**Przykładowe tematy zadań projektowych na zajęcia**

**Obliczenia numeryczne**

**Forma projektu:**

Projekt powinien być oddany w formie raportu prezentującego jak zostały wykonane obliczenia (w formie instrukcji). Zastosowane ustawienia (np. wymiary, wartości liczbowe użyte w różnego rodzaju funkcjach oprogramowania ANSYS, właściwości termo-fizyczne czynników roboczych, wykorzystane modele i ich ustawienia, itp.) powinny być dokładnie udokumentowane (rysunki, tabele, opisy, schematy).

**Każdy projekt powinien zawierać następujące elementy:**

* Opis modelowanego zagadnienia
* Model fizyczny (zjawiska fizyczne jakie występują w modelowanym zagadnieniu)
* Model matematyczny (zjawiska fizyczne jakie będą uwzględniane podczas modelowania)
* Wykonanie modelu geometrycznego i jego opis (z jakich elementów się składa, jakich powierzchni, jak wygląda, itp.)
* Wykonanie siatki numerycznej i jej opis (krótko opisać główne kroki tworzenia siatki, pokazać szczegóły siatki, jej przekroje, gdzie została zagęszczona a gdzie nie, ile ma elementów i jakiego typu, itp.)
* Model numeryczny (opisać w jaki sposób rozwiązywane jest zagadnienie, jaki typ symulacji, jakie są warunki brzegowe, warunki początkowe, ustawienia solvera, właściwości termofizyczne czynnika roboczego, warunki zbieżności, punkty monitorujące, jakie schematy różnicowe użyte, jakie modele użyte, itp.)
* Znalezienie siatki optymalnej (tzw. mesh independence study)
* Jeśli jest to możliwe – walidacja modelu numerycznego przez porównanie z wynikami z literatury (eksperymentalnymi lub numerycznymi) lub analitycznymi; zwykle przeprowadza się je dla przypadku testowego, który charakteryzuje się znacznie prostszą geometrią w porównaniu do docelowej.
* Prezentacja wyników dla przypadku podstawowego
* Dyskusja wyników przypadku podstawowego i wyciągnięcie wniosków
* Optymalizacja – na podstawie uzyskanych wyników dla geometrii podstawowej należy zaproponować ulepszenia modelu matematycznego lub geometrycznego tak, aby zoptymalizować wybrany parametr (np. dla przypadku opływu pojazdu, zmiana jego geometrii w celu uzyskania mniejszego współczynnika oporu; dla wymiany ciepła w kanale, znalezienie prędkości optymalnej, przy której występuje maksymalny strumień ciepła i minimalne straty ciśnienia, itp.)
* Podsumowanie

**Przystąpienie do realizacji projektu:**

Aby przystąpić do realizacji projektu należy wcześniej uzgodnić temat oraz zawartość projektu z Prowadzącym. W tym celu można zgłosić się na konsultacje lub wysłać mailowo wypełnioną tabelę z danymi do projektu:

|  |  |
| --- | --- |
| Tytuł projektu |  |
| Cel projektu |  |
| Zadania do wykonania |  |

Przykładowa tabela z danymi do projektu:

|  |  |
| --- | --- |
| Tytuł projektu | Modelowanie numeryczne opływu płata lotniczego NACA 2412 |
| Cel projektu | Numeryczne wyznaczanie optymalnego kąta natarcia dla płata lotniczego NACA 2412 |
| Zadania do wykonania | - opis modelowanego zagadnienia  - sporządzenie podstawowej geometrii modelu  - wykonanie siatki numerycznej  - opracowanie modelu numerycznego  - znalezienie siatki optymalnej dla przypadku podstawowego  - wykonanie symulacji numerycznych dla siatki optymalnej przy ustalonej liczbie Reynoldsa dla różnych kątów natarcia i wyznaczenie optymalnego kąta natarcia dla geometrii podstawowej  - modyfikacja geometrii w celu zwiększenia siły nośnej  - porównanie wyników przypadku podstawowego i ze zmodyfikowaną geometrią  - podsumowanie i wnioski |

