

Informacja prasowa Narodowego Centrum Badań Jądrowych
Otwock, 5 listopada 2021 r.

“Szybkość to nasza domena” zaawansowane symulacje w projektowaniu pojazdów

Analizy numeryczne, potocznie nazywane symulacjami, stanowią dziś już nie tylko synonim innowacyjnej gospodarki, ale przede wszystkim decydują o przewadze na rynku. Ich zastosowanie przypomina pracę w wirtualnym laboratorium, gdzie bez ponoszenia kosztów budowy prototypu można zweryfikować pomysły projektantów. Symulacje numeryczne, wykorzystujące komputery dużej mocy przyspieszają obliczenia nawet kilkaset razy względem standardowych stacji roboczych. Centrum Informatyczne Świerk (CIŚ) w NCBJ oferuje takie możliwości. Zaprezentowano je na przykładzie symulacji przepływu powietrza wokół motocykla elektrycznego projektowanego przez studentów.

Jedną z gałęzi przemysłu szczególnie zainteresowaną symulacjami jest motoryzacja. Dziejąca się obecnie gwałtowna transformacja, zwłaszcza w kontekście jednostek napędowych; ze spalinowych na elektryczne, stwarza niszę dla innowacyjnych rozwiązań. W ten trend wpisuje się też Perun (<https://skap-pw.pl/index.php/pojazdy/nasze-pojazdy?id=16>) - motocykl elektryczny klasy Moto Student. Pojazd jest w całości projektowany i wykonywany przez członków Studenckiego Koła Aerodynamiki Pojazdów (SKAP) na Politechnice Warszawskiej przy wsparciu zasobów firmy Symkom i Narodowego Centrum Badań Jądrowych.

Wirtualny prototyp motocykla

Perun to oryginalna maszyna, będąca wynikiem wizji młodego pokolenia polskich inżynierów. Nie powstał na desce kreślarskiej, a jego osiągi nie zostały ustalone post-factum czyli w trakcie testów. Kształtowany jest przy użyciu narzędzi, które pozwalają stworzyć jego wirtualny odpowiednik. Numeryczna Mechanika Płynów (ang. Computational Fluid Dynamics), bo tak nazywa się stosowana metoda, jest już od lat wykorzystywana przy projektowaniu aerodynamiki pojazdów. Jej dokładność zależy w dużej mierze od mocy obliczeniowej wykorzystywanego do tego celu komputera. To, co wyróżnia projekt Perun, to właśnie użycie olbrzymich mocy obliczeniowych Centrum Informatycznego Świerk (CIŚ), dzięki czemu udało się osiągnąć bardzo dużą dokładność symulacji.

"Celem przeprowadzonych symulacji było zoptymalizowanie kształtu detali pojazdu z uwzględnieniem pozycji kierowcy" – wyjaśnia inż. Krzysztof Wiński ze SKAP. "Minimalizacja oporu aerodynamicznego przekłada się na zwiększenie rozwijanych prędkości i zasięgu maszyny. Najbardziej pożądanym, czyli idealnie opływowym kształtem jest taki, który podczas ruchu swoją obecnością, nie wzbudza zawirowań otaczającego go powietrza. Geometria motocykla wraz z kierowcą to niezwykle skomplikowany aerodynamicznie kształt, przez co minimalizacja jego oporu aerodynamicznego należy do bardzo wymagających zadań. Jeśli chcemy im sprostać, musimy obserwować źródła i ewolucję zawirowań. Aby je uchwycić podczas analizy, nasz wirtualny pojazd zamykamy w pewnej objętości, reprezentującej otaczające go powietrze, którą następnie ciasno wypełniamy dużo mniejszymi komórkami (tzw. objętościami kontrolnymi), często o kilka rzędów długości mniejszymi od samego badanego obiektu. W ten sposób powstaje tzw. siatka obliczeniowa."

Zabieg ten, nazywany dyskretyzacją przestrzeni, pozwala zastosować metody numeryczne do rozwiązania skomplikowanych równań opisujących przepływ. Im mniejsze elementy ma siatka, tym dokładniej jesteśmy w stanie przewidzieć, jak zachowa się przepływ. W idealnej sytuacji powinna być na tyle gęsta, żeby uchwycić nawet najmniejsze zawirowania, pojawiające się w przepływie. "Najczęściej, ze względów ograniczeń sprzętowych, nie możemy sobie na to pozwolić i konieczne jest przyjęcie pewnych uproszczeń" - wyjaśnia dr inż. Adam Piechna (Symkom). "Stosowane są metody, polegające na śledzeniu pewnych średnich wartości, mówiących nam o turbulencji - metody te nazywane są metodami RANS i cechują się stosunkowo małymi wymaganiami sprzętowymi. Inne podejście polega na podzieleniu spektrum wirów na dwa obszary: wirów dużych i małych. Te pierwsze są śledzone bezpośrednio przy wykorzystaniu zbudowanej siatki numerycznej, a drugie zostają

modelowane w uproszczony sposób. Im gęstsza zastosowana siatka, tym łatwiej możemy śledzić coraz mniejsze wiry, ale wiąże się to ze zwiększonym czasem obliczeń i koniecznością zaangażowania większych mocy obliczeniowych. Podejście to nazywa się Symulacją Dużych Wirów (ang. Large Eddy Simulation (LES)). W obliczeniach aerodynamiki zewnętrznej z powodzeniem stosowane są też metody hybrydowe, łączące pewne zalety obu rozwiązań, jednym z bardziej popularnych jest prezentowana tutaj metoda DDES."

