

Dzierżawa pakietu oprogramowania obliczeniowej mechaniki płynów (CFD) umożliwiającego modelowanie przepływów hipersonicznych wraz z usługą wsparcia technicznego

Oprogramowanie musi posiadać następujące funkcjonalności /cechy /parametry:

1. W zakresie związanym z pre-processingiem (tworzenie geometrii i siatki objętości skończonych):

1.1. Możliwość wykorzystania platformy integrującej poszczególne moduły oprogramowania

- Możliwość łatwego łączenia bloków (geometria, siatka, analizy mechaniczne, analizy dynamiczne itd.)
- Możliwość parametryzacji modelu
- Optymalizacja bezpośrednia
- Pre- i post-processing wykonywany w jednym programie

1.2. Geometria

- Import oraz export geometrii z/do uniwersalnych formatów, np: *.X_T, *.X_B, *.STEP, *.IGES i innych
- Możliwość wczytywania pliku bezpośredniego z następujących systemów CAD: Inventor, SolidWorks, SolidEdge
- Możliwość parametryzacji modelu, wykonanego w programie jak i geometrii importowanej
- Możliwość edycji geometrii bez konieczności tworzenia szkiców
- Możliwość pisanie oraz nagrywania skryptów
- Możliwość tworzenia geometrii w oparciu o równania
- Możliwość pracy z plikami *.STL oraz narzędzia do inżynierii odwrotnej
- Możliwość kopiowania geometrii pomiędzy różnymi modelami
- Dostępność narzędzi wykrywających błędy geometrii oraz umożliwiających ich naprawę
- Możliwość wykrywania przenikania się brył w modelu
- Automatyczne poszukiwanie i edycja zbędnych cech geometrycznych (np. usuwanie otworów i małych powierzchni)
- Możliwość stosowania operacji boolean
- Możliwość tworzenia grup elementów, które można wykorzystać w symulacjach numerycznych
- Możliwość wykonywania złożeń elementów
- Automatyczne tworzenie powierzchni środkowej z obiektów bryłowych wraz z atrybutem grubości
- Automatyczne tworzenie geometrii wokół elementu bryłowego na potrzeby symulacji przepływowych
- Automatyczne tworzenie geometrii wewnątrz elementu bryłowego na potrzeby symulacji przepływowych

- Możliwość wykonania dokumentacji 2D na podstawie modelu geometrycznego
- Możliwość generowania siatki elementów skończonych na potrzeby symulacji numerycznych bezpośrednio w interfejsie graficznym programu

1.3. Generacja siatki numerycznej

1. Generacja siatek poliedralnych, poly-hexcore, hexcore, czworościennych i siatek z warstwą przyścienną
2. Predefiniowane szablony do generacji siatek
3. Generacja siatek w trybie równoległym
4. Możliwość generacji siatki w trybie wsadowym
5. Technologia wrappingu
6. Technologia rapid octree
7. Automatyczna generacja siatek hex metodą blockingu dostosowana do maszyn wirnikowych
8. Generacja siatki dla ostrych lub zaokrąglonych krawędzi natarcia i spływu
9. Uwzględnianie szczeliny między łopatką a piastą
10. Generacja siatek hybrydowych
11. Generacja siatek metodą sweep

2. W zakresie związanym z post-processingiem

2.1. Opracowanie wyników uzyskanych obliczeń

- funkcja automatycznego uzyskania raportu z symulacji
- funkcja uzyskania określonych wartości (m.in. rozkładów ciśnień, pól temperatur, odkształceń) we wskazanych elementach
- funkcja wizualizacji pola przepływu poprzez narzędzie line integral convolution
- prezentacja wyników w postaci skalarów, wektorów, wykresów zmienności danego parametru w czasie, animacji
- możliwość przygotowania skryptów w języku Python
- kompatybilność z VR (virtual reality)
- możliwość przetwarzania danych z symulacji w trybie wsadowym, bez interfejsu graficznego
- możliwość porównania wyników otrzymanych z różnych symulacji, do 32 różnych plików jednocześnie
- możliwość mapowania tekstur
- wykorzystanie bibliotek OpenGL
- możliwość pracy na dużych modelach (zrównoleglenie procesu analizy wyników)
- możliwość analizy wyników pochodzących z różnych solverów: mechanicznych, przepływowych, elektromagnetycznych, w formatach Abaqus, ANSYS Fluids Post, AVUS, AcuSolve, Autodyn, Barracuda, CFX, CGNS, CRUNCH, CTH, Converge_input, EnSight, ExodusII, FAST Unstructured, FORTE, FPRP, Flow3D-Multiblock, Fluent, GMV, Inventor, LS-DYNA3D, MSC.Marc, MSC/Dytran, Nastran, NetCDF, OVERFLOW, OpenFoam, PERMAS, PLOT3D, Polyflow, SDRC Ideas,



