NR 5

# MESSENGER

## Drodzy Czytelnicy!

Przed Wami piąte wydanie *MESsengera*. Ponieważ coraz sprawniej wydajemy kolejne numery naszego biuletynu, może kiedyś stanie się on miesięcznikiem. Ten numer ukazuje się w chwili, kiedy ANSYS znów nas zaskakuje. Wiadomo, że jest liderem na rynku CAE i że zawsze na początku roku wychodzi jego nowa wersja – tym razem ma numer 19.0 i zawiera wiele interesujących rozwiązań z dziedziny mechaniki, przepływów czy elektromagnetyzmu. Możemy wreszcie bez licencji HPC liczyć na czterech rdzeniach, nasze meshery i solvery działają szybciej i wydajniej. Możemy skryptować w coraz szerszym zakresie, optymalizować i prowadzić zaawansowane analizy, wkraczając w nowe dziedziny symulacji. Mam zwłaszcza na myśli Additive Manufacturing. Drukowanie elementów z metalu, a więc technologia wschodząca, która przyprawia o dreszcze technologicznych hipsterów, daje się już analizować i modelować.

Największym jednak zaskoczeniem jest dodatkowa, nowa linia produktów skierowanych stricte do konstruktorów – ludzi, którzy podejmują decyzje, jak ma wyglądać konstrukcja na wczesnym etapie.

Produkty z serii Discovery działają bardzo sprawnie od koncepcji do wyniku, aby konstruktor od razu mógł rozwiązać podstawowe dylematy projektowe. Discovery Live to całkowicie nowatorska technologia, która bez żmudnego procesu dyskretyzacji i z wykorzystaniem szybkich procesorów graficznych pozwala otrzymać wiarygodny wynik praktycznie natychmiast po modyfikacji geometrii. O tym wszystkim piszemy na następnych stronach i zalecam czytanie bieżącego numeru na siedząco. Ponadto tradycyjnie zamieszczamy opisy ciekawych analiz, przeprowadzonych przez nas i naszych klientów, a także różnych sztuczek i magicznych sposobów na to, żeby symulowało się łatwiej i przyjemniej.

Wiosna nadeszła wielkimi krokami, dlatego pragnę zaprosić wszystkich na coroczne spotkanie użytkowników oprogramowania ANSYS, czyli na konferencję „Symulacja” – w tym roku odbędzie się ona w dniach 16–18 maja w Wiśle.

Do zobaczenia przy kręglach!

***Tomasz Czyż***

## W TYM NUMERZE:


2 Konferencja „Symulacja”
3 Nowości
4 MESco patronem specjalności na Politechnice Śląskiej

5 Skryptowanie w SpaceClaim. Przykłady zastosowania
6 Analiza stanu wytężenia kompozytu na przykładzie pokładu łodzi Solar Boat
8 Symulacja deformacji elementu kompozytowego w wyniku procesu utwardzania termicznego (ACP + ACCS)
10 Tworzenie powtarzalnych siatek

12 Chłodzenie elektroniki – Icepak w AEDT

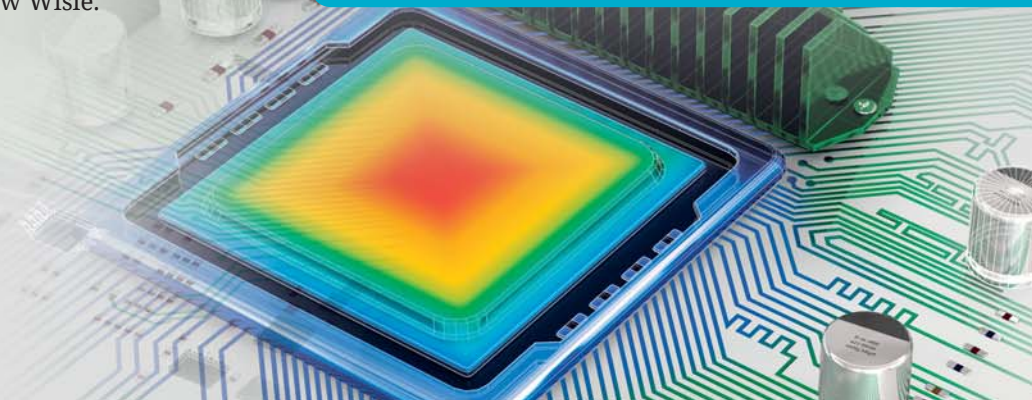
13 Najważniejsze zmiany w licencjach elektromagnetycznych

14 Wspólna topologia czy interfejsy?
16 Carried out laboratory tests and validation of the special type centrifugal pump

20 Produkcja addytywna – technologia warta inwestycji

21 Nowe stacje robocze HP

22 Symulacja – nie tylko dla orłów
23 Symulacja komputerowa a zwrot z inwestycji

MESCO

# Konferencja SymulacjΛ

**Spotkanie użytkowników ANSYS**

MESCO

Symulacja to więcej niż oprogramowanie

mesco.com.pl

# Nowości

**Michał Neumann**
- MESco
- mneumann@mesco.com.pl

## ANSYS dla start-upów i inkubatorów przedsiębiorczości!

MESco razem z firmą ANSYS wspiera nowo powstałe firmy, których model biznesowy zakłada tworzenie innowacyjnych produktów lub nowych technologii. Celem programu jest udostępnienie komercyjnych wersji oprogramowania ANSYS firmom na wczesnym etapie ich działalności, aby umożliwić im symulacje nieograniczonej liczby prototypów czy zjawisk fizycznych bez ponoszenia kosztów badań fizycznych i testów każdej kolejnej koncepcji. Wymagania wobec firmy:

- istnieje mniej niż pięć lat,
- ma roczny obrót poniżej 5 mln USD,
- nie świadczy usług doradczych.

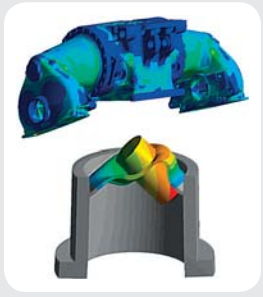
Zgłoszenia do programu można kierować bezpośrednio na adres: info@mesco.com.pl.

## Premiera ANSYS 19.0

Na początek lutego przypadła premiera najnowszej wersji oprogramowania ANSYS, a wraz z nią pojawiły się nowe narzędzia dla konstruktorów, modyfikacje w interfejsie, usprawnienia algorytmów obliczeniowych i siatkowania, a także zmiany w licencjach HPC.

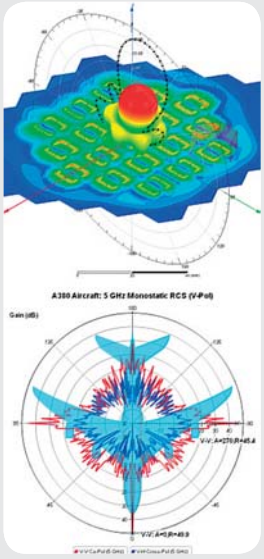
**ANSYS Discovery już jest!** Po ciepłym przyjęciu Discovery Live Preview mamy niebywałą przyjemność zaprezentować pełną wersję oprogramowania, a także szczegóły związane z licencjonowaniem nowego produktu, który występuje w wersjach: Ultimate, Standard oraz Essentials. ANSYS Discovery jest przełomowym narzędziem do symulacji w czasie rzeczywistym, przeznaczonym dla każdego konstruktora. Discovery umożliwia łatwy i szybki start związany z symulacją komputerową, co pozwala konstruktorowi odpowiedzieć na kluczowe pytania typu: *Co by było, gdyby...?*

**Mechanika.** W ANSYS 19.0 wprowadzono wiele oczekiwanych usprawnień i funkcji. Jedną z najważniejszych nowości jest możliwość prowadzenia obliczeń na czterech rdzeniach bez potrzeby posiadania licencji HPC. Dodatkowo pojawiła się opcja wyświetlania na obiektach modelu danych materiałowych, a nie jak dotychczas – tylko nazwy materiału. Ulepszono metody generowania siatki elementów skończonych – poprawiono jednorodność tworzonej siatki i rozszerzono możliwości metody Multizone. Wprowadzono w pełni funkcjonalną metodę Cartesian Meshing, pozwalającą na uzyskanie wysokiej jakości siatki elementów typu Hex. Ponadto opracowano nową metodę zaawansowanej analizy propagacji pęknięć na obiektach 3D: SMART Crack Growth (SMART = Separating, Morphing, Adaptive and Re-meshing Technology).

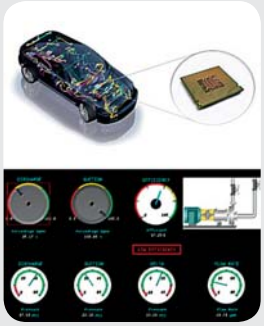


**Przepływy.** W kategorii analiz przepływowych ANSYS 19.0 stanowi kontynuację strategii rozwoju modeli fizycznych oraz usprawnień w przygotowaniu modelu. W ramach nowej funkcjonalności użytkownicy zyskują możliwość dokładnego modelowania wtrysku dwufazowego, w tym przejścia z fazy ciągłej VOF do fazy dyskretnej DPM (odrywanie kropel). Metoda Overset Mesh stała się kompatybilna z obrotowymi domenami (MRF), modelem Mixture oraz kawitacją. W symulacji erozji możliwe jest teraz podbieranie materiału ściany przez zastosowanie deformacji siatki. Warto też wspomnieć o nowym produkcie do obróbki wyników przepływowych – Ensight. Użytkowników zajmujących się procesami spalania ucieszy nowa licencja Chemkin Enterprise dedykowana symulacjom procesów chemicznych.

**Elektromagnetyzm.** Nowością w wersji 19 jest odświeżony interfejs graficzny środowiska AEDT (Electronics Desktop) – dotychczasowe funkcje i elementy GUI zostały podzielone na zakładki związane m.in. z przygotowaniem geometrii, ustawieniami analizy i oknem posprocessingu wyników. Inne nowości w AEDT to: usprawnione algorytmy siatkowania oraz solverów, licencja SpaceClaim aktywująca moduł MCAD, narzędzie ACT Machine Design Toolkit w ANSYS Maxwell, kluczowe zmiany w technologii SBR+ oraz głębsza integracja technologii Delcross w HFSS (analizy RCS), a także integracja modułu termicznego ANSYS Icepak w środowisku Electronics Desktop. Obecnie użytkownicy HFSS bez żadnych dodatkowych licencji mają dostęp do solvera IE oraz Transient, a także możliwość wykonywania obliczeń na czterech rdzeniach procesora we wszystkich produktach elektromagnetycznych.



**Systemy.** W wersji 19 zawarto nowe narzędzia do kompleksowej symulacji zarządzania systemów bateryjnych oraz postawiono na rozwój i usprawnienia analiz bezpieczeństwa dla układów krytycznych sterowania. Moduł ANSYS Medini znajduje zastosowanie nie tylko w branży automotive – umożliwia również kompleksowe podejście do układów sterowania w branżach lotniczej, obronnej, kolejowej i nuklearnej, a także innych



kluczowych dla bezpieczeństwa. Medini oferuje użytkownikowi wsparcie związane z adaptowaniem układów sterowania do obowiązujących norm.

**Embedded Software – analizy systemów krytycznych.** Zmiany obejmują m.in. możliwość stworzenia w pełni certyfikowanego oprogramowania sterującego, a także interfejsu HMI (Human Machine Interaction) zgodnego z ARINC 661 i wygenerowanie kodu kwalifikowanego zgodnego z normami ISO 26262 i DO-178C. Dodatkowo program pozwala na analizę architektury systemów awioniki i automotive oraz projektowanie układów sterowania w oparciu o modele języków programowania.

## Zmiany w licencjach HPC

Te same licencje HPC (dodatkowe rdzenie) dla każdej fizyki:

- licencje HPC (pojedyncze HPC, HPC Pack oraz HPC Workgroup) od wersji 19.0 mogą być wykorzystywane dla każdej fizyki – mechaniki, przepływów i elektromagnetyzmu. *(Wymagana instalacja nowego serwera licencji w wersji 19.0.)*

Cztery rdzenie obliczeniowe (HPC) w standardzie:

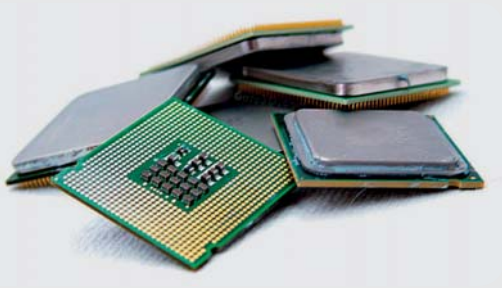
- od wersji 19.0 nowe licencje ANSYS, w tym ANSYS AIM, standardowo umożliwiają obliczenia na czterech rdzeniach obliczeniowych.

Zmiany w paczce dodatkowych rdzeni (ANSYS HPC Pack):

- licencja HPC Pack to paczka ośmiu licencji HPC, która, począwszy od wersji 19.0, łączy się z wbudowanymi licencjami HPC. To oznacza, że możliwe są obliczenia na 12 rdzeniach równolegle (8 z HPC Pack + 4 wbudowane w standardzie). *(Nie łączy się z zakupionymi pojedynczymi licencjami HPC)*

## Licencje objęte zmianami

- ANSYS Mechanical Pro, Premium, Enterprise
- ANSYS Mechanical CFD
- ANSYS AIM
- ANSYS Maxwell
- ANSYS Mechanical CFD Maxwell 3D
- ANSYS Mechanical Maxwell 3D
- ANSYS CFD Premium and Enterprise
- ANSYS HFSS
- ANSYS Q3D Extractor
- ANSYS Icepak
- ANSYS Chemkin-Pro and Enterprise
- ANSYS SIwave



# MESco patronem specjalności na Politechnice Śląskiej

**Jacek Ptaszny** • Politechnika Śląska • jacek.ptaszny@polsl.pl

**„Modelowanie i optymalizacja układów mechanicznych (MB4)" to nazwa specjalności studiów II stopnia na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, prowadzonej przez Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej. Specjalność ma charakter interdyscyplinarny, a jej absolwenci zyskują pogłębioną wiedzę z zakresu metod komputerowych w analizie i projektowaniu maszyn i urządzeń.**

Program kształcenia zakłada m.in. nabycie wiedzy i umiejętności w takich obszarach, jak:

- teoria sprężystości i plastyczności,
- mechanika pękania,
- dynamika maszyn,
- termomechanika,
- metody komputerowe mechaniki, w tym metody elementów skończonych i brzegowych,
- metody analizy wrażliwości i optymalizacji,
- komputerowe systemy wspomagające prace inżynierskie,
- języki programowania,
- systemy graficzne CAD,
- współbieżne systemy obliczeniowe,
- metody i techniki sztucznej inteligencji.

Absolwenci specjalności znajdują zatrudnienie m.in. w przemyśle maszynowym i samochodowym, biurach projektowych, jednostkach naukowo-badawczych i firmach zajmujących się technikami sztucznej inteligencji, a także jako personel zaplecza naukowo-badawczego średnich i małych przedsiębiorstw wytwórczych i usługowych. Wielu z nich pracuje lub pracowało na stanowiskach związanych z symulacjami numerycznymi wykonywanymi metodą elementów skończonych, również w firmie MESco. Biorąc pod uwagę wspólny obszar działalności naukowej, dydaktycznej i inżynierskiej Instytutu Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej oraz firmy MESco, 19 stycznia 2018 r. została podpisana umowa dotycząca objęcia patronatu przez firmę. Ma to na celu zapewnienie wysokiego poziomu kształcenia studentów i efektywne wykorzystanie nabytych przez nich wiedzy i umiejętności. Współpraca umożliwi wsparcie procesu dydaktycznego, m.in. dzięki: praktykom i stażom dla studentów i absolwentów, organizowaniu dla nich miejsc pracy, szkoleniom i seminariom oraz wspieraniu działalności studenckich kół naukowych. Absolwenci objętej patronatem specjalności będą stanowić potencjalną kadrę specjalistów gotowych do podjęcia pracy w biurach konstrukcyjnych klientów firmy MESco.

*Podpisanie umowy o współpracy pomiędzy MESco a Politechniką Śląską, Wydział Mechaniczny Technologiczny, 19 stycznia 2018 r.*

# Skryptowanie w SpaceClaim

## PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA

**Jakub Poraj**
- MESco Sp. z o.o.
- jporaj@mesco.com.pl

**Edytor skryptów, stanowiący integralną część oprogramowania SpaceClaim Design Modeler, okazał się świetnym narzędziem służącym do tworzenia geometrii. Dzięki skryptom możemy na bieżąco poprawiać rysowany model (zmieniać wartości promieni zaokrągleń, edytować szkice itd.). Ponadto zwykłe nagranie skryptu podczas tworzenia geometrii jest najprostszym i najszybszym sposobem na sparametryzowanie modelu. Operacje te nie wymagają zaawansowanych umiejętności programistycznych. Ze względu na prostą składnię języka Python użycie edytora skryptów sprowadza się do zidentyfikowania zmiennych, które nas interesują, i podmiany ich wartości liczbowych. W tym artykule chciałbym przybliżyć inny problem, przy rozwiązywaniu którego skryptowanie okazało się równie przydatnym narzędziem.**

Użycie skryptów w SpaceClaim może zaoszczędzić nam wiele czasu i wysiłku w przypadku żmudnych, powtarzalnych zadań. Co jednak zrobić, gdy problem nie dotyczy tworzenia geometrii, lecz przypisywania warunków brzegowych?

Niektóre procesy, m.in. w branży chemicznej lub energetyce, polegają na wtrysku substancji za pomocą dysz. Przykładem obiektów realizujących tego typu procesy są instalacje zraszania, stosowane w elektrowniach węglowych do odsiarczania spalin. Te instalacje zapewniają wtrysk odpowiedniej substancji, wiążącej roztwory siarki, za pomocą ogromnej liczby dysz do strumienia spalin. Na rys. 1 pokazano z bliska przykładowy, uproszczony model dyszy.

Symulację wtrysku substancji wiążącej roztwory siarki można przeprowadzić dzięki obliczeniom CFD (np. w oprogramowaniu ANSYS Fluent) z wykorzystaniem modelu DPM (*discrete phase method*).

Tu pojawił się jednak następujący problem – w celu zdefiniowania warunku brzegowego typu DPM potrzebne są współrzędne punktów, w których następuje wtrysk fazy dyskretnej.