## Schemat postępowania przy opracowaniu raportu

1. Wykonać schemat zagadnienia na kartce (wygląd domeny/domen obliczeniowych, warunki brzegowe, itp.) i skonsultowanie go z Prowadzącym.
2. Wykonanie geometrii przypadku podstawowego.
3. Wykonanie podstawowej siatki (zgrubnej).
4. Opracowanie modelu numerycznego dla przypadku podstawowego.
5. Znalezienie siatki optymalnej.
   1. W modelu numerycznym wybrać ważny parametr (Monitor point), na podstawie którego określane będzie kiedy można wyłączyć obliczenia (przerwać iteracje) – np. moment obrotowy dla mieszalnika, strumień ciepła dla wymiennika ciepła, współczynnik oporu dla opływu ciała, itp.
   2. Wygenerować 4 siatki numeryczne o różnych zagęszczeniach (np. 50, 100, 200 i 400 tys. węzłów (nodes; licencja jest do 512 tys. nodes)
   3. Skopiować opracowany model numeryczny do opracowanych siatek i wykonać obliczenia. W każdym przypadku zapisać wartość monitor point w stanie ustalonym i liczbę węzłów siatki.
   4. Wykonać wykres monitor point w funkcji liczby węzłów (np. w MS Excel) i wybrać siatkę optymalną.
6. Opracować wyniki (kontury, wektory, linie prądu, wykresy, tabele, itp.) dla przypadku podstawowego na optymalnej siatce. Wyciągnąć wnioski odnośnie jak zmienić geometrię w celu optymalizacji wybranego parametru.
7. Zmodyfikować geometrię i wykonać dla niej siatkę numeryczną z ustawieniami takimi jak dla znalezionej siatki optymalnej.
8. Wykonać obliczenia dla zmodyfikowanej geometrii.
9. Opracować wyniki (kontury, wektory, linie prądu, wykresy, tabele, itp.) dla zmodyfikowanej geometrii i zestawić je z przypadkiem podstawowym. Najlepiej zrobić to w ten sposób, że dla obu przypadków prezentujemy te same wyniki i zestawiamy na jednym rysunku obok siebie (najlepiej użyć tabeli i potem wyłączyć ramki).
10. Wykonać dyskusję wyników.
11. Podsumować pracę i wypisać 3 najważniejsze wnioski z wykonanych analiz.

## Przykładowe tematy projektów

1. **Analiza numeryczna wymiany ciepła w kolektorze słonecznym rurowym**

Dla wybranej konstrukcji kolektora słonecznego rurowego określić moc cieplną jego jednego segmentu. Obliczenia wykonać dla następujących przypadków:

1. Wewnątrz rury znajduje się powietrze
2. Wewnątrz rury znajduje się próżnia
3. **Analiza numeryczna przepływu w turbinie wiatrowej.**

Dla wybranej konstrukcji turbiny wiatrowej obliczyć jej moc. Wykonać charakterystykę mocy turbiny w funkcji prędkości obrotowej wirnika.

1. **Analiza numeryczna wymiany ciepła w wymienniku płaszczowo-rurowym.**

Dla wybranej konstrukcji wymiennika płaszczowo-rurowego obliczyć jego moc cieplną. Obliczenia wykonać dla następujących przypadków:

1. Współprąd
2. Przeciwprąd
3. **Analiza numeryczna przepływu przez zawór Tesli.**

Dla wybranej geometrii zaworu Tesli obliczyć jego diodyczność (ang. diodicity). Jak zmieni się diodyczność, jeżeli:

1. Szerokość cieńszego kanału zmniejszy się dwukrotnie
2. Szerokość szerszego kanału zmniejszy się dwukrotnie
3. **Modelowanie skraplania pary wodnej na pionowej płycie.**

Dla zakresu laminarnego skraplania pary na płycie pionowej zwalidować model skraplania zaimplementowany w ANSYS CFX. Rozwiązanie numeryczne porównać z rozwiązaniem analitycznym (zagadnienie Nusselta). Następnie wykonać obliczenia skraplania pary nasyconej na rurze poziomej.

