Zaimplementowano model własny wyznaczający ruch sztucznej zastawki. Stworzono algorytmy do przetwarzania danych z kamery szybkiej, do wyznaczania kąta nachylenia płatów oraz stopnia otwarcia zastawki. Dwustronny model interakcji płyn-ciało stałe został wykorzystany do modelowania zastawki anatomicznej, z wykorzystaniem nowego sposobu realizacji siatki ruchomej. Zbadano wpływ procesu gromadzenia się blaszki miażdżycowej na pracę zastawki anatomicznej oraz sztucznej.