Niestety, w omawianym przypadku jedyne, czym dysponujemy, to prostokątne powierzchnie uproszczonego modelu (zaznaczone na rys. 1 zielonym kolorem). Na szczęście również i to zadanie można w dużej części zautomatyzować, korzystając ze skryptu.

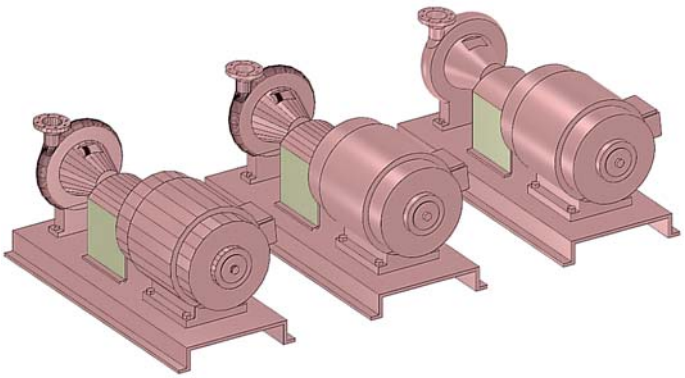
W pierwszej kolejności musimy stworzyć grupę złożoną z powierzchni, na których mają zostać zdefiniowane punkty DPM. Możemy to zrobić za pomocą narzędzia Power Selection, które pozwala na zaznaczenie wszystkich powierzchni o tym samym polu albo powierzchni leżących na tej samej płaszczyźnie.

W zależności od potrzeb tworzymy naszą grupę (lub grupy), a następnie używamy skryptu do tworzenia punktów DPM, przedstawionego na rys. 2.

W tym miejscu warto przybliżyć działanie tego skryptu:

- Zmienna **groupName** zawiera nazwę grupy, dla której chcemy stworzyć punkty DPM. W niniejszym przykładzie użyłem nazwy „Group1”, ale oczywiście nazwa jest dowolna.
- Zmienna **faces** jest jednowymiarową tablicą zawierającą powierzchnie wchodzące w skład grupy. Przypisanie wartości odbywa się dzięki metodzie **Selection.CreateByGroups**.
- Zmienna **facesNumber** zwraca liczbę członków grupy – ta wartość jest potrzebna w dalszej części skryptu.
- Pętla **for**, zaczynająca się w linijce nr 7, jest odpowiedzialna za tworzenie punktów.
- Dla każdego członka grupy **groupName** tworzony jest punkt umieszczony w środku geometrycznym danej powierzchni, a więc we współrzędnych (0, 0) lokalnego układu współrzędnych danej powierzchni.
- Zmienna **points** jest jednowymiarową tablicą zawierającą wygenerowane punkty. Tym razem przypisujemy wartości wszystkich punktów w aktywnej części modelu.

**Rys. 1.** *Przykład uproszczenia modelu*



```
1  # Python Script, API Version = V17
2
3  groupName = "Group1"
4  faces = Selection.CreateByGroups(SelectionType.Primary, groupName).Items
5  facesNumber = faces.Count
6
7  for i in faces:
8      selection = Selection.Create(i)
9      result = DatumPointCreator.Create(selection, 0, 0, False, Info1)
10
11 points = Selection.Create(GetActivePart().DatumPoints).Items
12
13 file = open(groupName + ".txt","w")
14
15 for i in range(0, facesNumber):
16     print(points[i].Position)
17     file.write(str(points[i].Position) + "\n")
18
19 file.close()
20
```

**Rys. 2.** *Skrypt służący do tworzenia punktów DPM*

- Dzięki obiektowi **file** odnosimy się do pliku tekstowego (rys. 3), w którym chcemy umieścić współrzędne punktów. W linijce nr 13 dzięki funkcji **open** otwieramy (lub tworzymy nowy) plik o takiej samej nazwie jak nasza grupa. Domyślnie ten plik znajduje się w tej samej lokalizacji co nasz skrypt.
- Pętla **for**, zaczynająca się w linijce nr 15, zwraca współrzędne punktów. Funkcja **print** pokazuje współrzędne punktów w edytorze skryptów. Dzięki funkcji **write** obiektu **file** wpisujemy współrzędne do pliku tekstowego.
- Za pomocą funkcji **close** obiektu **file** zapisujemy i zamykamy plik tekstowy.

Podobne algorytmy, klasy czy metody mogą znaleźć zastosowanie również w innych przypadkach, np. do definiowania punktów masowych. Skrypt generujący punkty DPM pokazuje, że dzięki edytorowi skryptów w środowisku SpaceClaim możemy zaoszczędzić cenne godziny za pomocą kilku linijek kodu. Mam nadzieję, że opisany przypadek pomoże Państwu w rozwiązywaniu podobnych problemów. SpaceClaim dostarcza bowiem szeroką gamę bibliotek oraz dokumentację, dzięki którym skryptowanie jest narzędziem przydatnym również dla programistycznych laików.

Group1 — Notatnik

Plik Edycja Format Widok Pomoc

```
Point: (-1.39061381247302, 4.05801904681721, -2.56819666698702)
Point: (1.97051798368193, 7.01576152259804, -2.56819666698703)
Point: (1.94652706666966, 7.13007582730643, -2.56819666698703)
Point: (4.59222555257293, 6.09108148268569, -2.56819666698703)
Point: (4.50542278739158, 6.01292392184405, -2.56819666698703)
Point: (0.300816877963371, 7.23381152987713, -2.56819666698703)
Point: (0.2140141127893, 7.15565396904276, -2.56819666698703)
Point: (6.41096442985145, 4.42170963659009, -2.56819666698703)
Point: (6.32416166464827, 4.34355207575572, -2.56819666698703)
Point: (5.64146423253987, 5.27632618588541, -2.56819666698703)
Point: (5.55466146735125, 5.19816862505104, -2.56819666698703)
Point: (6.80333532742225, -3.87367571605137, -2.56819666698702)
Point: (6.7165325622409, -3.95183327689301, -2.56819666698702)
Point: (6.33938400016632, -4.52653075211128, -2.56819666698702)
Point: (6.25258123499952, -4.60468831294565, -2.56819666698702)
Point: (5.80581911910849, -5.12466120268073, -2.56819666698702)
Point: (5.71901635393442, -5.20281876350782, -2.56819666698702)
Point: (-2.53400767390121, 6.49649427655095, -2.56819666698703)
Point: (-2.62081043909711, 6.41833671573841, -2.56819666698703)
Point: (-3.24491300857335, 6.11790945172834, -2.56819666698703)
Point: (-3.33171577376197, 6.03975189088669, -2.56819666698703)
Point: (-3.88240896748903, 5.63520615691232, -2.56819666698703)
Point: (-3.96921173267037, 5.55704859607795, -2.56819666698703)
Point: (-6.44927236432704, -0.565451758840936, -2.56819666698703)
Point: (-6.56045270962204, -0.529643167959875, -2.56819666698703)
Point: (-6.27403925840918, -2.08849339722656, -2.56819666698703)
Point: (-6.18723649322783, -2.01033583641401, -2.56819666698703)
Point: (-5.80370088173368, -3.26945272293233, -2.56819666698703)
Point: (-5.71689811656688, -3.19129516209068, -2.56819666698703)
```

**Rys. 3.** *Wygenerowany plik tekstowy*

# Analiza stanu wytężenia kompozytu na przykładzie pokładu łodzi Solar Boat

**Igor Łukasiewicz** • AGH Solar Boat Team • igorlukasiewicz.solar@gmail.com
**Monika Jawańska** • AGH Solar Boat Team

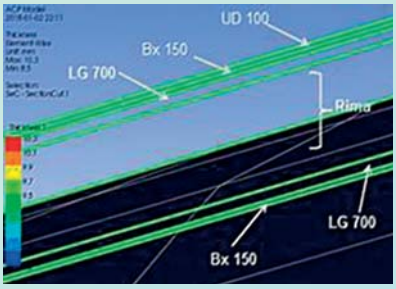
Opisana w niniejszym artykule analiza, przeprowadzona w programach ANSYS Composite PrepPost oraz ANSYS Mechanical, dotyczyła rzeczywistego uszkodzenia przedniej części pokładu łodzi solarnej, wykonanego z kompozytu strukturalnego. Uszkodzenie to powstało podczas zawodów Monaco Solar Boat Challenge. Zbadano deformację elementu, a także rozkłady naprężeń kierunkowych. Wyznaczono wartości współczynników wytężenia, na które – jak się okazało – największy wpływ ma otwór wykonany pod moduł fotowoltaiczny. Zamodelowane wytężenie bardzo dobrze odzwierciedlało stan rzeczywisty – dzięki temu można było precyzyjnie określić przyczyny zniszczenia.

## Konstrukcja łodzi AGH Solar Boat

Projekt łodzi solarnej został opracowany przez studentów AGH w Krakowie zgodnie z regulaminem zawodów Monaco Solar Boat Challenge. Zarówno pokład, jak i kadłub zostały wykonane z kompozytu typu CFRP, aby uzyskać możliwie niską masę konstrukcji. Wytrzymały kadłub, o kształcie przekroju zbliżonym do litery V, zapewnia niewielkie opory w trakcie płynięcia półślizgiem. Całą powierzchnię pokładu pokrywają moduły fotowoltaiczne, które są w stanie wygenerować 1 kW mocy. Pod powierzchnią wody umieszczono hydroskrzydła, które generują dodatkową siłę nośną, pozwalającą na wyjście łodzi z wody przy prędkości 4 m/s.

## Modelowanie struktury kompozytu

W programie ANSYS Composite PrepPost przeprowadzono modelowanie struktury kompozytowej dla geometrii pokładu zaimportowanej ze środowiska CAD.




**Rys. 1.** *Kompozyt przekładkowy zaprojektowany w programie ANSYS Composite PrepPost*

Bazując na wbudowanej bibliotece programu, utworzono – na podstawie kart technicznych, wyników badań itp. – bazę wykorzystanych materiałów. Zamodelowano kompozyt strukturalny, który wiernie odzwierciedlał rzeczywisty materiał wykorzystany do budowy pokładu łodzi solarnej.

Każdej warstwie kompozytu przypisano rodzaj, grubość oraz ukierunkowanie materiału (rys. 1).

## Analiza w programie ANSYS Mechanical

Obliczenia statyczne dla zamodelowanej struktury wykonano w programie ANSYS Mechanical. Dobrano siły, najbardziej zbliżone do warunków krytycznych użytkowania łodzi, na jedną z burt przedniej części pokładu, odpowiadające w przybliżeniu uderzeniu fali przy prędkości ok. 10 m/s. Aby bardziej kompleksowo zbadać stan naprężeń i współczynnik wytężenia kompozytu, sparametryzowano wielkości i kształt otworów, a także siły, jakie mogą działać na pokład.

## Wyniki i podsumowanie

Program ANSYS umożliwił analizę wytrzymałościową jednego z kluczowych elementów łodzi, a także znalezienie przyczyny uszkodzenia. W miejscu wycięcia na puszkę przyłączeniową dochodzi do pęknięcia jednej warstwy laminatu na dolnej okładce pokładu. Uszkodzenie propaguje pod kątem ok. 45° od osi pokładu, co zgadza się z uszkodzeniem, do jakiego doszło podczas zawodów (rys. 2 i 3).

Dodatkowym osłabionym elementem wykrytym podczas analiz kompozytu okazał się rdzeń pianki w narożnych częściach puszek przyłączeniowych. Występujące tam naprężenia i brak osłonięcia rdzenia okładkami z włókien spowodowały pęknięcia kawałków rdzenia, co znacznie zmniejszyło wytrzymałość elementu (rys. 4).

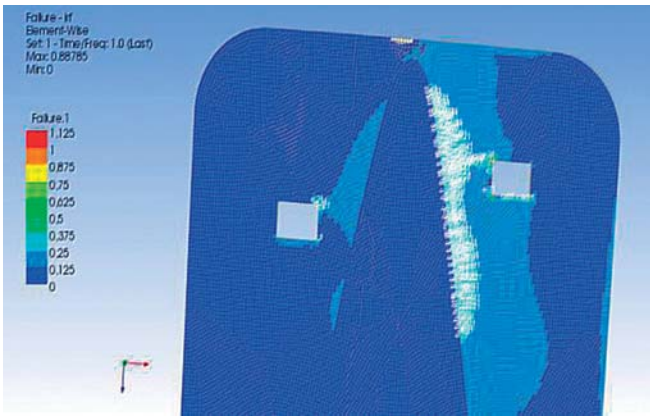
Uszkodzenie rdzenia przy puszce przyłączeniowej skłoniło zespół do zbadania, jak można zmodyfikować kształt otworu, aby zminimalizować ryzyko dalszych uszkodzeń. Zamodelowano trzy przypadki, w tym oryginalne prostokątne wycięcie oraz zaproponowane nowe geometrie – otwór okrągły i w kształcie prostokąta o zaokrąglonych narożach. Okazało się, że w przypadku nowych geometrii maksymalne wartości współczynnika wytężenia są znacznie niższe i zapewniają większy margines bezpieczeństwa (tabela).

Dzięki tej analizie można wywnioskować, że najlepszym i najłatwiejszym w wykonaniu rozwiązaniem jest zaokrąglenie krawędzi otworów. W kolejnej wersji pokładu te otwory zostaną zaprojektowane właśnie w taki sposób.

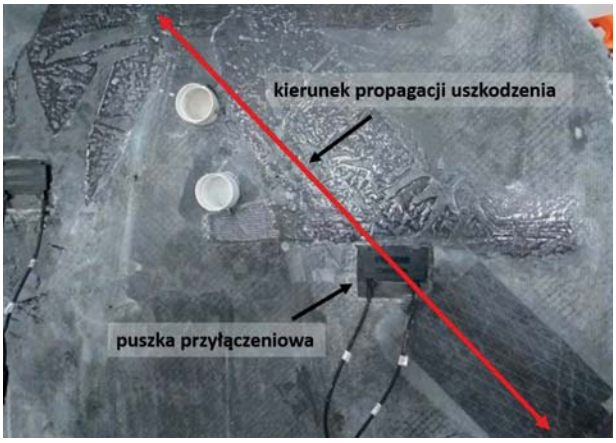
**Tabela.** *Maksymalne wartości współczynnika wytężenia dla kompozytu w zależności od kształtu otworu pod moduł fotowoltaiczny*

| Otwory | | Prostokątne | Zaokrąglone | Okrągłe |
|---|---|---|---|---|
| Siła, N | 500 | 0,45 | 0,30 | 0,29 |
| | 1000 | 0,90 | 0,60 | 0,59 |

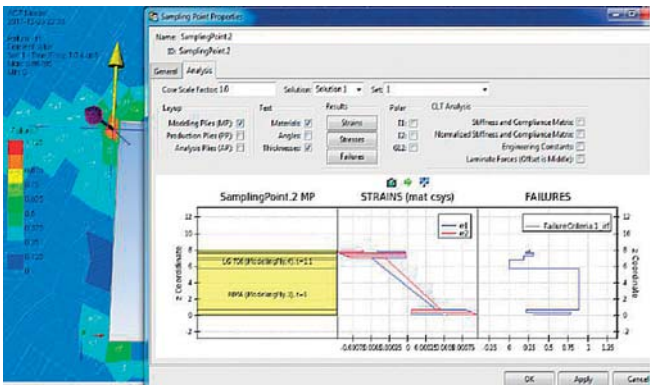
Za pomocą oprogramowania ANSYS da się przewidzieć uszkodzenia, do jakich może dojść w konstrukcjach łodzi solarnych.



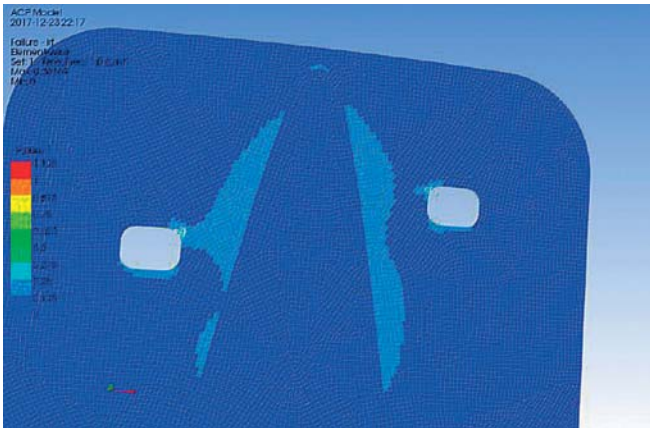

**Rys. 2.** *Region zwiększonego współczynnika wytężenia kompozytu przy sile 1000 N*




**Rys. 3.** *Rzeczywisty kierunek propagacji uszkodzenia na pokładzie łodzi pod kątem 45° od puszki przyłączeniowej*




**Rys. 4.** *Obszar występowania maksymalnego współczynnika wytężenia rdzenia według hipotezy maksymalnych naprężeń stycznych (Core-failure)*



**Rys. 5.** *Stan wytężenia (według hipotezy maksymalnych naprężeń stycznych) pokładu łodzi z zaokrąglonymi otworami pod moduły fotowoltaiczne; siła 1000 N*

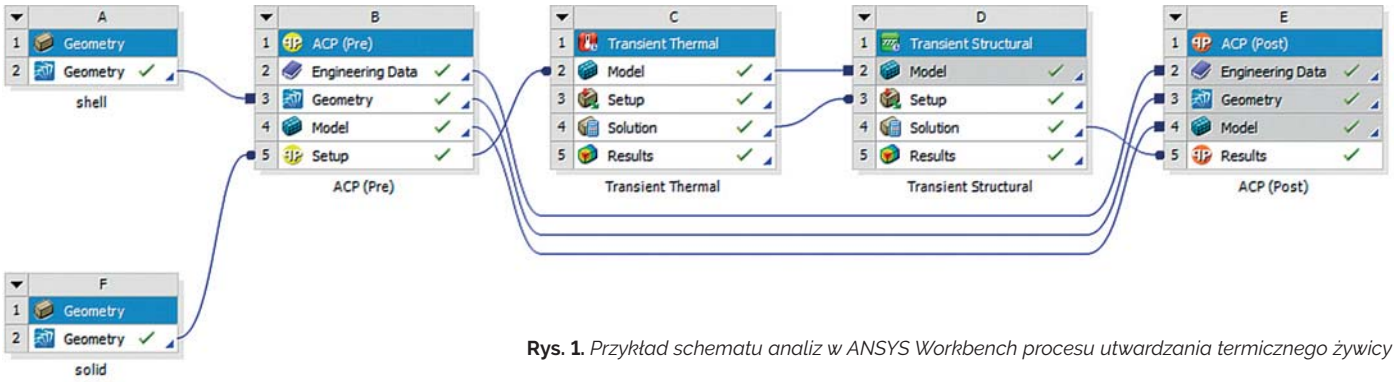
# SYMULACJA DEFORMACJI ELEMENTU KOMPOZYTOWEGO w wyniku procesu utwardzania termicznego (ACP + ACCS)