STL, Silo, Software Cradle FLD, Star-CD CCM, Tecplot, VTK, Vectis, ,Wavefront OBJ, Xdmf2, Xdmf3

3. W zakresie związanym z solverem

3.1. Zagadnienia cieplnoprzepływowe

- przewodzenie, model ścianki zerowej grubości z przewodzeniem ciepła w kierunku stycznym
- możliwość tworzenia ścianek zerowej grubości składających się z wielu warstw
- konwekcja
- promieniowanie (modele S2S, Monte Carlo, DO, P-1, Rosseland)
- zmiana fazy poprzez entalpię
- łączenie różnych mechanizmów transportu ciepła (konwekcja swobodna, wymuszona i mieszana)
- uproszczone modele wymienników ciepła (podejścia wykorzystujące NTU i efficiency)
- modele przemian fazowych w tym wrzenia, parowania, kondensacji, krzepnięcia i topnienia

3.2. Zagadnienia płynowe

- dedykowane solwery CFD do modelowania zagadnień 2D i 3D
- solwery pressure-based i density-based
- solwery typu coupled i segregated
- stany ustalone lub nieustalone
- przepływy ściśliwe i nieściśliwe, w tym model gazu idealnego, aproksymacja Boussinesqa
- funkcja importu rozkładu zmiennych z plików zewnętrznych
- przepływ płynów nielepkich i lepkich
- przepływy subsoniczne, transoniczne oraz hipersoniczne
- przepływy laminarne, turbulentne (RANS, URANS: S-A, k- ϵ standard, RNG i realizable; k- ω standard, GEKO, BSL i SST; RSM linear pressure-strain, quadratic pressure-strain, stress-omega, stress-BSL; LES, SAS, DES, DDES, SDES, SBES, ELES)
- cieczy newtonowskie i nienewtonowskie
- modele gazu rzeczywistego
- konfigurowalne parametry materiałowe
- przepływ swobodny lub wymuszony
- analizy aeroakustyczne (Ffowcs Williams-Hawkings, Broadband Noise Source)
- modelowanie ruchu elementu (Dynamic Mesh)
- ruch ciała stałego z uwzględnieniem sześciu stopni swobody.
- przepływy wielofazowe (modele DPM, Mixture Model, DDPM, VOF, Euler-Euler, DEM, Eulerian Wall Film z opcją kondensacji oraz odparowania)
- zaimplementowany model Bilansu Populacji
- mieszanie z uwzględnieniem wymiany ciepła



- symulacja spalania na wielu poziomach szczegółowości (modele premixed, non-premixed i partially premixed) wraz z uwzględnieniem powstawania termicznych NOx
- symulacja zagadnień z poruszającą się i odkształcalną siatką
- solver ma wbudowaną opcję remeshingu
- solver ma wbudowaną opcję zamiany siatki czworościennej na poliedralną
- solver ma wbudowaną opcję mesh-morphingu
- solver ma wbudowaną opcję optymalizacji
- solver ma wbudowaną opcję adjoint solver
- solver ma wbudowaną opcję adaptacyjnego zagęszczania siatki
- solver ma wbudowaną opcję overset mesh
- solver z funkcjonalnością implementacji własnych modeli poprzez makra w języku C
- funkcja modelowania kawitacji (modele Schnerr-Sauer oraz Zwart-Gerber-Belamri)
- modelowanie reakcji chemicznych oraz zjawisk elektrochemicznych
- możliwość zrównoleglenia obliczeń na wielu rdzeniach procesora
- gwarantującą dużą skalowalność obliczeń
- szablony pozwalające na przygotowanie symulacji maszyn wirnikowych łącznie z analizą wyników
- modele: SRF, MRF, sliding mesh, TBR
- modele łączenia kolejnych stopni wieńców łopatek: uśrednianie (mixing plane), podejście zamrożonego wirnika (frozen rotor), modele transformacji profilu, transformacji w czasie, transformacji w dziedzinie częstotliwości
- możliwość definicji wyrażeń dla warunków brzegowych i post-processingu
- VOF to DPM transition model
- możliwość symulowania procesu erozji (erosion dynamic mesh)
- możliwość generacji modelu zredukowanego (ROM) między innymi w połączeniu z programem Twin Builder
- ruchome i deformowalne siatki
- przeprowadzanie analiz parametrycznych
- narzędzia dedykowane do analiz procesu spalania w silnikach o spalaniu wewnętrznym
- funkcja modelowania wytłaczania tworzyw sztucznych oraz rodmuchu: wytłaczanie, współwytłaczanie, przedzenie włókiem, rodmuchiwanie i termoformowanie
- import ECAD do modelowania termicznego PCB
- Virtual Blade Model
- śledzenie trajektorii cząstek z uwzględnieniem ich masy
- makroskopowy model cząstek
- reagujące/spalające się cząstki
- rozpad i koalescencja cząstek
- modelowanie sadzy



