

Dr inż. hab. Siergiej Fialko, IF-PK,

<http://torus.uck.pk.edu.pl/~fialko>
sfialko@riad.pk.edu.pl

Osobliwości przedmiotu

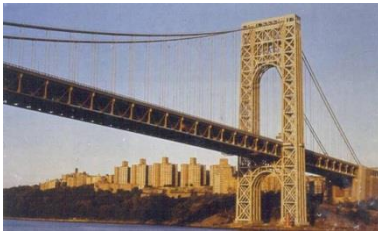
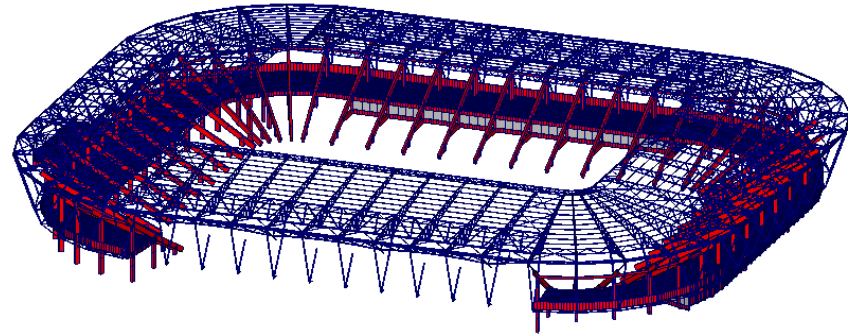
- **W podanym kursie główna uwaga będzie przydzielona osobliwościom symulacji komputerowych zagadnień technicznych, czyli aspektom informatycznym, który powstają przy tworzeniu systemów obliczeniowych w zagadnieniach technicznych.**
- **Celą tego kursu będzie zapoznanie z technikami i metodami opracowania algorytmów, często spotykanych przy modelowaniu zagadnień technicznych, przy czym główna uwaga będzie przydzielona podstawom tworzenia takich metod na wielordzeniowych biurowych komputerach.**

Kurs obejmuje:

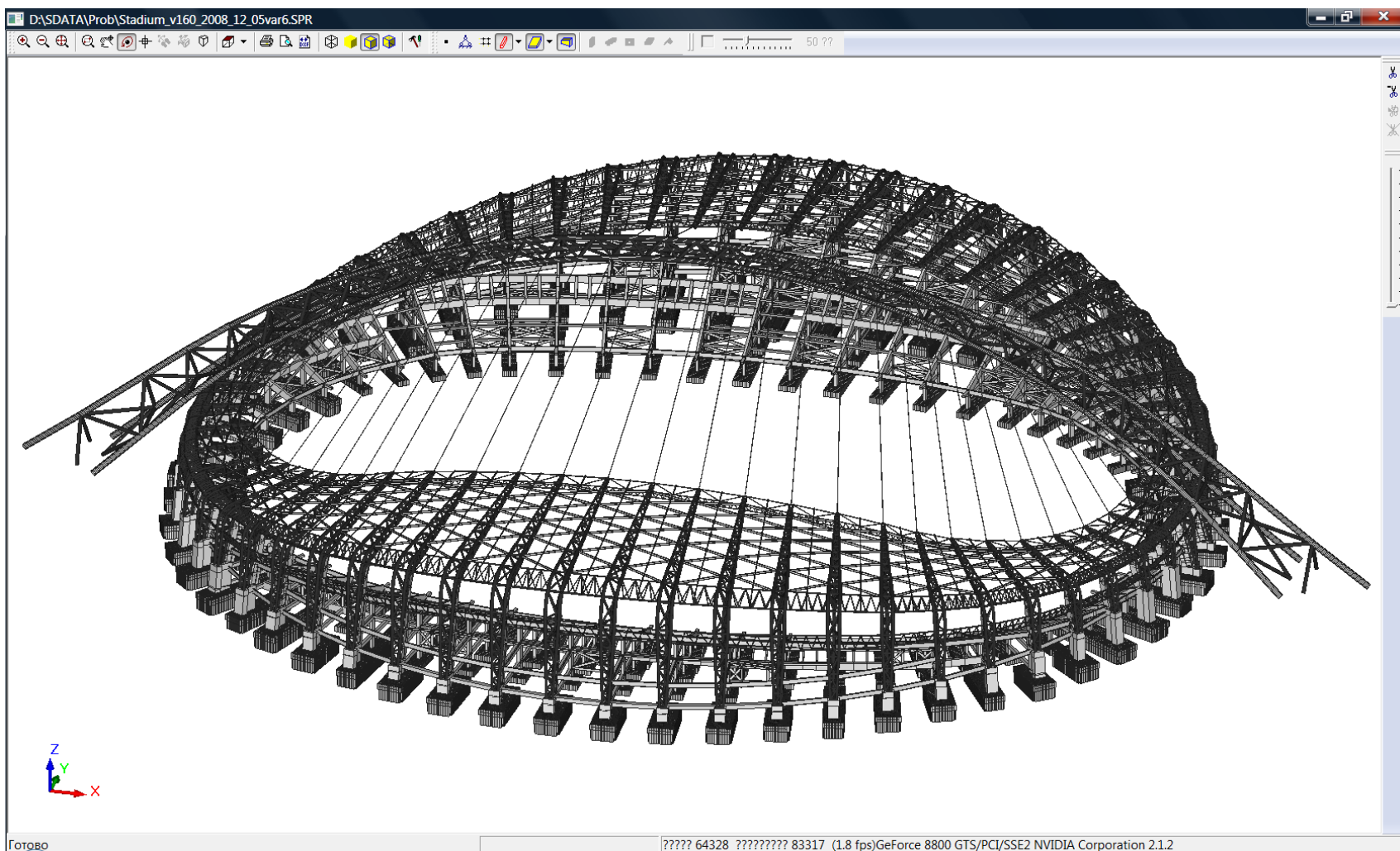
- **Osiągnięcie wysokiej wydajności typowych algorytmów obliczeniowych przy oprogramowaniu sekwencyjnym, a również wielowątkowym dla komputerów wielordzeniowych (SMP) .**
 - **Typowe techniki oprogramowania wielowątkowego dla algorytmów obliczeniowych.**
 - **Macierzy rzadkie. Metody bezpośrednie i iteracyjne rozwiązywania układów równań liniowych algebraicznych z macierzami rzadkimi.**
 - **Wyznaczenie dolnych wartości własnych i form własnych dla zadań technicznych o dużym rozmiarze.**
1. **Kurs zawiera elementy matematyki – algebry liniowej, algebry macierzy, teorii grafów, metod numerycznych, a również wymaga wiedzy z podstaw oprogramowania w języku C, C++, systemów operacyjnych i oprogramowania wielowątkowego.**

- 2. Brak podręczników. Źródła literaturowe są rozrzucone po wielu książkach (podręcznikach z matematyki, metod numerycznych, podręcznikach z informatyki), artykułach w czasopismach naukowych, stronach www .**
- **Ten kurs leży na przecięciu metod numerycznych i informatyki.**
 - **Często zadania symulacji komputerowej doprowadzają do rozwiązywania zadań numerycznych o dużym rozmiarze – powstają układy równań liniowych i nieliniowych algebraicznych, zagadnienia wartości własnych, obliczenia numeryczne całek, całkowanie zagadnień Cauchy i t. d. Rozmiar współczesnych modeli różnych obiektów technicznych może wynosić od kilkaset tysięcy do kilka milionów równań. To jest jedną z osobiwości takich zadań.**
 - **Drugą osobiwością jest to że najczęściej użytkownik pragnie rozwiązywać te zadania na komputerach biurowych i bardzo nie chętnie przechodzi na techniką obliczeniową wysokiej wydajności.**