**Mateusz Pawłucki** • MESco Sp. z o.o. • mpawlucki@mesco.com.pl

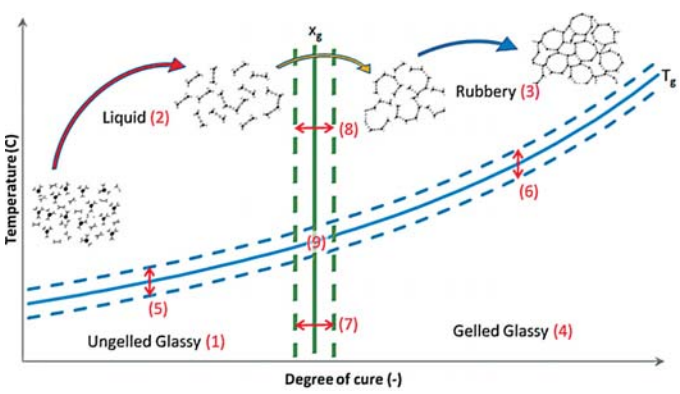
**Analizy wytrzymałościowe struktur kompozytowych prowadzone za pomocą MES coraz bardziej dojrzewają w środowisku obliczeniowym. Wynika to zarówno z poprawy technik zautomatyzowanego wytwarzania, jak i z rozwoju wiedzy związanej z oceną stopnia wytężenia tego typu struktur. W pakiecie narzędzi ANSYS od wielu lat dostępne jest narzędzie, które umożliwia modelowanie struktur kompozytowych zbrojonych włóknami ciągłymi (laminatów) w technice modelowania przypominającej proces warsztatowy. ANSYS Composite PrepPost (ACP) pozwala na przygotowanie skomplikowanych modeli do analizy MES oraz zaawansowany postprocessing. W niniejszym artykule przedstawiono zupełnie nową funkcjonalność pakietu ANSYS w obrębie analiz kompozytów, którą zawdzięczamy dodatkowi ACCS (ANSYS Composite Cure Simulation). Narzędzie to służy do przeprowadzania obliczeń termiczno-wytrzymałościowych procesu utwardzania termicznego żywicy i wynikających z tego odkształceń resztkowych po wyjęciu z formy, które stanowią zasadniczy problem w technice wytwarzania kompozytów.**

W ramach demonstracji działania ACCS przygotowano model obudowy lusterka wykonanego z prepregu HEXCEL AS4–8552. Jest to domyślny materiał dostarczony do biblioteki materiałów wraz z dodatkiem ACCS. Sposób wyznaczania parametrów dla materiałów użytkownika opisuje dokumentacja dodatku.

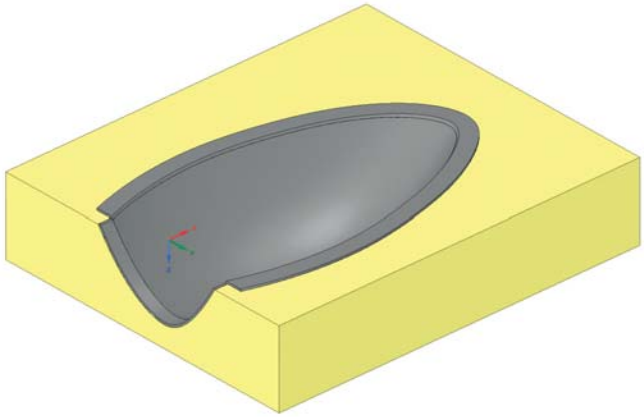
Modelowanie struktury kompozytu wykonano w ACP. Nałożono cztery warstwy prepregu o grubości 175 mm każdy, w kierunkach [–20, 0, 20, 0].




**Rys. 1.** *Przykład schematu analiz w ANSYS Workbench procesu utwardzania termicznego żywicy*




**Rys. 2.** *Proces sieciowania duroplastu w kolejnych fazach ogrzewania i chłodzenia (na podstawie [1])*



**Rys. 3.** *Model obudowy lusterka umieszczonego w formie. Widoczne są wywinięcia, które zostaną obcięte*

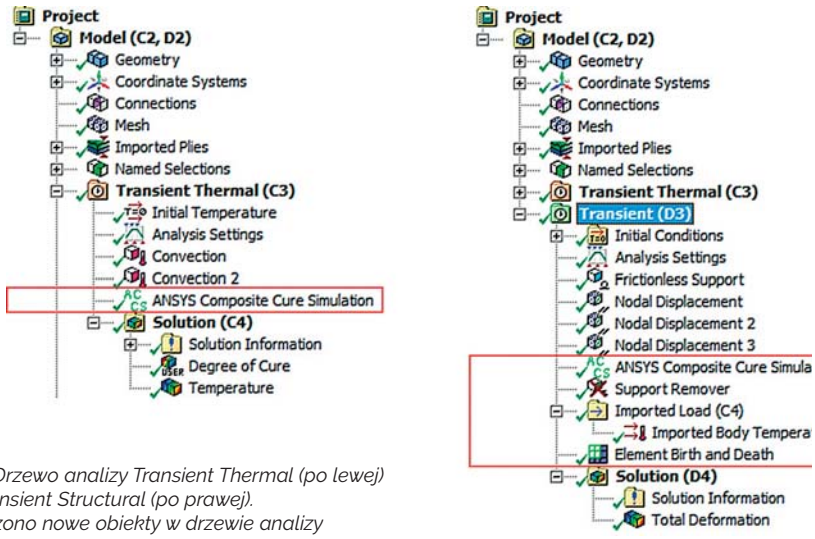
Kierunkiem referencyjnym była oś *Y* modelu (zaznaczona kolorem zielonym na rys. 3). Powierzchnia formy jest mocno zakrzywiona, dlatego uwzględniono tzw. draping materiału, tj. zmianę kierunku włókien wynikającą z układania materiału w formie. Taki zabieg pozwala wziąć pod uwagę zdolność dopasowania się materiału do krzywizn formy. W efekcie działań w ACP wygenerowano model bryłowy z elementami SOLSH190 z jednym elementem po grubości i definicjami sekcji (określającymi właściwości sprężyste poszczególnych warstw).

Przechodząc do analizy w środowisku mechanicznym, najpierw przeprowadzono analizę termiczną w czasie (Transient Thermal), w której wyznaczono rozkład i stopień usieciowienia osnowy (rys. 4). Proces ten, trwający dziewięć godzin i 57 minut, przebiegał w efekcie zadania warunków wnikania ciepła ze wszystkich stron, z odpowiednim narastaniem i obniżaniem temperatury odniesienia, co symulowało proces ogrzewania do temperatury 180°C i chłodzenia komponentu. Za pomocą dodatku ACCS w trakcie analizy termicznej wyliczane były parametry związane z utwardzaniem, przy czym zagadnienie termiczne było korygowane ze względu na przemiany egzotermiczne w trakcie łączenia monomerów. Następnie wyniki w postaci rozkładu temperatury przeniesiono do analizy mechanicznej. W analizie tej dodatek ACCS również służył do kontrolowania stopnia usieciowienia – tym razem modyfikowane były parametry sprężyste materiału w kolejnych fazach utwardzania. Po upływie czasu związanego z utwardzaniem w formie zadano warunek usunięcia podparcia – powierzchni kontaktu z formą. Jest to moment, w którym konstrukcja relaksuje się, odpracowując naprężenia resztkowe wynikające z procesu utwardzania. W ostatnim kroku wykorzystano narzędzie Element Birth and Death zaimplementowane w Mechanical R19.0. Funkcji tej użyto w odniesieniu do elementów przeznaczonych do odcięcia, co odzwierciedliło fizyczne usunięcie naddatków materiału i pozwoliło wyznaczyć stan deformacji ostatecznego detalu. Było to istotne ze względu na dosztywniające działanie kołnierzy.

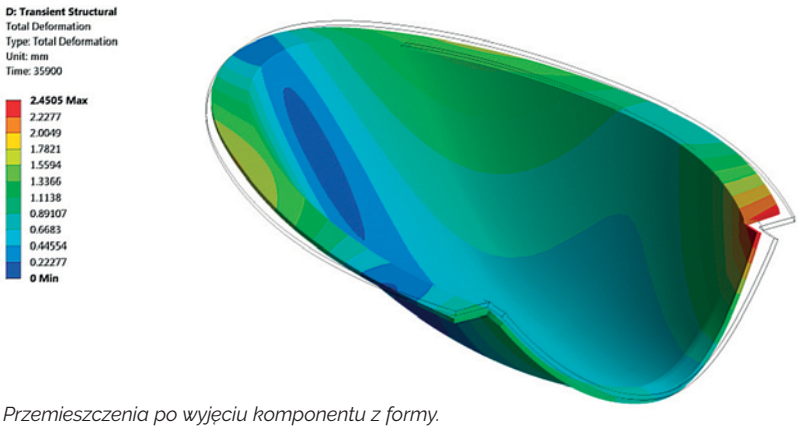
Podsumowując, dzięki obliczeniom MES z wykorzystaniem ACP oraz ACCS można obecnie symulować zagadnienia obejmujące stan wytężenia kompozytu pod obciążeniem oraz niezgodność wymiarową takiego materiału, będącą efektem procesu i parametrów utwardzania.

## LITERATURA

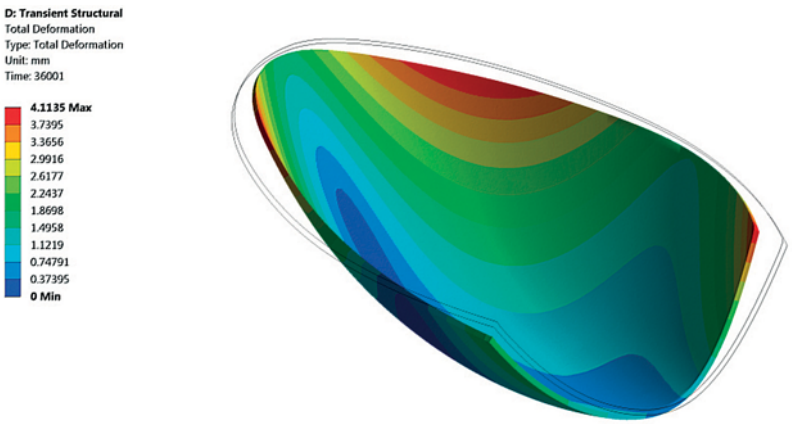
1. LMAT Ltd. ANSYS Composite Cure Simulation User guide v1.6. 2018.



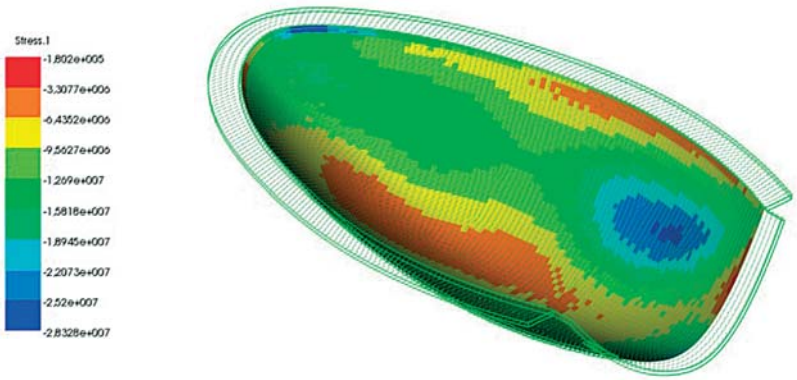

**Rys. 4.** *Drzewo analizy Transient Thermal (po lewej) oraz Transient Structural (po prawej). Zaznaczono nowe obiekty w drzewie analizy*




**Rys. 5.** *Przemieszczenia po wyjęciu komponentu z formy. W tle widoczny kontur nieodkształcony*




**Rys. 6.** *Przemieszczenia po obcięciu naddatków (wywinięć). Mapa przemieszczeń na tle konturu nieodkształconego*




**Rys. 7.** *Mapa maksymalnych naprężeń stycznych (głównych), będących naprężeniami resztkowymi w laminie zewnętrznej (ACP – Post)*

# Tworzenie powtarzalnych siatek

**Marek Zaremba** • MESco Sp. z o.o. • mzaremba @mesco.com.pl

**Częstym problemem związanym z dyskretyzacją modeli do analiz numerycznych jest generowanie siatek powtarzalnych (tzn. o tej samej liczbie węzłów i elementów) dla geometrii periodycznych lub powtarzalnych części geometrii, np. dla śruby. Narzędzie ANSYS Meshing, współpracujące z systemem ANSYS SpaceClaim, pozwala rozwiązać ten problem.**

Gdy w module do przygotowania geometrii uzależnimy od siebie ciała powtarzalne, wtedy siatka zostanie wygenerowana na jednej części geometrii, a następnie skopiowana na kolejne, uzależnione geometrie. Zaletami takiego podejścia są skrócenie czasu generowania siatki oraz uzyskanie siatki periodycznej.

Istnieją trzy sposoby tworzenia powtarzalnej siatki:

- powiązanie części geometrii za pomocą szyku w ANSYS SpaceClaim,
- powiązanie części geometrii za pomocą ACT Bodies/Instance Converter,
- kopiowanie siatki za pomocą Mechanical Model.

## Powiązanie części geometrii za pomocą szyku w ANSYS SpaceClaim

Tworzenie szyku w oprogramowaniu ANSYS SpaceClaim pozwala na szybkie uzyskanie geometrii periodycznej przez uzależnienie od siebie wszystkich wyodrębnionych ciał (rys. 1). Jest to ważne z punktu widzenia oprogramowania ANSYS Meshing, ponieważ dzięki powiązaniu poszczególnych części geometrii siatka zostanie wygenerowana tylko na jednej z nich, a następnie będzie kopiowana na kolejne.

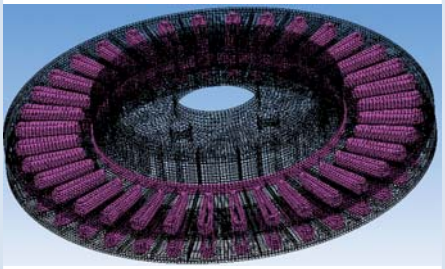
Jeżeli chcemy uzyskać wspólną siatkę dla wszystkich części geometrii, należy w trakcie przygotowywania geometrii ustawić opcję **Share Topology** w obrębie jednego powtarzalnego fragmentu. Tak przygotowany model należy wczytać do modułu generowania siatki. W efekcie uzyskuje się powtarzalną siatkę na geometriach periodycznych (rys. 2).

Na rys. 3 widać połączenia siatki wyświetlone w trybie **Wireframe/By Body Connection**. Można zauważyć, że niektóre węzły nie są, choć powinny być wspólne dla poszczególnych elementów geometrii. Aby połączyć te węzły ze sobą, posłużono się narzędziami **Match Control** oraz **Node Merge Group**. Pierwsze z tych narzędzi pozwala na uzyskanie identycznej siatki na wskazanych powierzchniach w obrębie jednego ciała. W tym przypadku użyto go do powierzchni bocznych elementów periodycznych (rys. 4). Ten zabieg powoduje, że węzły kolejnych komponentów pokrywają się ze sobą – dzięki temu użycie narzędzia Node Merge Group do łączenia ze sobą węzłów znajdujących się we wprowadzonej przez użytkownika tolerancji staje się jeszcze bardziej efektywne. W ten sposób uzyskujemy wspólną siatkę dla całej geometrii (rys. 5).

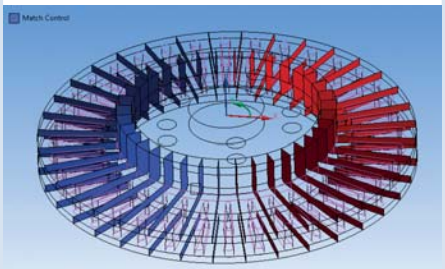
## Powiązanie części geometrii za pomocą ACT Bodies/ /Instance Converter

ACT Bodies/Instance Converter pozwala uzależnić od siebie ciała ze względu na taką samą objętość. Dzięki temu ANSYS Meshing – podobnie jak w poprzedniej metodzie – wygeneruje siatkę na jednym z elementów, a następnie skopiuje ją na kolejne, zależne elementy. Narzędzie to jest użyteczne np. w przypadku śrub, które mają tę samą objętość i są dowolnie rozmieszczone w danej geometrii – w tej sytuacji utworzenie szyku w ANSYS SpaceClaim nie znajduje zastosowania.

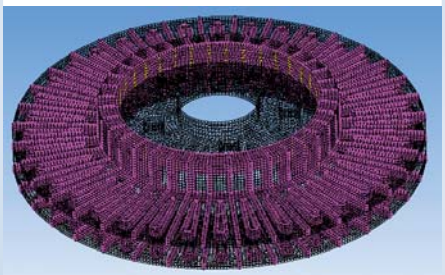
ACT Bodies/Instance Converter jest darmowym narzędziem, które można pobrać ze strony: https://appstore.ansys.com.