1. **Optymalizacja kształtu ciała pod względem opływowym.**

Dla wybranej geometrii dowolnego pojazdu obliczyć jego współczynnik oporu. Następnie należy zmodyfikować geometrię wyjściową tak, aby dla tych samych warunków przepływu współczynnik oporu zmniejszył się.

1. **Modelowanie konwekcji swobodnej w reaktorze jądrowym.**

Dla uproszczonej, wybranej geometrii reaktora jądrowego obliczyć możliwy strumień ciepła jaki może zostać odebrany w przypadku awarii chłodzenia reaktora. Jak zmodyfikować geometrię/przepływ wokół reaktora w celu zwiększenia konwekcyjnej wymiany ciepła? O ile wzrośnie wtedy strumień ciepła?

1. **Analiza numeryczna procesów przepływowych w cyklonie.**

Dla wybranej konstrukcji cyklonu obliczyć jego sprawność odpylania powietrza. Jak należy zmienić geometrię układu, aby sprawność odpylania została zwiększona?

1. **Modelowanie przepływów naddźwiękowych w dyszy de Lavala.**

Dla wybranej geometrii dyszy de Lavala obliczyć siłę ciągu. Jak należy zmodyfikować geometrię dyszy, aby siła ciągu wzrosła?

1. **Modelowanie przepływu przez ciało porowate.**

Określić jaki strumień ciepła można odebrać od złoża geotermalnego o wymiarach 1 m3. Jaka będzie wymagana pompa jeżeli złoże znajduje się na głębokości 6 km?

1. **Modelowanie procesów cieplno-przepływowych płynu newtonowskiego w mieszalniku.**

Dla wybranej geometrii mieszalnika obliczyć jego wydajność cieplną dla różnych prędkości obrotowych wirnika (łącznie z przypadkiem gdy wirnika nie ma lub jest nieruchomy).

1. **Modelowanie przepływu przez wirnik pompy odśrodkowej.**

Dla wybranej geometrii wirnika pompy odśrodkowej wyznaczyć jego charakterystykę przepływową.

1. **Modelowanie wymiany ciepła w wymienniku ciepła z wężownicą.**

Dla wybranej geometrii wymiennika ciepła z wężownicą obliczyć jego moc cieplną. Obliczenia wykonać w układzie:

1. Współprądowym
2. Przeciwprądowym
3. **Modelowanie przepływu dwufazowego w mieszalniku.**

Dla wybranej geometrii mieszalnika woda-powietrze określić moc silnika wymaganego do napędu wirnika.

1. **Analiza numeryczna wentylacji powietrza w pomieszczeniu z regulacją temperatury.**

Dla wybranej geometrii pokoju określić średnią temperaturę w pomieszczeniu w stanie ustalonym. Jaki powinien być strumień masy chłodnego/ciepłego powietrza, aby temperatura w pokoju była stała i wynosiła 22°C?

1. **Modelowanie procesu kawitacji w wirniku pompy.**

Dla wybranej geometrii wirnika pompy odśrodkowej wykonać obliczenia sprawdzające czy dla zadanych warunków przepływu nie wystąpi kawitacja.

1. **Numeryczne wyznaczanie charakterystyki NPSH dla pompy.**

Dla wybranej geometrii wirnika pompy odśrodkowej wykonać charakterystykę NPSH.

1. **Modelowanie procesu mieszania dwóch czynników w mieszalniku statycznym.**
2. **Modelowanie przepływu pary przez łopatki turbiny parowej**
3. **Analiza numeryczna segmentu ogrzewania podłogowego.**