To są przykłady modeli obliczeniowych konstrukcji budowlanych

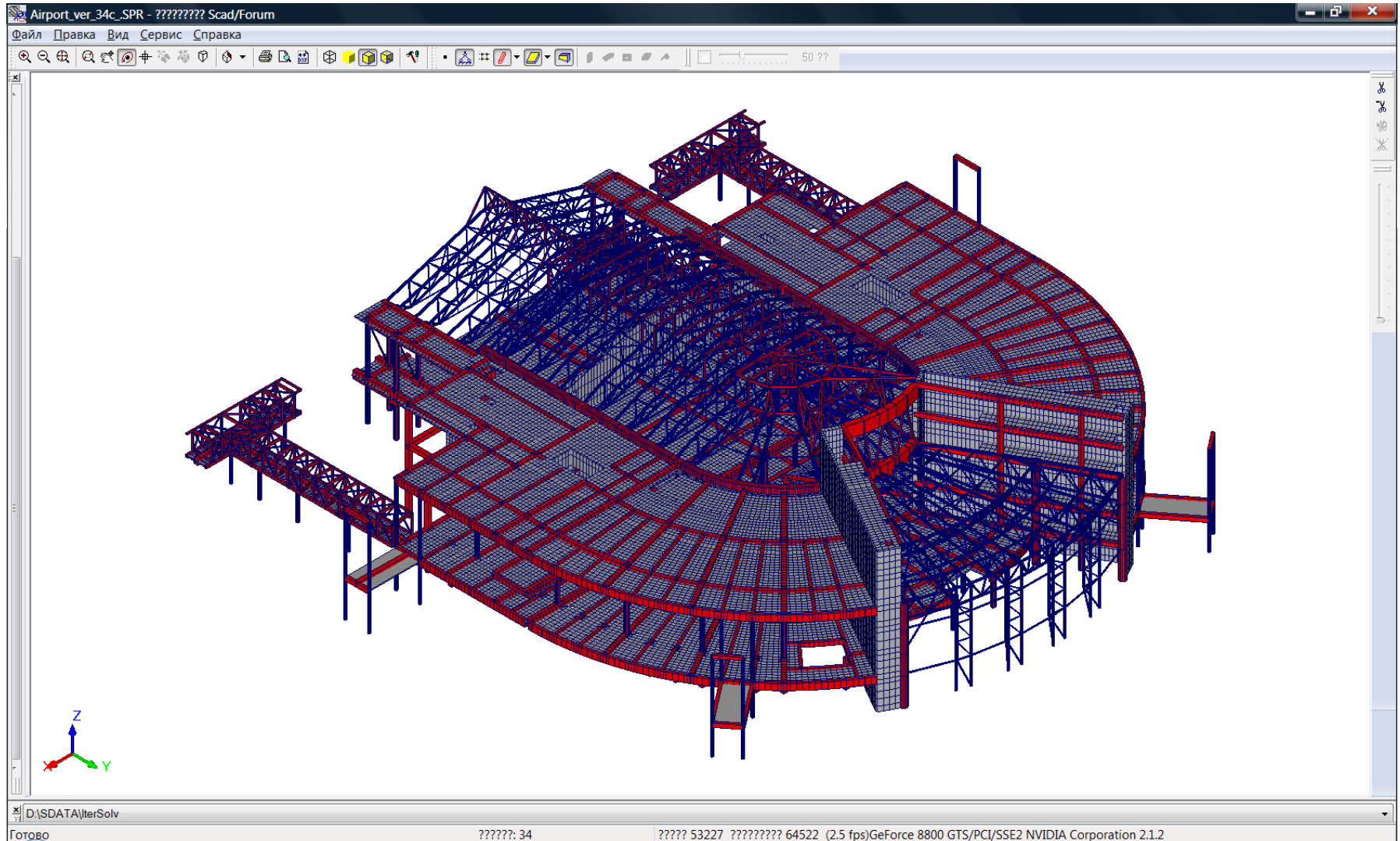


Model obliczeniowy stadionu – 62 298 równań nieliniowych algebraicznych



W1