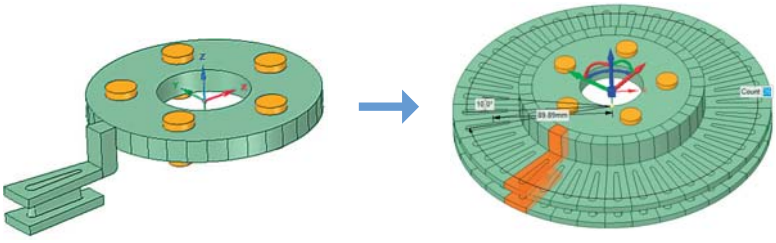
**Rys. 3.** *Połączenia siatki wyświetlone w trybie Wireframe/By Body Connection*



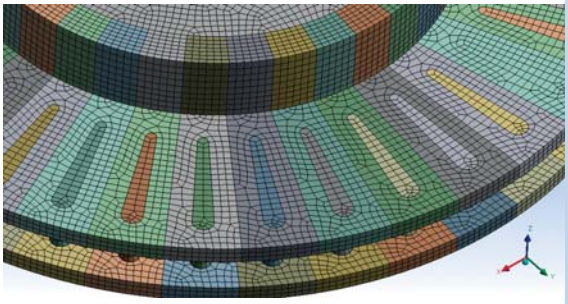
**Rys. 4.** *Efekt zastosowania narzędzia Match Control do połączenia węzłów powierzchni bocznych elementów periodycznych*



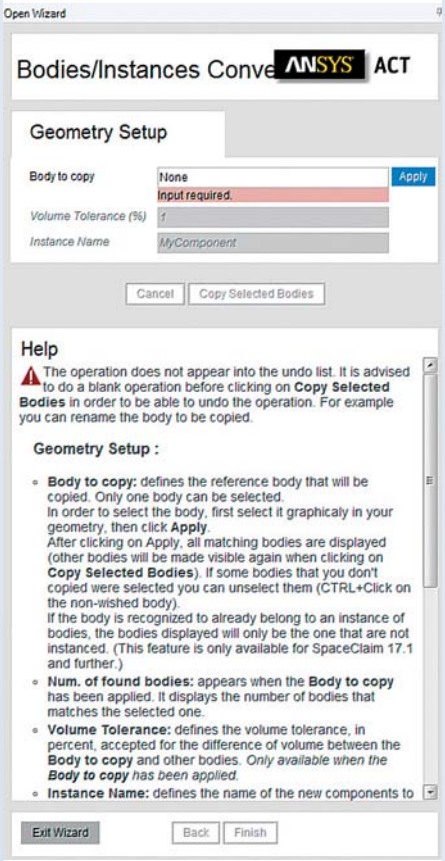
**Rys. 5.** *Wspólna siatka uzyskana dla całej geometrii po użyciu narzędzia Node Merge Group*



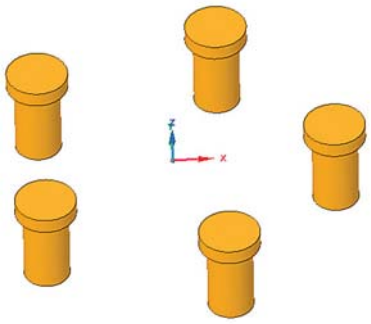
**Rys. 1.** *Tworzenie geometrii periodycznej*



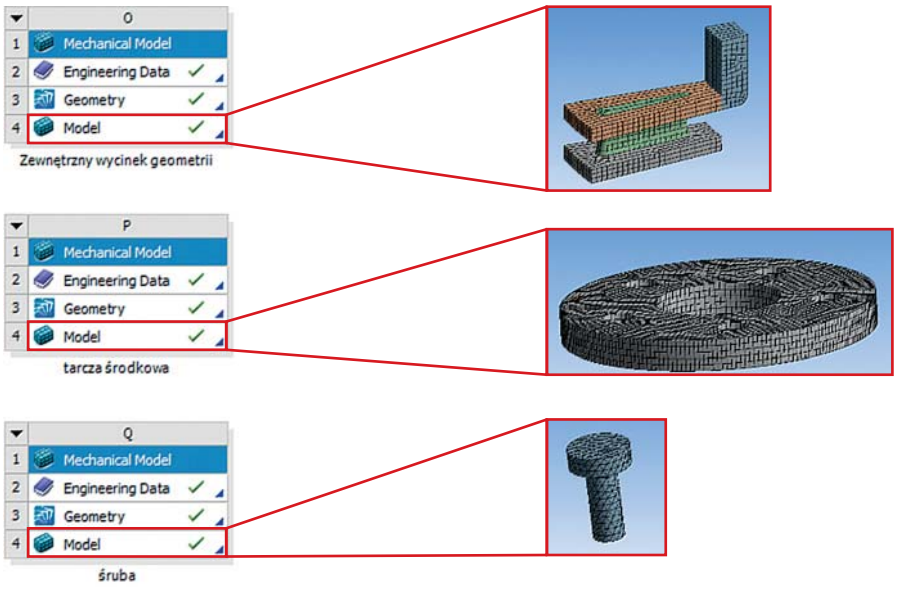
**Rys. 2.** *Powtarzalna siatka wygenerowana na elementach periodycznych*



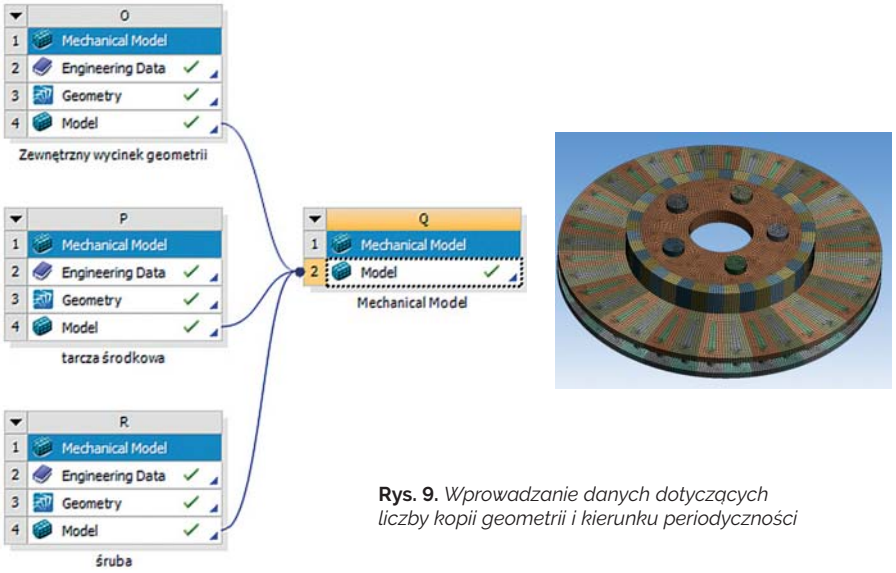

**Rys. 6.** *Narzędzie Bodies/Instance Converter*



**Rys. 7.** *Znalezione przez program obiekty o identycznej objętości*




**Rys. 8.** *Utworzenie bloków Mechanical Model*




**Rys. 9.** *Wprowadzanie danych dotyczących liczby kopii geometrii i kierunku periodyczności*

| Geometria | Bez kopiowania siatki | Z kopiowaniem siatki |
|---|---|---|
| Czas | 2 min 16 s | 13 s |

**Tabela.** *Czas generowania siatki dla tej samej geometrii – bez kopiowania siatki i z kopiowaniem siatki*

Należy je wczytać w środowisku ANSYS Workbench, a następnie otworzyć w ANSYS SpaceClaim geometrię pokazaną na rys. 1. Moduł Prepare zawiera narzędzie ACT/Open Wizard, za pomocą którego należy wczytać ACT do ANSYS SpaceClaim.

Po wczytaniu ACT ukaże się moduł, w którym poszczególne geometrie można uzależnić od siebie ze względu na objętość (rys. 6). Przykładowo wystarczy wskazać jedną ze śrub i zatwierdzić wybór, a program wyszuka wszystkie obiekty o identycznej objętości (rys. 7). Następnie należy wybrać opcję **Copy Selected Bodies**.

Dzięki ACT w rozpatrywanej geometrii (rys. 1) wprowadzono zależności dla śrub, a następnie dla każdej z nich wygenerowano taką samą siatkę. Działanie ANSYS Meshing jest w tym przypadku identyczne jak przy opisanym wcześniej szyku.

## Kopiowanie siatki za pomocą Mechanical Model

Moduł Mechanical Model służy do tworzenia złożeń z siatek. Dodatkowe funkcjonalności tego narzędzia to: translacja siatek oraz tworzenie siatek periodycznych przez kopiowanie siatki wzdłuż osi *X*, *Y* i *Z* lub jej obrót względem tych osi.

Rozważmy geometrię przedstawioną na rys. 1. Tworzymy trzy bloki Mechanical Model, w których znajdują się (rys. 8):

- wycinek zewnętrznej części,
- tarcza środkowa,
- pojedyncza śruba.

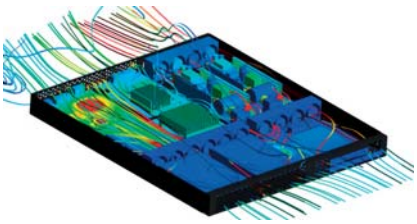
Dla każdej części tworzymy odpowiednią siatkę.

Następnie trzy bloki łączymy w jeden blok Mechanical Model. Ustawiamy kursor na komórce Model i w oknie Properties wprowadzamy dane dotyczące liczby kopii geometrii oraz kierunku periodyczności: dla pierwszej siatki – 35 kopii oraz obrót względem osi *Z* o 10°, dla trzeciej siatki – 4 kopie i obrót względem osi *Z* o 72° (rys. 9). Na koniec za pomocą narzędzia Node Merge Group łączymy ze sobą siatkę, aby uzyskać wspólną topologię. Gotową siatkę można następnie wykorzystać w analizie mechanicznej lub analizie przepływów.

## Podsumowanie

Oprogramowanie ANSYS Meshing pozwala tworzyć siatki powtarzalne przez kopiowanie siatki zdefiniowanej dla fragmentu modelu na jego pozostałe, uzależnione od siebie części. Dzięki temu czas generowania siatki znacznie się skraca. W tabeli porównano czasy generowania siatki dla analizowanej w artykule geometrii.

# Chłodzenie elektroniki – Icepak w AEDT



**Tomasz Kądziołka** • MESco Sp. z o.o. • tkadziolka@mesco.com.pl

**Jeszcze 20 lat temu telefon komórkowy służył głównie do komunikacji głosowej – dziś pełni rolę mobilnego komputera ze stałym dostępem do internetu, kamerą i nawigacją GPS. Za pracę każdego z tych komponentów odpowiadają układy elektroniczne, które generują ciepło. Wraz ze wzrostem mocy obliczeniowej mobilnych procesorów rośnie ilość wydzielanego ciepła, które musi zostać odprowadzone w taki sposób, aby umożliwić optymalne działanie danego komponentu i jego „sąsiadów". Dotyczy to każdego urządzenia elektrycznego czy elektronicznego.**

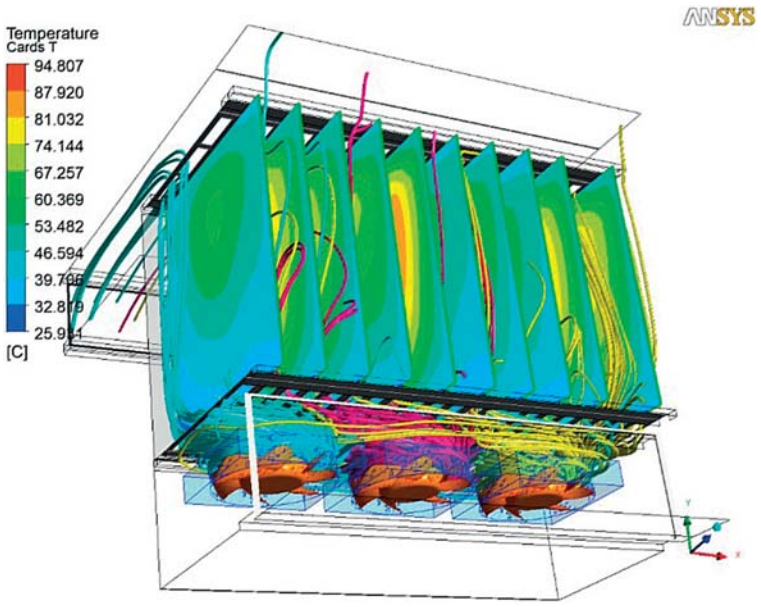
Nadmierna temperatura nie tylko może prowadzić do uszkodzenia termicznego danego elementu, lecz także odpowiada za problemy ze stabilnością i wydajnością urządzenia. W obliczu tak złożonego zagadnienia jedynie symulacja komputerowa pozwala na podejmowanie świadomych decyzji projektowych. Technologia ANSYS umożliwia dokładne odwzorowanie warunków pracy fizycznego modelu oraz przeprowadzenie analizy parametrycznej. Jaki wpływ na nagrzewanie się urządzenia mają zmiany geometrii (wprowadzenie otworów w obudowie, zmiana rozmieszczenia komponentów, zmiana wentylatora lub radiatora)? Czy użycie innych materiałów pomoże w rozwiązaniu problemów i będzie finansowo uzasadnione? Bez symulacji komputerowej znalezienie odpowiedzi na te pytania oznacza długi, kosztowny i żmudny proces.

ANSYS Icepak jest potężnym narzędziem przeznaczonym do symulacji i walidacji układów chłodzenia elektroniki. Icepak bazuje na flagowym solverze ANSYS Fluent, a w połączeniu z niezawodnym i w pełni zautomatyzowanym algorytmem tworzenia siatki elementów skończonych pozwala na symulację wymiany i przepływu ciepła w układach scalonych, pakietach elektronicznych, płytkach PCB, a nawet całych urządzeniach. Preprocesor umożliwia dostosowanie parametrów siatki w celu ustalenia kompromisu pomiędzy dokładnością wyników a czasem obliczeń.

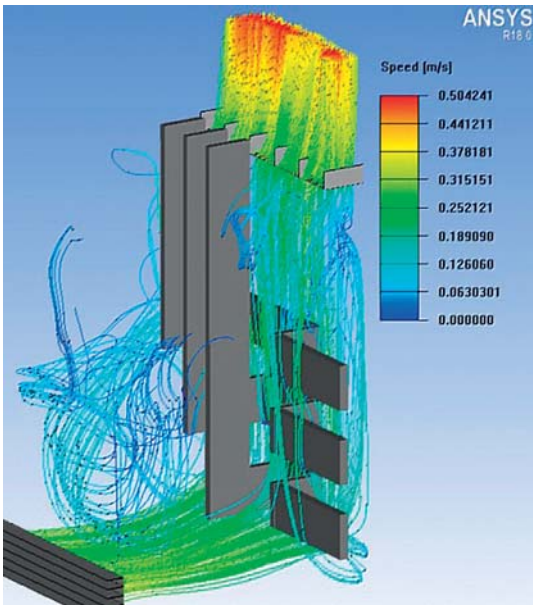
Najnowsza wersja ANSYS Icepak współdzieli interfejs graficzny AEDT (ANSYS Electronics Desktop) z modułami elektromagnetycznymi: HFSS, Maxwell i Q3D. Dzięki tej integracji obecni użytkownicy wymienionych produktów w prosty i przejrzysty sposób mogą rozszerzyć obliczenia elektromagnetyczne o zagadnienia z zakresu termiki (CFD), wykorzystując dynamiczne połączenie np. między modułami Maxwell i Icepak.

Solver zastosowany w ANSYS Icepak pozwala na analizę termiczną, uwzględniającą przewodzenie, konwekcję oraz radiację (zarówno w stanie ustalonym, jak i nieustalonym), a także na analizę zaawansowanych modeli z przepływem laminarnym lub turbulentnym. Oprócz tego Icepak oferuje również bogatą bibliotekę materiałów używanych w elektronice – w tym bazę wentylatorów, pakietów IC, PCB i radiatorów – dzięki czemu inżynier może w swojej pracy skoncentrować się na analizowanym zagadnieniu wymiany ciepła z otoczeniem.

Oprócz pracy z wykorzystaniem geometrii CAD Icepak pozwala użytkownikowi na import geometri ECAD layoutu płytek PCB z popularnych programów EDA (Altium Designer, Cadence, Zuken, Sigrity, Synopsys, ODB++, IPC2581, Mentor Graphics) i tym samym na analizę wpływu metalizacji na przewodność termiczną oraz wpływu strat Joule'a w ścieżkach na temperaturę urządzenia.

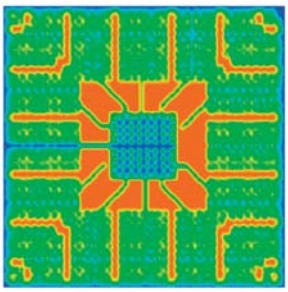



**Rys. 1.** *Rozkład temperatury wewnątrz obudowy z wymuszonym przepływem powietrza pochodzącym od wentylatorów*

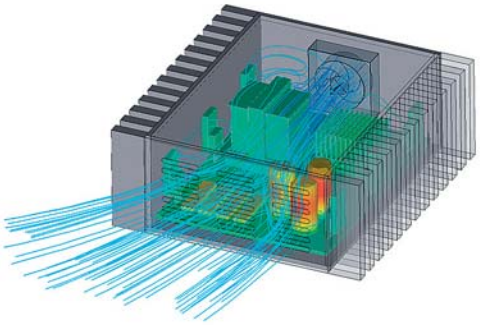



**Rys. 2.** *Wpływ otworów w obudowie na cyrkulację powietrza wewnątrz*

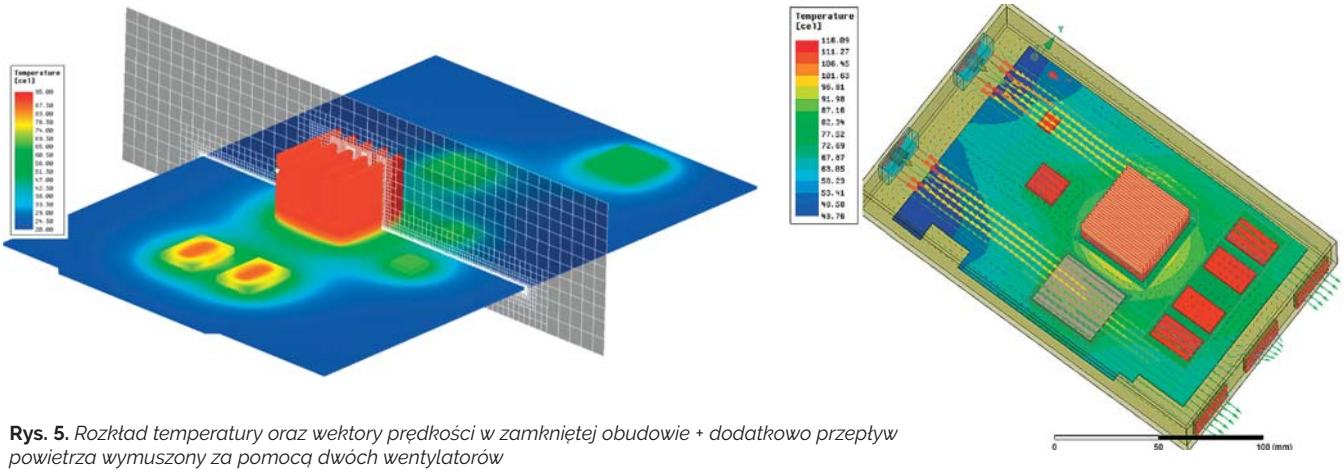
Intuicyjny i przyjazny interfejs użytkownika w połączeniu z szerokimi możliwościami wizualizacji wyników (do dyspozycji są narzędzia do tworzenia: map wektorów prędkości, map temperatury, linii prądu, izopowierzchni, przekrojów, wykresów *XY* i wiele innych) oraz natywnym wsparciem analiz parametrycznych typu „what if" czy DoE (obejmujących m.in. zmianę parametrów geometrycznych i materiałowych oraz strat mocy w elementach) sprawia, że Icepak jest idealnym narzędziem do szybkiej optymalizacji termicznej istniejących i projektowanych urządzeń.