Obliczenia w 15 godzin zamiast w kilka miesięcy

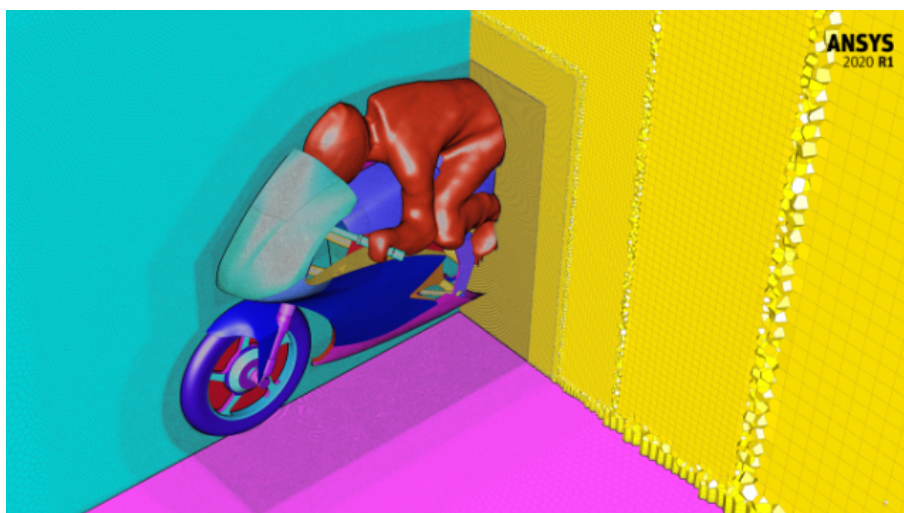
Na Rys. 2. przedstawiono wizualizacje opływu motocykla uzyskane przy zastosowaniu różnych modeli turbulencji. Jednym ze sposobów prezentacji efektów obliczeń jest pokazanie obrysów struktur wirowych, dających pogląd na ich kształt i wielkość. "Różnice wynikają z zastosowania metod różnej dokładności, zaczynając od najprostszej tj. RANS, przez SAS (Scale Adaptive Simulation – bardziej zaawansowana wersja RANS) aż do DDES" – wyjaśnia mgr inż. Piotr Prusiński z Departamentu Badań Układów Złożonych NCBJ. "RANS i SAS uruchomiono na siatce, składającej się z bagatela 31 milionów komórek. Mimo to SAS pozwala dostrzec dużo mniejsze struktury. Obliczenia metodą DDES wymagały stworzenia siatki obliczeniowej, spełniającej szereg dodatkowych kryteriów; jej wielkość liczyła 231 milionów komórek, co jest w praktyce inżynierskiej siatką bardzo dużą" - podkreśla naukowiec. "Symulacja, pokazująca oscylacje zachodzące w czasie 0,01 s upływu czasu eksperymentalnego, trwała około 15h z wykorzystaniem 1400 fizycznych rdzeni obliczeniowych CIŚ! Nawet na bardzo mocnej stacji roboczej symulacje te trwałyby kilka miesięcy. W prezentowanej symulacji możliwe było bardzo dokładne uwzględnienie subtelnych aspektów modelowania turbulencji."

Prezentowane symulacje są niezwykle kosztowne obliczeniowo, ale cechują się bardzo dobrym odwzorowaniem rzeczywistości. Aby je wykonać potrzebne są olbrzymie zasoby sprzętowe, dedykowane oprogramowanie oraz specjaliści, którzy mają wiedzę, jak wykorzystać je w efektywny sposób. Są one wynikiem współpracy ekspertów z zakresu numerycznej mechaniki płynów oraz technologii komputerów dużej mocy. Prezentowane analizy były możliwe dzięki wykorzystaniu pakietu zaawansowanych narzędzi inżynierskich marki ANSYS dostarczonych przez firmę Symkom.