- możliwość wykorzystania mechanizmów reakcji z biblioteki modelowej paliwa
- modele wirtualnych otworów chłodzących
- modelowanie elektrochemii dla baterii litowo-jonowych
- modelowanie spęszczania baterii
- modelowanie trwałości baterii
- modelowanie ogniw paliwowych
- okresowe interfejsy
- możliwość obsługi oprogramowania w trybie wsadowym
- rozwiązywanie równoległe w chmurze uruchamiane z komputera stacjonarnego
- sprzęganie jednostek funkcyjnych modelu (FMU)
- aero-optyka w połączeniu z innym oprogramowaniem
- wibroakustyka
- magnetohydrodynamika płynów (MHD)
- modelowanie zapłonu iskrowego metodą DPIK
- algorytm do stabilizacji i przyspieszania obliczeń z dużymi prędkościami

3.3. Optymalizacja

- możliwość parametryzacji modelu
- możliwość wykonania szeregu symulacji na bazie tabeli wielkości wejściowych
- możliwość identyfikacji korelacji między parametrami wyjściowymi a wejściowymi
- możliwość wykonania planu eksperymentu (metody Central Composite Design, Optimal Space-Filling Design, Box-Behnken Design, Sparse Grid Initialization, Latin Hypercube Sampling)
- możliwość stworzenia modelu powierzchni odpowiedzi (metody Genetic Aggregation, Full 2nd Order Polynomials, Kriging, Non-Parametric Regression, Neural Network, Sparse Grid)
- narzędzia do analizy modeli płaszczyzny odpowiedzi
- możliwość wykonania optymalizacji bezpośredniej

3.4. Skalowalność i obliczenia równoległe

- skalowalność solwera (redukcja czasu potrzebnego na obliczenia przy zwiększaniu liczby rdzeni procesora)
- prowadzenie obliczeń równoległych na 4 rdzeniach procesora z możliwością zwiększenia liczby obsługiwanych rdzeni z zastosowaniem dodatkowych licencji
- możliwość obsługi oprogramowania w trybie wsadowym
- rozwiązywanie równoległe w chmurze uruchamiane z komputera stacjonarnego

3.5. Dodatkowe funkcjonalności

- oprogramowanie posiada zintegrowany solwer przepływowy z możliwością rozszerzenia funkcjonalności o analizy mechaniczne oraz elektromagnetyczne (w przypadku zakupu odpowiedniej licencji)
- oprogramowanie po rozszerzeniu zakresu licencji pozwala na przeprowadzanie analiz sprzężonych wytrzymałościowych,



przepływowych oraz elektromagnetycznych w ramach jednej platformy do analiz numerycznych

- oprogramowanie zapewnia wymianę danych pomiędzy narzędziami i funkcjami wspierającymi do pre/post-processingu
- istnieje możliwość instalowania wtyczek użytkownika zwiększających funkcjonalność oprogramowania

4. W zakresie związanym z obliczeniami o wysokiej wydajności (High Performance Computing)

4.1. Narzędzia do obliczeń HPC

- Możliwość uruchomienia równoległych symulacji na procesorach
- Możliwość prowadzenia osobnych, równoległych symulacji na rdzeniach procesora

Czas trwania dzierżawy

Zamawiający przewiduje dzierżawę pakietu oprogramowania na okres **41 tygodni**, w ilości jak poniżej:

- *solver*: 5 równoległych procesów z możliwością pre- i post-processingu
- *HPC*: możliwość prowadzenia równoległych symulacji na 256 rdzeniach procesora w ramach dostępnych solverów

Dodatkowe informacje

Zamawiający nie przewiduje ujawniania wyników badań prowadzonych z użyciem oprogramowania będącego przedmiotem zamówienia, tj. umowa licencyjna nie powinna nakładać na Zamawiającego jakichkolwiek obowiązków wynikających z prowadzenia działalności badawczej/akademickiej.

Dodatkowo Wykonawca zapewni wsparcie techniczne i merytoryczne ekspertów dla zespołu pracującego z użyciem dzierżawionego oprogramowania.

Zespół pracujący na oprogramowaniu będącym przedmiotem zamówienia ma wieloletnie doświadczenie w posługiwaniu się narzędziami ANSYS. W przypadku propozycji oprogramowania innego dostawcy, Wykonawca ma



obowiązek zapewnienia szkoleń, warsztatów, materiałów dydaktycznych, wsparcia technicznego i merytorycznego, umożliwiających uzyskanie pełnej operacyjności zespołu w czasie 2 tygodni od rozpoczęcia dzierżawy.