**Rys. 3.** *Mapa przewodności termicznej dla układu scalonego wielowarstwowego*



**Rys. 4.** *Rozkład temperatury oraz linie strumienia prędkości wewnątrz obudowy urządzenia elektronicznego*



**Rys. 5.** *Rozkład temperatury oraz wektory prędkości w zamkniętej obudowie + dodatkowo przepływ powietrza wymuszony za pomocą dwóch wentylatorów*

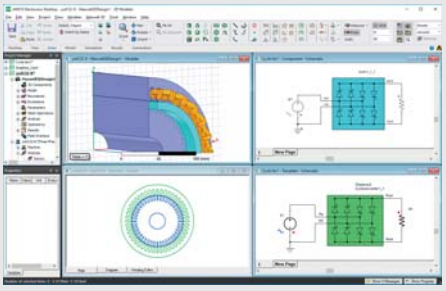
Aktualności

# Najważniejsze zmiany w licencjach elektromagnetycznych

**Tomasz Kądziołka** • MESco Sp. z o.o. • tkadziolka@mesco.com.pl

**Ostatnie dwa wydania (R17.0 oraz R18.0) przyniosły duże zmiany w licencjach elektromagnetycznych oraz funkcjonalności poszczególnych produktów. Najważniejszą zmianą była integracja takich narzędzi, jak Maxwell, Simplorer oraz RMxprt, w jednym, wspólnym środowisku do symulacji elektromagnetycznych – AEDT (ANSYS Electronics Desktop). AEDT jest platformą przeznaczoną do symulacji elektromagnetycznych, obwodowych i systemowych, gdzie użytkownik tworzy model, zadaje warunki brzegowe, określa dane materiałowe oraz przeprowadza symulację i obrabia wyniki analizy.**

Zaletami w pełni zunifikowanego GUI są: bardzo łatwe i płynne przejście pomiędzy wybranymi modułami, np. od elektromechanicznego do HF czy analiz termicznych, oraz możliwość ich łączenia/sprzężenia w jednym oknie. Obecnie w ramach AEDT są dostępne programy: HFSS, Maxwell, Maxwell Circuit Editor, RMxprt, Designer, Q3D Extractor, Simplorer oraz Icepak. Wersja R17.0 przyniosła także zmiany w produktach Maxwell 2D i Maxwell 3D – wraz ze wspomnianymi licencjami użytkownik bezpłatnie otrzymuje również licencje na programy RMxprt, PExprt i Simplorer Entry Level. Programy RMxprt oraz PExprt pełnią rolę programów specjalistycznych i służą do szybkiego projektowania maszyn elektrycznych czy elementów magnetycznych w układach energoelektroniki, a ponadto pozwalają na generowanie modeli polowych 2D lub 3D. Nowością w wersji R19.0 jest odświeżony GUI AEDT – dotychczasowe funkcje i elementy GUI zostały podzielone na zakładki związane m.in. z przygotowaniem geometrii, ustawieniami analizy oraz postprocessingiem wyników. Inne zmiany wprowadzone w R19.0 to: usprawnione algorytmy siatkowania oraz solvery, licencja SpaceClaim aktywująca import geometrii CAD za pomocą modułu MCAD, nowe narzędzie ACT Machine Design Toolkit w ANSYS Maxwell, kluczowe modyfikacje technologii SBR+ oraz głębsza integracja technologii Delcross w HFSS (analizy RCS), a ponadto integracja modułu termicznego ANSYS Icepak w środowisku AEDT. Począwszy od wersji 19, użytkownicy HFSS bez żadnych dodatkowych licencji mają dostęp do solverów IE i Transient oraz możliwość wykonywania obliczeń na czterech rdzeniach procesora w przypadku każdego produktu elektromagnetycznego.



# Wspólna topologia czy interfejsy?

**Maciej Kryś** • MESco Sp. z o.o. • mkrys@mesco.com.pl

W analizach CFD złożenie domeny obliczeniowej z wielu ciał budzi wiele wątpliwości. W jaki sposób budowana jest siatka na połączeniu? Jak realizowany jest przepływ przez połączenie i czy dzielenie domeny na mniejsze obszary w ogóle ma sens? Użytkownicy często zadają sobie podobne pytania. Niniejszy artykuł powinien rozwiać wszelkie wątpliwości w tym temacie.

## Dziel i rządź

Przede wszystkim odpowiedzmy sobie na pytanie, w jakim celu dzielić domenę (rys. 1). Oprócz oczywistej sytuacji, gdy w analizie są uwzględnione różne materiały, możemy wyszczególnić jeszcze dwa główne przypadki.

Pierwszy przypadek to domeny obrotowe. W modelach, w których element obrotowy (np. mieszalnik) stanowi jedynie ułamek całkowitej objętości, często z objętości płynu wycina się domenę w kształcie cylindra. Ruch obiektu nadaje się wtedy nie samemu obiektowi, lecz całej domenie, w której jest on „zatopiony".

Drugi przypadek występuje, gdy dzielimy domenę w celu usprawnienia procesu siatkowania lub zredukowania liczby elementów. Zazwyczaj duże modele dobrze jest podzielić na mniejsze porcje, aby łatwiej i szybciej wygenerować siatkę. Dodatkowo dobrze podzielona domena może zostać pokryta siatką w sposób hybrydowy (łączone siatki hexa- i tetrahedralne).

## Kluczem jest siatka

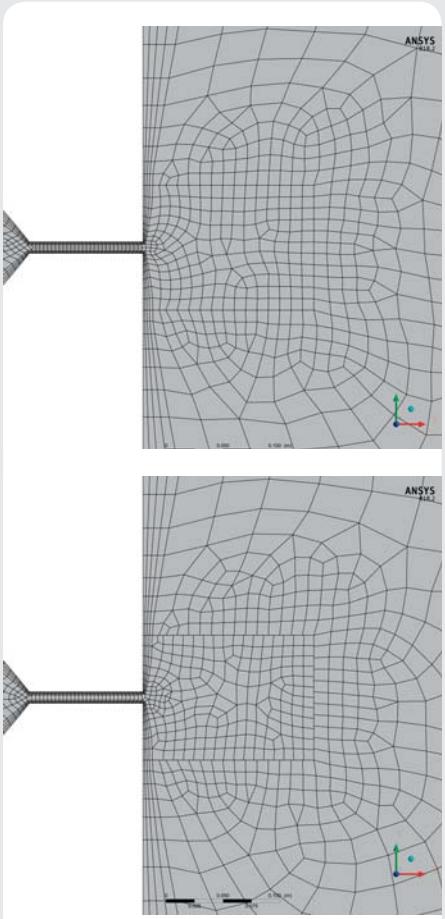
Zastanówmy się, co się dzieję, gdy nakładamy siatkę na podzieloną wcześniej domenę. Rozróżniamy dwa podejścia do siatek wielobryłowych (rys. 2): bazujące na wspólnej topologii (Shared Topology) oraz na interfejsach (Interfaces). Stosuje się je w zależności od tego, czy siatki poszczególnych brył są od siebie zależne i czy ostatecznie stworzą spójną siatkę.

W przypadku wspólnej topologii siatka w miejscu łączenia brył jest współdzielona. Innymi słowy: siatki na kolejnych bryłach modelu muszą być dopasowane do siatek poprzednich. Jest to pożądane z punktu widzenia samych obliczeń, ponieważ wtedy nie wymaga się żadnych dodatkowych zabiegów, aby informacje mogły swobodnie przepływać przez połączenie. Z kolei użycie interfejsów całkowicie rozpina siatki – każda jest generowana niezależnie od pozostałych. To oczywiście oznacza dodatkowe obliczenia w solverze, który musi interpolować wartości z jednej strony interfejsu na drugi.

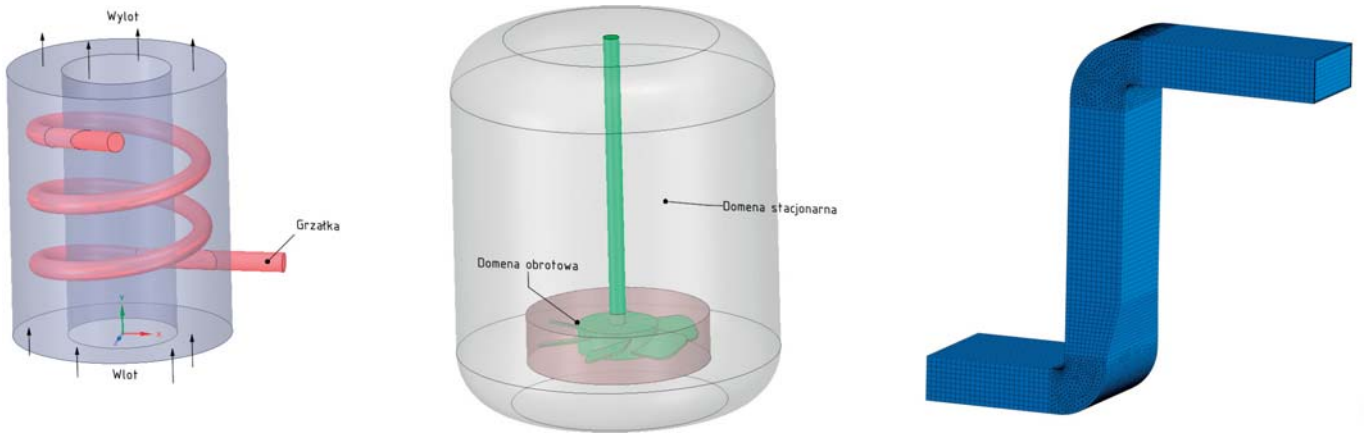
Teoretycznie to wspólna topologia powinna dawać dokładniejsze rezultaty (rys. 3). Należy jednak zaznaczyć, że w przypadku każdej metody – jeśli zastosuje się ją zgodnie ze sztuką – końcowe wyniki powinny być takie same.

Warunki, jakie należy spełnić, aby model bazujący na interfejsach dał ten sam rezultat co model bazujący na wspólnej topologii, to: identyczny (lub podobny) rozmiar elementu po obu stronach interfejsu oraz jak najdokładniejsze spasowanie powierzchni interfejsu.

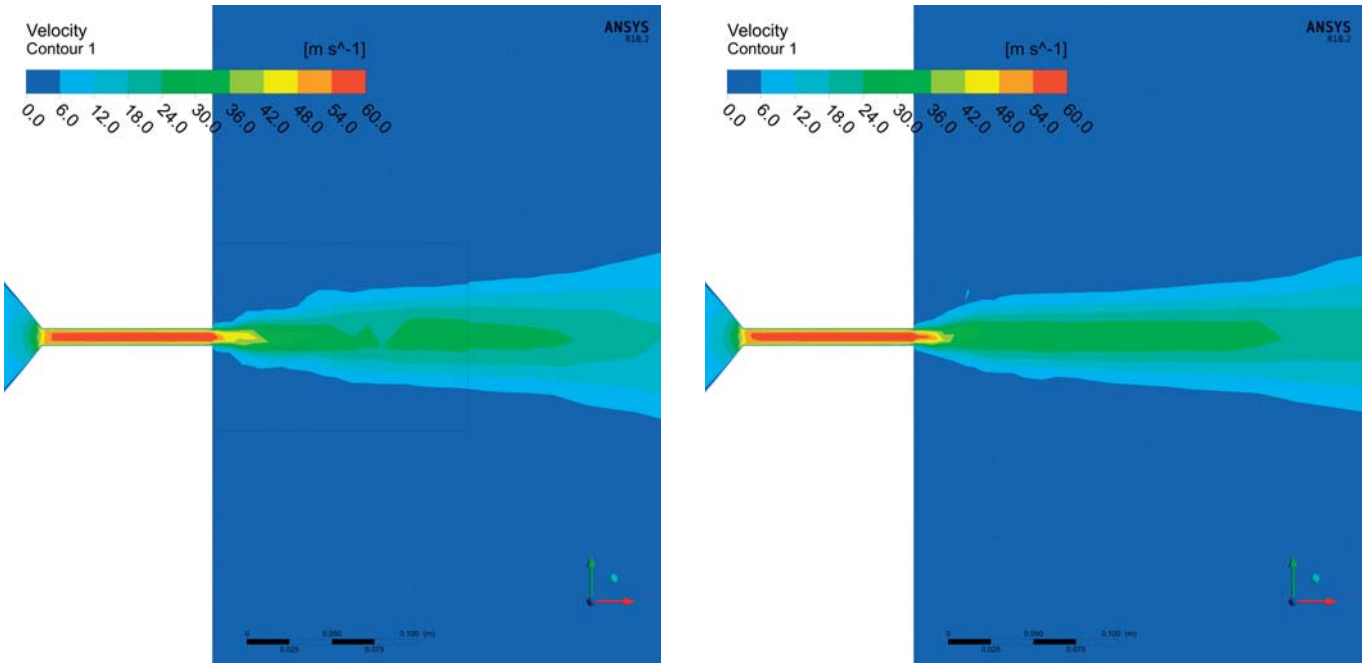
Pierwszy z wymienionych warunków obowiązuje tylko przy połączeniach typu płyn–płyn. W przypadku analiz wnikania ciepła z płynu do ciała stałego rozmiar elementu w ciele stałym może być dużo większy niż ten w płynie.




**Rys. 2.** *Porównanie metod wspólnej topologii (na górze) i interfejsów (na dole)*



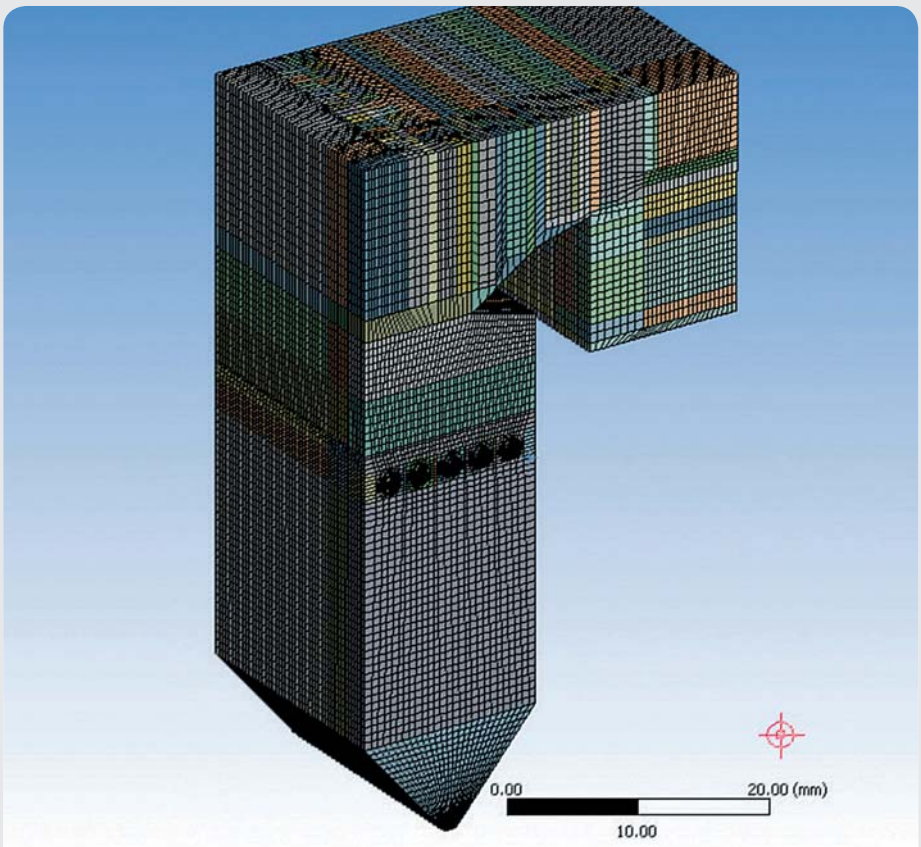

**Rys. 1.** *Przykłady podzielonych domen*




**Rys. 3.** *Porównanie wyników symulacji dla modelu bazującego na: wspólnej topologii (po lewej) i interfejsach (po prawej)*

## Co wybrać?

Skoro wspólna topologia daje dokładniejszy wynik, po co w ogóle korzystać z interfejsów. Są dwa główne powody. Po pierwsze w przypadku domen obrotowych z ruchomymi siatkami (modele Sliding Mesh oraz Transient Rotor Stator) obrót siatki spowoduje zdeformowanie wspólnej topologii i brak możliwości kontynuowania obliczeń. Po drugie osobne siatki można generować równolegle, co w przypadku dużych modeli okazuje się nieocenione. Narzędzie ANSYS Meshing pozwala (bez dodatkowych licencji!) na użycie po jednym rdzeniu procesora na każdą osobną bryłę. W praktyce wygenerowanie siatki na modelu opartym na wspólnej topologii trwa kilkadziesiąt minut, a w przypadku modelu bazującego na interfejsach – zaledwie kilka minut. Z drugiej strony zastosowanie wspólnej topologii nie wymaga od użytkownika żadnych dodatkowych operacji. Nie musi on także szczegółowo kontrolować połączeń między bryłami, o ile geometria została przygotowana poprawnie. Jest to ogromna zaleta z punktu widzenia początkujących użytkowników. Jeżeli ostatecznie wynik symulacji będzie identyczny, wybór metody zależy głównie od wielkości i poziomu skomplikowania modelu oraz stopnia zaawansowania użytkownika.




**Rys. 4.** *Siatka na podzielonej domenie*

## Trendy

Obecnie można zaobserwować wzrost popularności metody opartej na interfejsach. Mają na to wpływ: coraz większa powszechność wielordzeniowych procesorów w stacjach roboczych oraz dynamiczny rozwój funkcjonalności oprogramowania wspomagającego tworzenie i obróbkę interfejsów. Użytkownik narzędzia ANSYS Meshing może np. skorzystać z automatycznego wykrywania i nazywania interfejsów. W tej dziedzinie wiele oferują również nowe wersje oprogramowania ANSYS Fluent. W wersji 18 przebudowano GUI narzędzia do obróbki interfejsów i dodano funkcję ich automatycznego tworzenia z par Named Selections. W wersji 17 usprawniono również algorytm obsługujący przepływ danych przez interfejs.