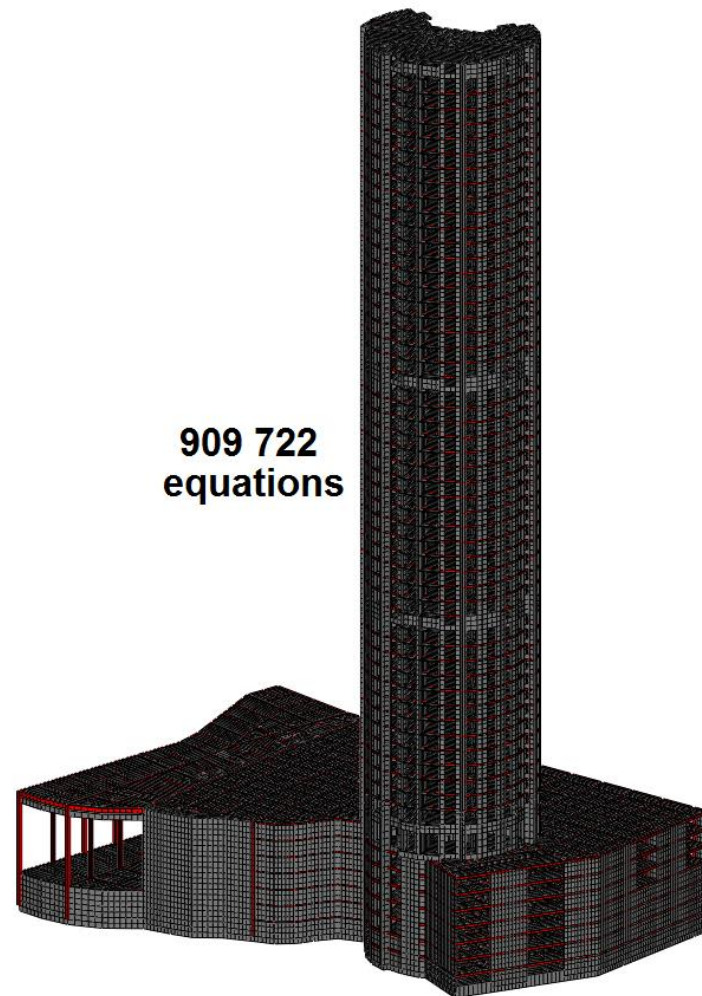
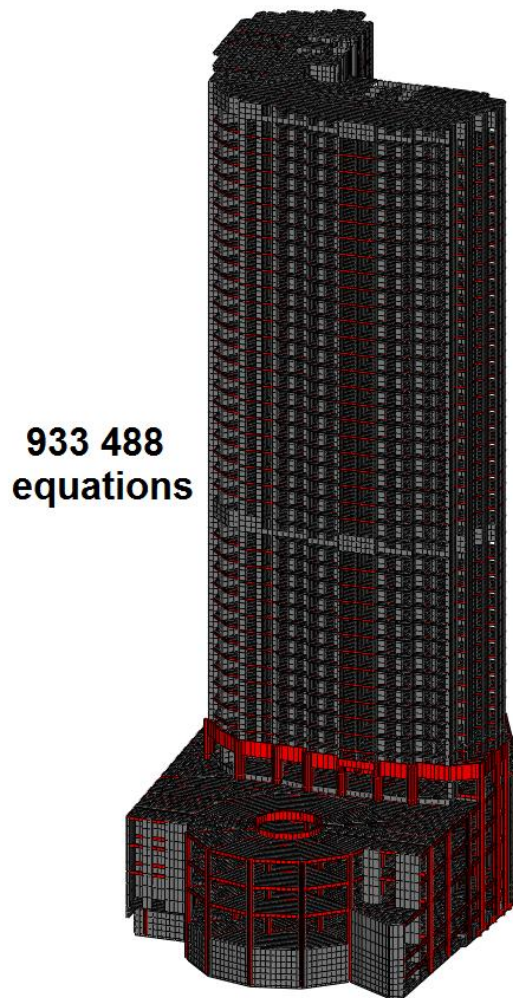
Model obliczeniowy budynku terminala lotniska w Wilno – 315 397 równań nieliniowych algebraicznych