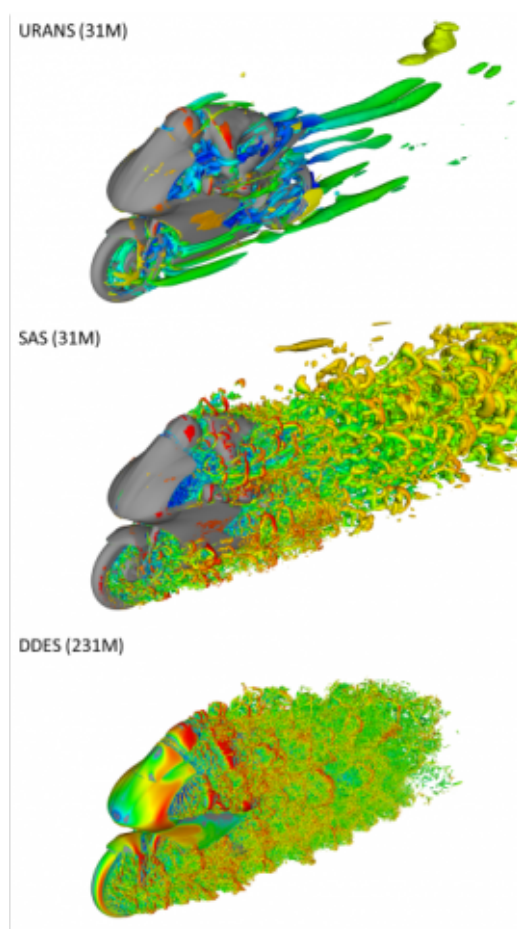
Prezentowana aplikacja to tylko wierzchołek góry lodowej wykorzystania metod CFD. Naukowcy i inżynierowie z Narodowego Centrum Badań Jądrowych przygotowali środowisko oraz stworzyli warsztat, w którym można projektować reaktory, rakiety, motocykle wyścigowe czy przedmioty codziennego użytku, wykorzystując najnowsze technologie symulacyjne. Warsztat, który do tej pory był w zasięgu największych firm, obecnie jest dostępny na wyciągnięcie ręki!

"Dlaczego motocykl w NCBJ?" - pyta Piotr Prusiński. "Bo szybkość obliczeń dużych problemów to nasza domena! Wszystkich, którzy chcą się dowiedzieć więcej na temat możliwości, jakie daje infrastruktura NCBJ komputerów o dużej mocy obliczeń, zapraszamy na prezentację podczas bezpłatnego wydarzenia Symkom CONFERENCE 19 listopada."

Zapisy na prezentację: <https://bit.ly/3EsdKVz>.



Rys. 1. Siatka obliczeniowa wygenerowana w technologii Mosaic składająca się z 231 mln elementów



Rys. 2. Wizualizacja struktur wirowych dla różnych podejść do modelowania przepływu turbulentnego

Video: <https://youtu.be/mO7KMrpLZjY> Optymalizacja kształtu detali motocykla stworzonego na potrzeby koła naukowego SKAP przy współpracy ekspertów z Narodowego Centrum Badań Jądrowych oraz firmy Symkom.

Informacje uzupełniające

Misją Centrum Informatycznego Świerk działającego w NCBJ jest dostarczanie najwyższej jakości nowoczesnych usług informatycznych podmiotom zaangażowanym w rozwój sektora jądrowego na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, jednostkom administracji państwowej oraz instytucjom naukowo badawczym. CIŚ to prawie 1,5 PFLOPS mocy obliczeniowej, ponad 200 terabajtów RAM, 26 petabajtów przestrzeni dyskowej i ok. 16 petabajtów w robocie taśmowym, a przede wszystkim zespół niezwykle kompetentnych specjalistów posiadających doświadczenie w obsłudze i tworzeniu aplikacji na potrzeby własne i współpracujących podmiotów oraz użytkowników.

Narodowe Centrum Badań Jądrowych jest jednym z największych instytutów badawczych w Polsce zatrudniającym ok. 1100 pracowników, w tym ponad 200 osób ze stopniem naukowym doktora, z czego ok. 80 osób ma status samodzielnych pracowników naukowych. W NCBJ pracuje ponad 200 osób z tytułem zawodowym inżyniera. Główna siedziba instytutu znajduje się w Otwocku, w dzielnicy Świerk, gdzie zlokalizowany jest ośrodek jądrowy należący do NCBJ, w tym reaktor badawczy MARIA. Instytut prowadzi badania naukowe i prace rozwojowe oraz wdrożeniowe w obszarze powiązanych z szeroko rozumianą fizyką subatomową, fizyką promieniowania, fizyką i technologiami jądrowymi oraz plazmowymi, fizyką materiałową, urządzeniami do akceleracji cząstek oraz detektorami, zastosowaniem tych urządzeń w medycynie i gospodarce oraz badaniami i produkcją radiofarmaceutyków. Instytut posiada najwyższą kategorię A+ przyznaną w wyniku oceny polskich jednostek naukowych dokonanej w 2017 r. Pozycję naukową instytutu wyznacza także liczba publikacji (ponad 500 rocznie) i liczba cytowań mierzona indeksem Hirscha (ok. 180). Są to wartości lokujące NCBJ w ścisłej czołówce wszystkich jednostek badawczych i akademickich w Polsce prowadzących porównywalne badania.

Strona domowa Informacji prasowej: <https://www.ncbj.gov.pl/aktualnosci/perun>

Materiał przygotowali: Marek Pawłowski, Piotr Prusiński i Barbara Kaźmierczak

Informację przekazuje

Dr Marek Pawłowski

Rzecznik NCBJ