W celu uzyskania bardziej szczegółowych informacji na ten temat zachęcamy do zapoznania się z odpowiednim rozdziałem dokumentacji ANSYS Meshing oraz do śledzenia naszego bloga (zakładka BLOG na stronie www.mesco.com.pl), gdzie wkrótce pojawi się materiał objaśniający – krok po kroku – jak tworzyć domenę opartą na wspólnej topologii i interfejsach.

# Carried out laboratory tests and validation of the special type centrifugal pump

**Witold Lorenz** • Hydro-Vacuum S.A. Grudziądz • w.lorenz@hv.pl

**It has been presented the use of numerical simulations in the design process of special centrifugal pump (pitot tube pump) characterized by extremely low specific speed and non-standard design. It has been shown the test rig, measurement methodology and the results of experimental tests. On this basis numerical model of the pump using ANSYS CFX software has been developed and validated.**

Pitot pumps, called otherwise as pitot tube pumps or pumps with rotating casing, have been known on the industrial scale for about 50 years and they belong to the group of special type centrifugal pumps [2, 10, 17]. Their distinguishing feature is the ability to achieve high total head at the relatively small capacity from one stage, which characterize this type of pumps with such extremely low specific speed $n_s$ = 5.3 [9, 11, 12, 14]. Specific, simple design and small weight cause that this pump enables highly reliable operation. The considered pump can be applied in energy industry, chemical industry: for pumping low-boiling factors, liquids without solid impurities and liquid metals such as mercury or gallium.

The original genesis of this survey was the increase of interest in these pumps by rockets and aircraft industry and later they have been made attempts to install these pumps in micro CHP ORC systems of turbine cooling system [13].

The aim of the study was testing the existing pitot pump, development and validation of the CFD model targeted for increasing total head and better understanding of the physics phenomena occurring during the pump operation in the zone before the inlet of the pitot tube. The works were carried out thanks to two researches and development grants (research was carried out under European Social Found in the contest of Human Capital National Cohesion Strategy, agreement No. DGG/2080/09 and Grant-it-aid for scientific research form Ministry of Science and High Education – Faculty of Mechanical and Power Engineering, Wroclaw University of Technology). The object of the study was the pitot tube pump designed and modernized in the Faculty Department of Flow Machinery (currently: Unit of Fundamentals of Design

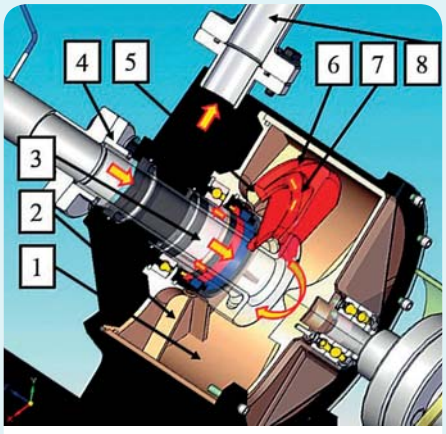



**Fig. 1.** *Pitot tube pump, $n_s$ = 5.3*

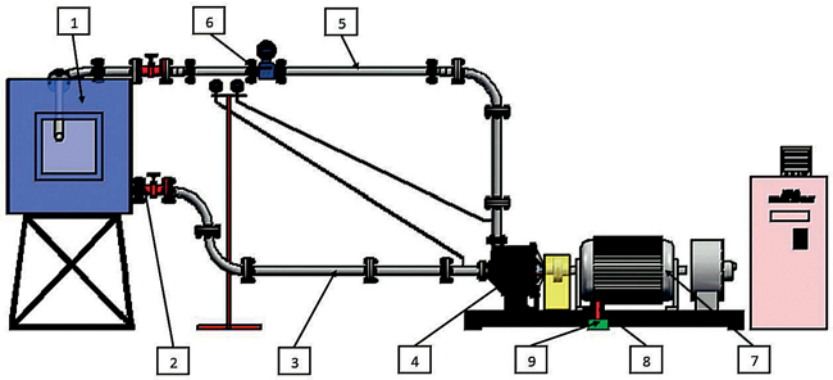



**Fig. 2.** *Pitot's tube pump test rig*

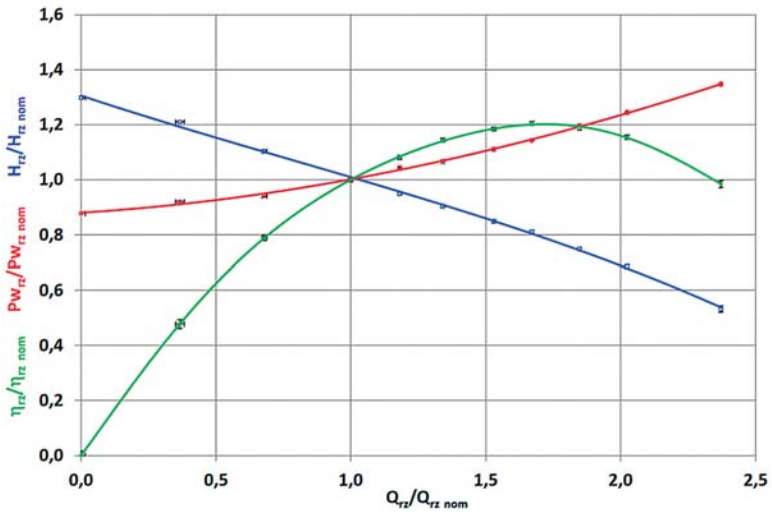



**Fig. 3.** *Characteristic curves of the pitot tube pump*

Engineering and Flow Machines) and produced in the former Pump Factory in Swidnica (currently: Group of Powen-Wafapomp SA) with nominal performance: capacity $Q_{nom}$ = 15 m$^3$/h, total head $H_{nom}$ = = 144 m at rotation speed $n_{nom}$ = 2960 rpm.

The construction and operation of the pump is shown at fig. 1. Due to the casing rotation (*1*) with bladed side walls (*2*) it is caused a rotodynamic motion of the liquid which flows inside the rotating casing through the internal inlet pipe (*3*) with fixed suction flange (*4*). Liquid, spinning in a closed volume flows through sectional inlet (*5*) into the fixed pitot tube (*6*). Then, through the diffuser internal channel (*7*), of the pitot tube (*6*) it flows to the discharge pipe (*8*) and it is finally discharged to the piping system. Dependencies describing the achieved energy performances are presented in detail in [12].

## Experimental tests

In order to determine the pump's performances, it were carried out laboratory tests and determined characteristic curves. Measurements, test rig and analysis of measurement errors were performed according to [15] Class 2, taking into account [16].

The pumped medium: clean tap water at a temperature approx. 20°C was pumped into closed system. The liquid flowing out from the tank (*1*, fig. 2), flows through the valve (*2*), elbows and straight section (*3)* to the pump (*4*). As a result of the work of the examined pumping unit water was discharged by discharge pipe line (*5*) with fitted flow meter (*6*) to the tank (*1*). Measurement of static pressure was executed thanks to flanges placed on the suction (*3*) and discharge pipe lines (*5*). Cradle positioning of the electric motor (*7*) enabled the direct measurement of the torque on the pump's shaft, which was measured as the force of arm pressure (*8*) with known weight on laboratory scales (*9*).

Instruments were chosen in relation to the measuring range in the following class: electromagnetic flow meter and pressure transducers class 0.2, photoelectric meter and thermometer class 0.5, barometer class 1.0. The scheme of test rig is shown in fig. 2.

The achieved characteristic curves with marked bars of measurement errors are shown in fig. 3 and they were basis for the development of the numerical model of the pump.

## Numerical simulations

To carry out the CFD simulations it was used commercial software ANSYS Inc. (ANSYS Academic Research CFD, HPC) taken from resources of Wroclaw University of Technology and WCSS (calculations have been carried out using resources provided by Wroclaw Centre for Networking and Supercomputing, http://wcss.pl, grant No. 251).

3D CAD models of considered geometries (suction pipe with pitot tube and rotating casing – fig. 5a – and internal channel – fig. 5b) – were discretized by finite volume method [18] with using the commercial software ANSYS ICEM CFD [4]. In all cases it was used the smallest and most accurate for executing calculations tetragonal mesh with prismatic elements located at the walls without significant gradients of cell size (increasing the cell size: $x \le 1{,}2$). The number of layers of prismatic elements for each model was selected individually. The mesh size of the interfaces was constant and way of their locations are non-matching. The number of elements of discrete model's mesh was about 10–12 million.

Numerical calculations were solved using calculation code ANSYS CFX [3]. It was chosen solver RANS type with linear eddy viscosity models for the turbulence. ANSYS CFX is a cell-vertex (variables are stored at the vertices of the mesh elements), finite volume, fully coupled, implicit solver (technology came originally from TASCFlow [1]) and so the pressure-velocity coupling is inherent in the solution procedure. Pressure and velocity are co-located, therefore pressure-velocity decoupling is dealt with using Rhie-Chow approach. Solver has all three momentum equations with the pressure equation in the same matrix therefore they are solved together. Coupled solvers take more time per iteration and use more memory as the matrix is bigger, but coupled solvers usually converge much faster as you only converge on the non-linear terms [19].

For all equations it was used discretization scheme: High Resolution, which keeps the solution as close to 2$^{nd}$ order as possible without going unbounded. Modelling of flow in the pitot pump takes into account the narrow gap between the back of the pitot tube and the roller surface of the rotating casing. Therefore, it was applied the model based on the Boussinesq's hipotesis, *k-ω* SST (Shear Stress Transport) [7]. This model was proposed by Menter in 1994 and it was invented due to modification of models *k-ε* and *k-ω*. Flows on the boundary layer are mapped as using *k-ω*, and the flows inside the model as *k-ε* [5]. The design and operation scheme of the model is presented on fig. 4. In the Menter SST model, the transport equations for the turbulent kinetic energy *k* and the specific dissipation rate *ω* is expressed at positions (1) and (2), which are described in detail [6]:

$$\rho\frac{\partial k}{\partial t}+\rho u^i\frac{\partial k}{\partial x^i}=\frac{\partial}{\partial x^j}\left(\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x^j}\right)+G_k-Y_k \qquad (1)$$

$$\rho\frac{\partial \omega}{\partial t}+\rho u^i\frac{\partial \omega}{\partial x^i}=\frac{\partial}{\partial x^j}\left(\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_\omega}\right)\frac{\partial \omega}{\partial x^j}\right)+G_\omega-Y_\omega+D_\omega \qquad (2)$$

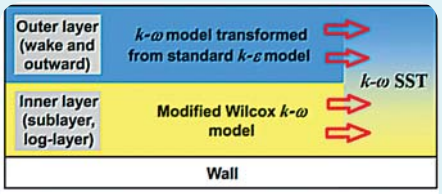



**Fig. 4.** *Operation scheme of k-ω SST turbulence model [5]*

At the inlet side it was given velocity inlet (green field, fig. 5) boundary condition, which enables the transport of fluid in both directions: inflow and outflow. Turbulence at the inlet was 0,05. At the outlet side it was also given bidirectional boundary condition: pressure opening (red field). Walls which were rotating in the model (blue fields) were given rotation speed in accordance with the rotational speed of the rotating casing of real pump. The remaining walls (silver color) were not given any rotation. Furthermore, for all walls Dirichlet and Neumann type boundary condition were implemented. Steady State flow simulations were performed. Interfaces were combined thanks to GGI model – Frozen Rotor (orange field). During conducting of calculations there haven't been used any algorithms to adapt the mesh.

## The results of numerical simulations

Based on the results of numerical simulations it has been prepared dimensionless characteristics curves: for total head *H* and pressure loss *hst* of inner channel as a function capacity *Q* (fig. 6).

In the most important performance range $Q/Q_{nom}$ = (0.8÷1.2) the discrepancy of obtained results from the numerical calculations and experimental tests does not exceed 5%. Due to the low value of $n_s$, the deviation is relatively small. In the literature [8] there were given limit deviations between the results obtained with experimental and numerical simulations: for $n_s \ge 24$ these discrepancies are 1÷3%, whereas for $n_s \le 24$ the authors do not provide unequivocal values. For $n_s \le 10$ after analyzing the nature of the average curve of errors, discrepancies may be 10÷12% [8].

All qualitative results of are presented for $Q/Q_{nom}$ = 1. In the inlet section to the diffuser channel of the pitot tube (fig. 7) it is shown the total pressure field which, because of the nature of the liquid flow can be conventionally divided into three similar sized subareas. The highest pressure of the pitot's tube inlet is about $P_{INL}$ = = 2.3 MPa (average arithmetic from the surface marked as $P_{INL}$) is obtained from the area located in 1/3 of the height from the back of the pitot tube (at 1/3 A). In the central part the pressure decreases

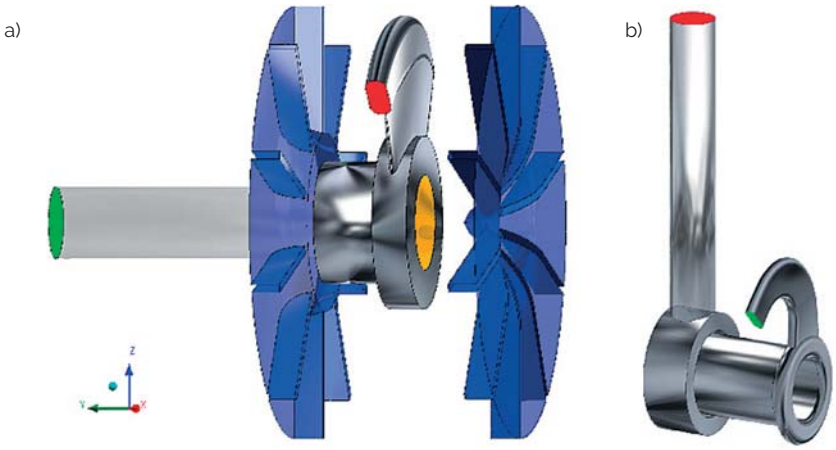



**Fig. 5.** *Discrete model of the pitot tube pump: a) suction pipe with pitot tube and rotating casing, b) internal channel*

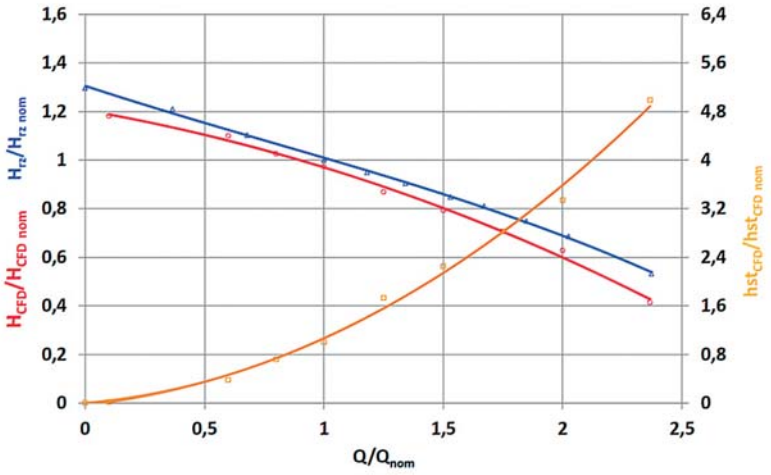



**Fig. 6.** *Head/discharge and losses/discharge curves of the pitot pump*

significantly and its average value is $P_{INL}$ = 1.4 MPa (1/3 B). The lower part generates the lowest pressure, i.e. $P_{INL}$ = = 0.5 MPa (1/3 C). The average arithmetic pressure on the inlet surface of the pitot tube is $P_{INL}$ = 1.8 MPa. The reason for this division is the distribution of vectors of relative velocity in this section. The liquid flowing out from the upper part of the pitot tube (1/3 A) has the highest kinetic energy, therefore it creates the highest pressure. In the upper part of the inlet the average relative velocity reaches $w$ = 25.0 m/s. In the central (1/3 B) and lower field (1/3 C) the average velocity is respectively $w$ = 13.5 m/s, and $w$ = 3.5 m/s (fig. 8a).

The most noteworthy thing is the occurrence of reverse fluid flow in the middle and the bottom part of the inlet (fig. 8b). The liquid flows from the upper part of the inlet into the internal channel of the (1/3 A), then some liquid amount changes direction and flows into the center (1/3 B) and the lower part of the inlet (1/3 C) and flowing out from the inlet, whereupon it flows once again through field 1/3 A and 1/3 B. Developing reverse flow does not improve the energy parameters, but is a generator of significant losses and pressure gradients between the different parts of the inlet. For $Q/Q_{nom}$ = 1 the fluid flows into the channel of the pitot tube through surface which is only approx. 58% of the total inlet area. The remaining part of the inlet is supplied by spiral vortex, located at the entire width of the rotating casing (fig. 9a) and on the lower part of the pitot tube back (fig. 9b) to which the liquid flows nearby the pitot's tube inlet bladed side walls.

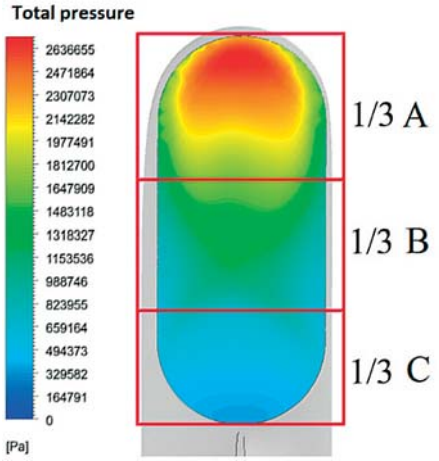



**Fig. 7.** *Total pressure fields on the inlet side of the pitot tube*

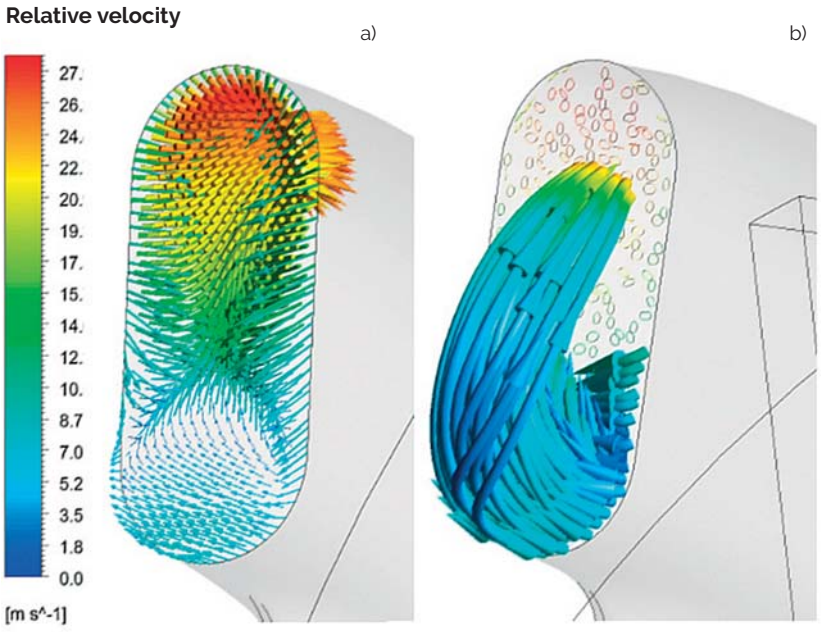



**Fig. 8.** *The vectors of the relative velocity (a) and the track of the liquid particles flowing out from the inlet's pitot tube (b)*

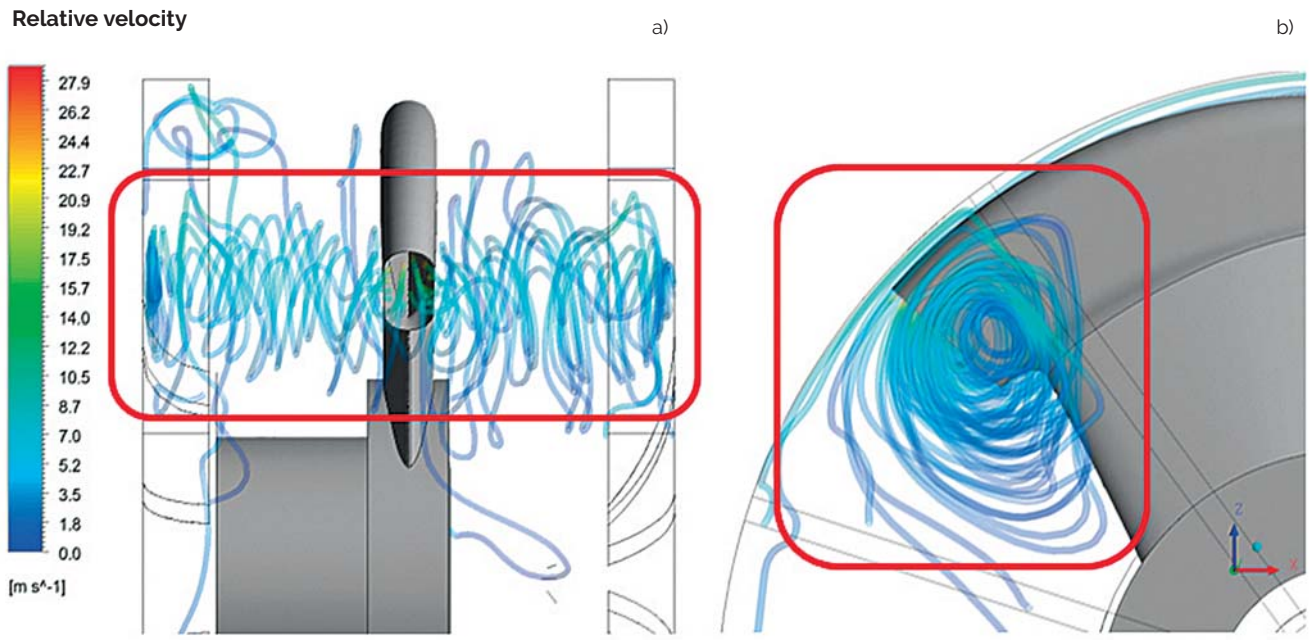



**Fig. 9.** *The spiral trajectories in the pitot tube pump: a) front view, b) side view*

## Summary

The developed numerical model shows good compatibility with the results obtained on the basis of experimental tests.

Thanks to using different shapes of the pitot tube and its inlet it has been developed numerical model which allows to predict the performance on stage CAD modelling and CAE analysis. You should be aware, that the result of CFD analysis is approximate and dictated by the simplification function and variable settings of discrete model. CFD modelling creates the possibility of eliminating decision errors in the design process at the relatively low cost and time designated to development of solutions for implementation.

## REFERENCES


1. Anciger D., Jung A., Aschenbrenner T. "Prediction of rotating stall and cavitation inception in pump turbines". IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*. 25th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems. Vol. 12, No. 1 (2010), pp. 012–013.
2. Angle T., Turner M. "The Weir VSR 2100 – a new concept in high-pressure pumping". *The Institution of Mechanical Engineers.* 2nd International Symposium on Centrifugal Pumps (The state of the art and new developments S966/007/2004), 2004.
3. ANSYS Inc. *ANSYS documentation for R 11.0.* Canonsburg, ANSYS Inc., 2007.
4. ANSYS Inc. *ANSYS ICEM CFD User's Guide*. Canonsburg, ANSYS Inc., 2007.
5. ANSYS Inc. *Turbulence Modeling Using ANSYS Fluent.* R 14.5, 2013.
6. Bates P., Lane St., Ferguson R. "*Computational Fluid Dynamics*". West Sussex: Wiley, 2005.
7. Blazek J. "*Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications*". Elsevier, 2001.
8. Gülich J.F. "*Centrifugal Pump*". Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
9. Jędral W. „*Pompy wirowe*". Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2014.
10. Lorenz W., Plutecki J. „Wpływ kształtu wlotu czerpaka na wysokość podnoszenia pompy z wirującym bębnem". *Górnictwo Odkrywkowe.* R. 51, nr 4 (2010): s. 33–39.
11. Lorenz W., Janczak M. „Sukcesy i niepowodzenia w modelowaniu przepływu cieczy w pompach wielostopniowych o małym wyróżniku szybkobieżności". *Mechanik*. R. 97, nr 3 (2016): s. 141–145.
12. Lorenz W. „*Modelowanie elementów odprowadzenia cieczy pompy czerpakowej* ". Rozprawa doktorska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny Politechniki Wrocławskiej, 2011.
13. Mikielewicz J., Kaniecki M. „*Modelowe kompleksy agroenergetyczne jako przykład kogeneracji rozproszonej opartej na lokalnych i odnawialnych źródłach energii. Badania eksperymentalne, prace projektowe i obliczenia numeryczne pompy obiegowej mikrosiłowni na czynnik niskowrzący*". Nr POIG.01.01.02–00–016/08. Gdańsk, 2011.
14. Osborn S. "The roto-jet pump: 25 years new". *World Pumps*. Iss. 363 (1996): pp. 32–36.
15. Standards catalogue, "*Rotodynamic pumps – Hydraulic performance acceptance test – Grades 1 and 2*". PN-EN ISO 9906:2002.
16. Standards catalogue, "*Rotodynamic pumps and pumping systems – Parameters, Terminology, Definitions, Symbols and units*". PN-M-44001:1981.
17. Snasskij K. „*Novye nasosy dla małych podač i vysokich naporov*". Moskva: Mašinostrojenie, 1973.
18. Tu J., Yeoh G.H., Liu C. "*Computational Fluid Dynamics*". Elsevier Inc., 2008.
19. www.cfd.online.com (access: 01.06.2016 r.).


HUMAN CAPITAL
NATIONAL COHESION STRATEGY
Wrocław University of Technology
EUROPEAN UNION
EUROPEAN
SOCIAL FUND

# PRODUKCJA ADDYTYWNA – technologia warta inwestycji

**Jacek Maj** • MESco Sp. z o.o. • jmaj@mesco.com.pl

**Produkcja addytywna ma potencjał, gdy chodzi o ograniczenie ilości materiału nawet o 50% przy oszczędności energii rzędu 90%. Do tego należy dodać możliwość przyspieszenia procesu produkcji i redukcję liczby potrzebnych elementów (dzięki wyeliminowaniu śrub, zatrzasków, klejów itp.). To sprawia, że giganci przemysłu lotniczego i kosmicznego od dawna silnie inwestują w technologie druku 3D.**

Dobrym przykładem jest start-up Relativity (www.relativityspace.com) z USA, który jako pierwszy stworzył w pełni wydrukowany zbiornik na paliwo do rakiety SpaceX. Skąd taki pomysł? Otóż standardowy proces produkcji zbiornika na paliwo do rakiet kosmicznych trwa kilka tygodni. Druk 3D pozwolił zredukować ten czas do kilku dni. To jednak nie wszystko. Technologia opracowana przez Relativity pozwala na całkowitą automatyzację procesu wytwarzania. I taki jest kolejny cel firmy – bezobsługowa fabryka rakiet.

Według GE (www.ge.com/reports) wytwarzanie addytywne poza redukcją liczby elementów w konstrukcji zapewnia precyzyjniejszą kontrolę jakości wytwarzanych detali. Wyzwaniem jest jednak optymalizacja procesu wytwarzania, ponieważ ma on istotny wpływ na własności mechaniczne produktu. I tu wkracza ANSYS.

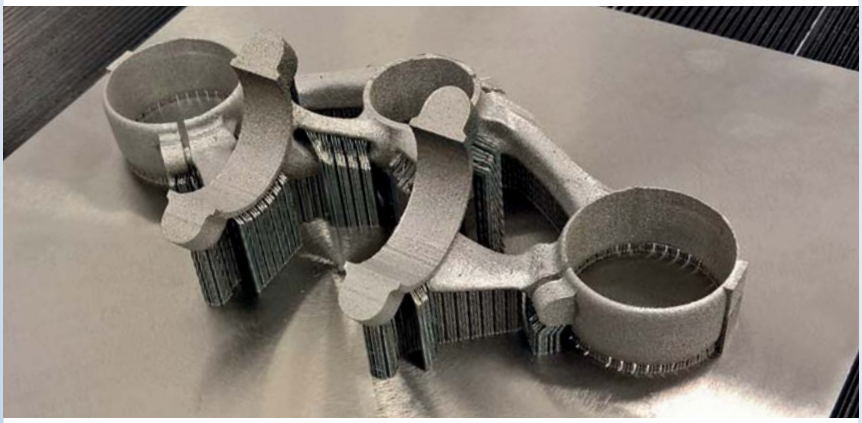
W dniu 15 listopada 2017 r. przedsiębiorstwo ANSYS Inc. przejęło firmę 3DSIM – pioniera w dziedzinie symulacji procesu produkcji addytywnej. Nadal czekamy na szczegóły dotyczące integracji ich narzędzi w środowisku ANSYS, ale jedno jest pewne: symulacja w tej dziedzinie jest bardzo potrzebna.

Moduł ANSYS 3DSIM pozwala na określenie zniekształceń i naprężeń szczątkowych, będących efektami procesu technologicznego. Sprawiają one, że wyprodukowany element często nie spełnia wymagań projektowych. Dzięki oprogramowaniu ANSYS można jednak wyznaczyć konieczne kompensacje geometryczne i rozmieszczenie podpór oraz określić strategię obróbki termicznej, aby zapobiec negatywnym efektom procesu produkcji. Symulacje w ANSYS exaSIM obejmują też zmianę fazy i mikrostrukturę materiału, co zwiększa precyzję wykonywanych analiz. ANSYS umożliwia ponadto symulowanie samego procesu wydruku oraz jego optymalizowanie przez dobór odpowiednich warunków czy ścieżki drukowania.

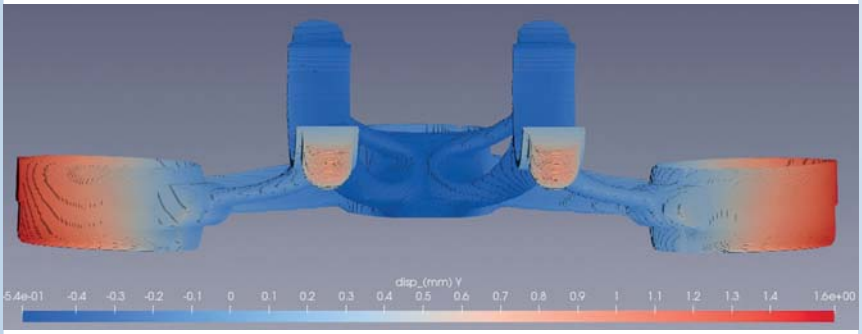
Za sprawą programu ANSYS można nie tylko uniknąć wielu próbnych wydruków, lecz także poznać przyczyny określonego zachowania się wytworzonego elementu. Bez wątpienia wydruk 3D jest technologią przyszłości, a ANSYS pozwala ją lepiej zrozumieć.

Osoby zainteresowane tym tematem prosimy o kontakt z firmą MESco.

**Rys. 1.** *Ogromna drukarka 3D firmy Relativity*



**Rys. 2.** *Wydrukowany element*




**Rys. 3.** *Wyniki symulacji, pokazujące deformacje będące efektem procesu produkcyjnego*

# Nowe stacje robocze HP

**Adam Łokieć** • MESco Sp. z o.o. • alokiec@mesco.com.pl

**Rok 2018 przyniósł zupełnie nowe rozwiązania w rodzinie stacji roboczych firmy HP – zmieniono nie tylko wygląd całej linii, lecz także architekturę sprzętową. Dotychczasowe modele SandyBridge zostały zastąpione najnowszą architekturą SkyLake i KabyLake, co przełożyło się na jeszcze większą wydajność.**

Oprócz wydajności i niezawodności stacje robocze charakteryzuje możliwość pracy pod maksymalnym obciążeniem przez dłuższy czas. Jest to zasługa optymalnie dobranych komponentów, nowej architektury oraz zmodyfikowanych układów chłodzenia.

W zależności od konfiguracji stacje robocze HP z serii Z mogą być wyposażone w: jeden lub dwa procesory najnowszej generacji Intel Xeon (Bronze/Silver/Gold/Platinum) – każdy z 4÷28 rdzeniami, pamięć RAM z kontrolą parzystości ECC-R 2666 MHz i możliwością rozbudowy – nawet do 3 TB, wysokowydajne karty graficzne z serii QUADRO/FirePRO oraz karty obliczeniowe GPU TESLA/Xeon Phi.

Aby uniknąć niepożądanych przestojów, w przypadku każdej stacji roboczej zapewniony jest minimum trzyletni serwis gwarancyjny w miejscu instalacji (*on-site*) i z czasem reakcji 4÷48 godzin (*next business day*). W dowolnym momencie obowiązywania gwarancji można ją przedłużyć do pięciu lat.

**HP Z8 G4.** Najwydajniejszą wśród stacji roboczych HP jest dwuprocesorowa stacja HP Z8 G4, która zastąpiła dotychczasowy model HP Z840. Stacja zapewnia najlepsze wykorzystanie rozwiązań HP Z-series DNA z niesamowitą mocą obliczeniową, profesjonalnymi kartami graficznymi i wewnętrzną pamięcią masową. Zalety stacji HP Z8 G4 są efektem zastosowania: dwóch procesorów z rodziny Intel Xeon (do 28 rdzeni na procesor), pamięci RAM do 3 TB, wydajnych kart graficznych z rodziny nVidia QUADRO, kart obliczeniowych GPU nVidia TESLA, niezawodnych i najszybszych na rynku dysków z serii Z-TurboDrive oraz zoptymalizowanego układu chłodzenia. Podobnie jak w przypadku każdej stacji z rodziny Z dostęp do wnętrza obudowy nie wymaga użycia narzędzi, a ponadto można ją zamontować w szafie typu RACK (dzięki specjalnym szynom montażowym).

**HP Z6 G4.** Wraz z wprowadzeniem stacji roboczej HP Z6 G4 na nowo zdefiniowano wszechstronność i elastyczność. Stacja jest bezpośrednią następczynią modelu HP Z640. Stanowi idealny kompromis pomiędzy wysoką wydajnością, bardzo cichą pracą i elastycznością rozbudowy a maksymalną kompaktowością. Na „pokładzie" pomieści: jeden lub dwa procesory z rodziny Intel Xeon Platinum/Gold/Silver/Bronze (z 4÷28 rdzeniami każdy), do 384 GB pamięci RAM, wydajna kartę grafiki nVidia QUADRO, kartę obliczeniową GPU (np. TESLA) i szybką pamięć masową.

**HP Z4 G4.** Stacje robocze HP Z4 G4 to nowa generacja stacji jednoprocesorowych HP Z440, oferujące duże możliwości rozbudowy, niezawodność i wydajność dzięki: procesorom z rodziny Intel Xeon W (4–18C) lub Intel Core i9 oraz i7 (6–18C), do 256 GB pamięci RAM, wydajnym kartom grafiki nVidia QUADRO, kartom obliczeniowym GPU (TESLA) oraz wydajnym konfiguracjom pamięci masowych (w tym Z-TurboDrive na PCIe). Stacja Z4 G4 charakteryzuje się beznarzędziową obsługą i jest przystosowana do montażu w szafie typu RACK.

**HP Z2 Mini Workstation.** To najmniejsza stacja robocza na rynku. Stanowi idealne rozwiązanie do pre- i postprocessingu oraz przygotowania i obróbki modeli CAD; sprawdzi się jako wyposażenie sal szkoleniowych. Stacja HP Z2 jest przystosowana do montażu z tyłu monitora. Napędzają ją procesory Intel z rodziny Intel Core i3/i5/i7 oraz Xeon E3. Ma do 32 GB pamięci RAM, kartę graficzną nVidia QUADRO M620 oraz szybkie pamięci masowe HP Z-TurboDrive.

**HP Z1 G3 AiO Workstation.** Ta stacja robocza typu All-In-One jest wyposażona w 23-calowy ekran (również dotykowy), procesory z rodziny Intel Core i3/i5/i7 lub Xeon E3, pamięć RAM do 64 GB, karty graficzne nVidia QUADRO M1000M/M2000M, a także szybką pamięć masową Z-TurboDrive. Stacje z rodziny Z1 to idealne rozwiązanie dla grafików oraz inżynierów – do pre- i postprocessingu. Stanowią doskonałe wyposażenie sal szkoleniowych – zajmują minimalną przestrzeń na biurku.

**HP Z VR BackPack G1 Workstation.** HP Z VR BackPack to zupełna nowość w rodzinie stacji roboczych HP z serii Z. Jest stacją mobilną – przystosowaną do przenoszenia jak plecak. Dodatkowo wyposażona jest w wiele akcesoriów, które czynią z niej idealną stację do *virtual reality*. Zestaw składa się z: jednostki centralnej i stacji dokującej, uprzęży na plecy, dodatkowego zasilania w postaci battery-packów oraz stacji ładujących, a także (opcjonalnie) okularów HTC Vive Business Edition VR System.

**HP ZBook Mobile Workstation.** Wśród stacji roboczych HP znalazły się również mobilne stacje robocze z serii HP ZBook – 17 G4, 15 G4, Studio G4 – oraz ultrabooki – 14u, 15u i x2. Najmocniejsze z nich mają: procesory Intel Core i7 lub Xeon E3, karty graficzne nVidia QUADRO, do 64 GB pamięci RAM oraz szybkie pamięci masowe z serii Z-TurboDrive.

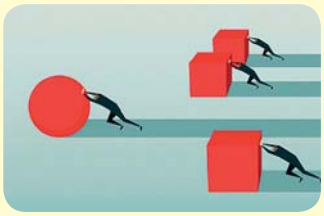
Preferred Partner

W razie pytań o dane techniczne lub konfigurację stacji roboczych HP (np. pod kątem konkretnej licencji ANSYS) – prosimy o kontakt z biurem MESco. Cechą wyróżniającą naszą firmę jest to, że każdą oferowaną stację indywidualnie konfigurujemy w zależności od zastosowania oraz wybranego przez klienta oprogramowania, a dopiero potem zlecamy jej produkcję. To zapewnia maksymalne wykorzystanie mocy obliczeniowych stacji roboczych.

# Symulacja – nie tylko dla orłów

**Jacek Maj** • MESco Sp. z o.o. • jmaj@mesco.com.pl

**Symulacja komputerowa zawsze była uważana za narzędzie przeznaczone jedynie dla specjalistów w danej dziedzinie. Tak było przez wiele lat, dopóki na arenie nie pojawiło się oprogramowanie ANSYS Workbench. Dziwi więc, że konstruktorzy nadal niechętnie sięgają po profesjonalne narzędzia do symulacji. Pomimo niebywałego postępu w zakresie ergonomii pracy ANSYS pozostaje w cieniu swojego sukcesu.**



Efektem podejścia typowego dla niektórych konstruktorów jest mit, że proste symulacje przeprowadza się w systemach CAD, a bardziej skomplikowane – w specjalnym oprogramowaniu. Nasuwa się jednak pytanie: czy prosta symulacja oznacza, że może być ona niedokładna i długa? To pytanie jest o tyle ważne, że konstruktor wykonujący symulacje w systemie CAD i tak musi wykonać **wszystkie, te same kroki**, które musiałby wykonać w profesjonalnym oprogramowaniu: dyskretyzację modelu, przyjęcie warunków brzegowych, oczekiwanie na wyniki, postprocessing. W przypadku analiz wariantowych taki proces musi zostać wielokrotnie powtórzony. Dlaczego więc nie przeprowadzić go w systemie, którego technologia i narzędzia od lat są rozwijane, by całą procedurę ułatwić i przyspieszyć?

Można się zastanawiać, po co konstruktorowi narzędzia do symulacji (zwłaszcza że są analitycy i specjaliści, którzy zajmują się tylko analizami numerycznymi). Czy przypadkiem symulacja nie stwarza ryzyka, że produkt będzie źle zaprojektowany? Czy jeśli jest wykonywana na etapie rysunku, nie oznacza straty czasu? Te pytania wydają się retoryczne, ale nie w przypadku zarządzania procesem projektowym zgodnie z dewizą: *Działających rozwiązań się nie poprawia*. Takie podejście w najlepszym wypadku obniża marżę, a w najgorszym – powoduje, że producent przestaje nadążać za wymaganiami rynku.

## Mało czasu – dużo do zrobienia

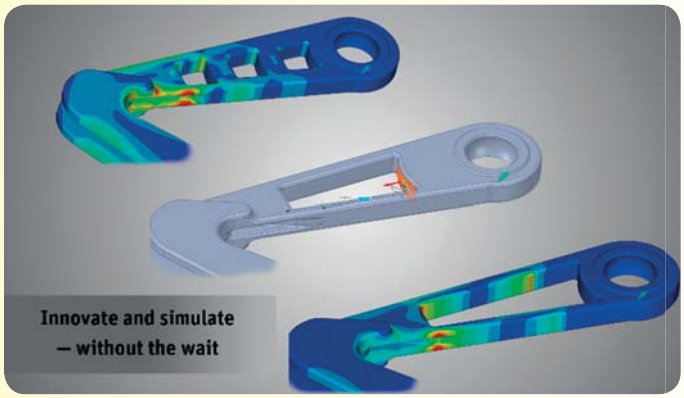
Nikt nie ma czasu. Takie są realia w dobrze prosperujących firmach. Problem jednak w tym, że wiele firm nawet nie wie, czy dany proces bądź dodatkowy element w projekcie oznacza *de facto* marnowanie czasu. Panuje pogląd, że gdy konstruktor nie rysuje, to marnuje czas. Dlatego też kreatywność (o dziwo!) nie powinna być domeną typowego konstruktora. Jego zadaniem jest przelewanie na papier planów produkcyjnych zleceniodawcy.

Wspomniane podejście jest efektem zarządzania, w którym proces projektowy traktuje się zupełnie oddzielnie od procesu rozwoju produktu. Biuro projektowe ma tworzyć dokumentację do produkcji. I to szybko. Co jednak z technologią materiałową lub technologią wytwarzania (przecież się zmieniają!), co z nowymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi? I wreszcie: co z optymalizacją? Czas jest odpowiedzią, a że go nie ma, nie ma też pytań.

## ANSYS Discovery: 10 wariantów w minutę

Remedium na opisane problemy są narzędzia ANSYS Discovery. Jest to niezależne środowisko pracy, które intuicyjnością przewyższa nawet popularne systemy CAD. Od modelowania koncepcyjnego po szczegółowe symulacje finalnej geometrii – konstruktor może w tym środowisku bardzo szybko i jednoznacznie określić, czy wprowadzane zmiany są pozytywne czy negatywne.

Ponieważ Discovery Live pracuje na GPU, wyniki uzyskuje się natychmiast po dokonaniu zmiany. Nie ma konieczności przygotowania geometrii, nie trzeba tworzyć siatki elementów




skończonych. Wystarczy określić „fizykę" i zdefiniować warunki brzegowe – wyniki są gotowe po sekundzie. Równie szybka i łatwa jest analiza każdej kolejnej zmiany. Dosłownie w minutę można zweryfikować 10 różnych wariantów.

A co z jakością wyników? Założenie jest takie, że konstruktor nie powinien się opierać na wynikach ilościowych, lecz jakościowych. Musi szybko dostać odpowiedź na pytanie: *Czy idę w dobrym kierunku?* A wracając do wyników, praktycznie pokrywają się one w 100% z tymi generowanymi we flagowych programach ANSYS.

Produkty ANSYS Discovery nie mają wyeliminować konieczności wykonywania późniejszych symulacji, lecz ograniczyć ilość iteracyjnych zmian geometrii. Dzięki temu konstruktor zyskuje szybkie i łatwe w użyciu narzędzia do tworzenia wstępnie zoptymalizowanych geometrii.

## Podsumowanie

Tak jak Google jest synonimem wyszukiwarki internetowej, a Adidas synonimem butów sportowych, tak ANSYS nieodłącznie kojarzy się z symulacją komputerową. ANSYS Workbench zrewolucjonizował rynek i umożliwił wykonywanie nawet najbardziej złożonych analiz numerycznych. Teraz zaś na arenie pojawiły się produkty ANSYS Discovery, które zapewniły dostęp do symulacji dla nie-ekspertów. W ten sposób proces poszukiwania optymalnego rozwiązania konstrukcyjnego jest szybszy, a co najważniejsze – możliwy do przeprowadzenia przez każdego inżyniera.

Produkty z linii Discovery pracują na sprawdzonej i od lat rozwijanej technologii ANSYS, co stanowi dla nich solidny fundament i gwarantuje perspektywę dynamicznego rozwoju.

Zachęcamy wszystkich do skorzystania z darmowej, 30-dniowej wersji próbnej i do kontaktu z firmą MESco w celu omówienia programu wdrożeniowego.

# Symulacja komputerowa a zwrot z inwestycji

**Stanisław Wowra** • MESco Sp. z o.o. • swowra@mesco.com.pl

Coraz częściej, nawet w małych firmach, pojawia się temat włączenia symulacji komputerowej do procesu projektowego. Kluczowe jest to, aby wdrożenie nowego narzędzia przebiegło sprawnie, a samo narzędzie generowało zysk. Osiągnięcie tego efektu zależy o kilku istotnych elementów, o które warto zadbać.

W pierwszej kolejności trzeba sobie odpowiedzieć na pytanie, jaki ma być cel wdrożenia symulacji. Czy będzie ona na co dzień używana przez konstruktorów do bieżącego sprawdzania konstrukcji, czy ma stanowić zaawansowane narzędzie dla pracowników działu R&D? Odpowiedź na to pytanie determinuje wybór odpowiedniej grupy produktów.

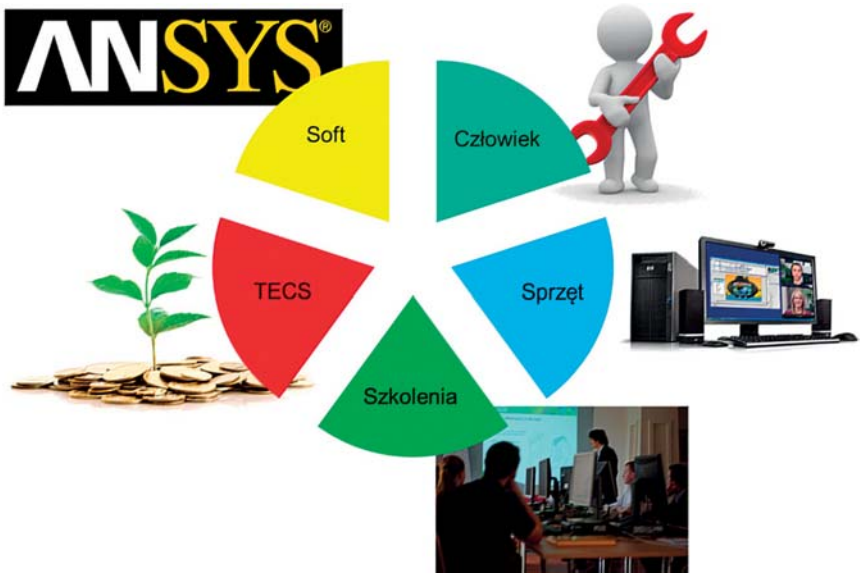
Konstruktorzy potrzebują narzędzi, które umożliwiają szybkie i łatwe przygotowanie analizy, a jednocześnie zapewniają wiarygodne wyniki. Doskonałym rozwiązaniem jest zatem rodzina produktów Discovery, które charakteryzują się łatwością obsługi w połączeniu z zaawansowaną technologią ANSYS. Co więcej, w ramach tej grupy mamy dostęp do rewolucyjnego rozwiązania pozwalającego na symulację w trybie rzeczywistym – konstruktor na bieżąco widzi więc odpowiedź modelu na dokonane zmiany.

Jeżeli zachodzi konieczność uwzględnienia wielu zjawisk fizycznych czy złożonego opisu zachowania się konstrukcji lub gdy trzeba wyposażyć dział R&D w zaawansowane narzędzia, wtedy optymalne okazują się flagowe produkty ANSYS.

Można by pomyśleć, że na tym koniec – wybieramy najlepszy software i problem rozwiązany. Otóż nie! Wybranie dobrego narzędzia to dopiero połowa sukcesu. Na podstawie ponad dwudziestoletniego doświadczenia firmy MESco w tej branży mogę stwierdzić, że symulacja to więcej niż oprogramowanie. Wielokrotnie spotykałem się z sytuacją, gdy wybór nawet najlepszego narzędzia, jakim jest ANSYS, kończył się umiarkowanym sukcesem lub nawet porażką, jeżeli zabrakło odpowiedniego wdrożenia i przeorganizowania pracy. Aby efektywnie wdrożyć symulację, muszą zostać spełnione określone warunki, o których mowa dalej.

## Wybór doświadczonego partnera

Partnerem wdrożenia powinna być firma, która może zapewnić profesjonalne wsparcie dzięki wiedzy i wieloletniemu doświadczeniu w wykonywaniu zróżnicowanych i zaawansowanych symulacji. Idealny partner musi więc dysponować zespołem inżynierów, którzy w pełnym wymiarze czasu komercyjnie zajmują się analizami numerycznymi. Wiele firm bazuje na pracownikach uczelni, którzy tylko okazjonalnie zajmują się oprogramowaniem i nie są w stanie zapewnić pełnego wsparcia technicznego.




## Wydzielenie czasu na wdrożenie i na pracę osoby zajmującej się symulacją

Traktowanie symulacji jak przysłowiowego kwiatka do kożucha nie pozwala na szybki zwrot z inwestycji. Jako zaawansowane narzędzie oprogramowanie do symulacji musi pracować na pełnych obrotach i generować dla firmy korzyści.

Niestety, nierzadko zdarza się, zwłaszcza przy wydatkowaniu środków unijnych, że po zakupie oprogramowania nic się nie zmienia w organizacji pracy – inżynierowie wykonują symulacje, jeśli akurat mają czas. Aby osiągnąć korzystny poziom ROI, oprogramowanie powinno być wykorzystywane w całym procesie rozwoju produktu, a przede wszystkim na wczesnym jego etapie – nawet w fazie koncepcji. Wymaga to jednak przeorganizowania pracy i wyznaczenia osób do wykonywania symulacji.

## Zapewnienie odpowiednich szkoleń

Tu wraca temat doboru partnera, który potrafi odpowiednio wdrożyć zakupioną technologię. Ważne, aby partner miał wystarczające praktyczne doświadczenie w realizacji podobnych projektów i dysponował pracownikami mającymi kompetencje do prowadzenia takich szkoleń. Potwierdzeniem kompetencji mogą być np. certyfikaty zgodności ze standardami (np. SUS 2.0), wydawane przez niezależne firmy, takie jak Dekra.

Praktycy w dziedzinie symulacji nie będą mieli żadnego problemu z przeprowadzeniem szkoleń na bazie konkretnego projektu klienta. I co najważniejsze – doświadczony partner przygotuje optymalny plan szkoleń, dostosowany do konkretnych potrzeb i warunków panujących w danej firmie.

### Profesjonalne wsparcie techniczne dla pracownika

Sprawne wdrożenie symulacji i wyposażenie użytkownika w odpowiednie kompetencje wymaga zapewnienia mu dostępu do profesjonalnego wsparcia technicznego. Najlepiej, gdy użytkownik ma stały kontakt z doświadczonym inżynierem specjalizującym się w symulacjach. Ważne, by był on „pod ręką" – nie gdzieś w call center w Indiach czy w drodze na kolejny wykład na uczelni. Problem, nad którym nowy użytkownik spędziłby wiele godzin, pracownik wsparcia technicznego jest w stanie rozwiązać w ciągu kilkuminutowej rozmowy. Niezależnie od tego, czy problem dotyczy „klikologii" czy interpretacji wyników – użytkownik nie musi odkrywać Ameryki i marnować cennego czasu.

### Przygotowanie wydajnego stanowiska pracy w postaci stacji roboczej

Dobre oprogramowanie jest tworzone we współpracy z dostawcami sprzętu (takimi jak Intel, Nvidia czy HP). Odpowiednio dobrany sprzęt obliczeniowy zapewnia wydajne symulacje komputerowe i nawet wielokrotne skrócenie czasu oczekiwania na wyniki. Jest to widoczne zwłaszcza w przypadku prowadzenia optymalizacji. Gdybyśmy chcieli przeliczyć 20÷50 wariantów, aby znaleźć ten najlepszy, skrócenie czasu pojedynczej analizy np. o dwie godziny miałoby kluczowe znaczenie.

### Zrozumienie możliwości wdrożonego narzędzia przez kadrę zarządzającą

Osoby zarządzające muszą mieć świadomość, do czego można użyć zakupionej technologii – tylko wtedy możliwe jest stworzenie „ekosystemu" przynoszącego efekt synergii (przecież inżynierowie sami nie organizują sobie pracy, a szefowie działów nie przyznają sobie budżetów i nie mają wpływu na zasadniczą politykę firmy). Jeżeli wcześniej symulacja nie była elementem procesu projektowego, konieczne są istotne zmiany.

W firmie MESco wiemy, jak ważne jest zaangażowanie kadry zarządzającej. Właśnie dlatego organizujemy spotkania z zarządami i w przystępny sposób wyjaśniamy wszystkie warunki i efekty wdrożenia symulacji.

### Podsumowanie

Aby wdrożenie symulacji przyniosło realne korzyści w postaci nowej jakości i zysków finansowych, trzeba zadbać o wszystkie elementy opisane w tym artykule.

Firma MESco ma wypracowane zestawy dobrych praktyk w zakresie wdrażania symulacji w zachodnich koncernach i od wielu lat zapewnia wsparcie największym firmom, jednak średnie czy małe firmy również mogą skorzystać z jej wiedzy. Pracownicy MESco oferują kompleksowe rozwiązania – od zakupu oprogramowania, przez szkolenia, wsparcie techniczne czy konsulting, po transfer wiedzy z zakresu efektywnego wykorzystania symulacji.

Zapraszamy do współpracy.

ANSYS®

hp

MESCO jest przedstawicielem firmy ANSYS w Polsce oraz Preferowanym Partnerem Hewlett-Packard.

Firma wykonuje zlecone symulacje komputerowe z zakresu mechaniki, przepływów i elektromagnetyzmu, tworzy specjalistyczne oprogramowanie, prowadzi sprzedaż i wsparcie techniczne oprogramowania ANSYS, nCode i LSTC.

MESCO jako Partner HP w Polsce oferuje wsparcie IT i dostarcza prekonfigurowane stanowiska pracy oparte na rozwiązaniach sprzętowych HP – od mobilnych stacji roboczych po serwery obliczeniowe.

**Wydawca:** MESCO Sp. z o.o.
ul. Górnicza 20A, 42-600 Tarnowskie Góry
tel. +48 (32) 768 36 36, faks +48 (32) 768 36 35
info@mesco.com.pl, www.mesco.com.pl

Redakcja i korekta: Małgorzata Pilewicz, Anna Wojewódzka
Projekt graficzny i skład: Marzena Rosochacz