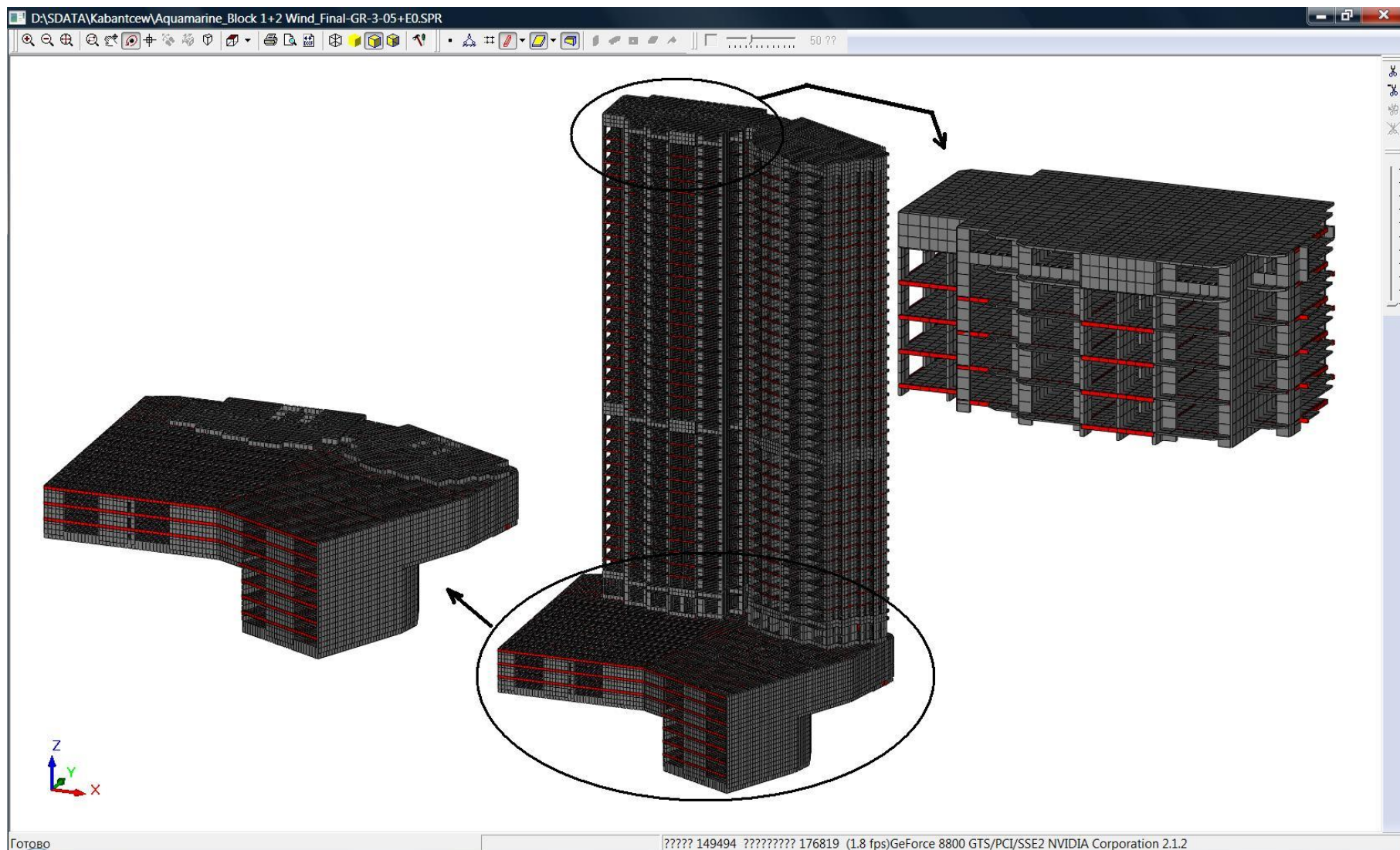
Wielo-funkcyjalny kompleks „Aquamarine” we Władywostoku



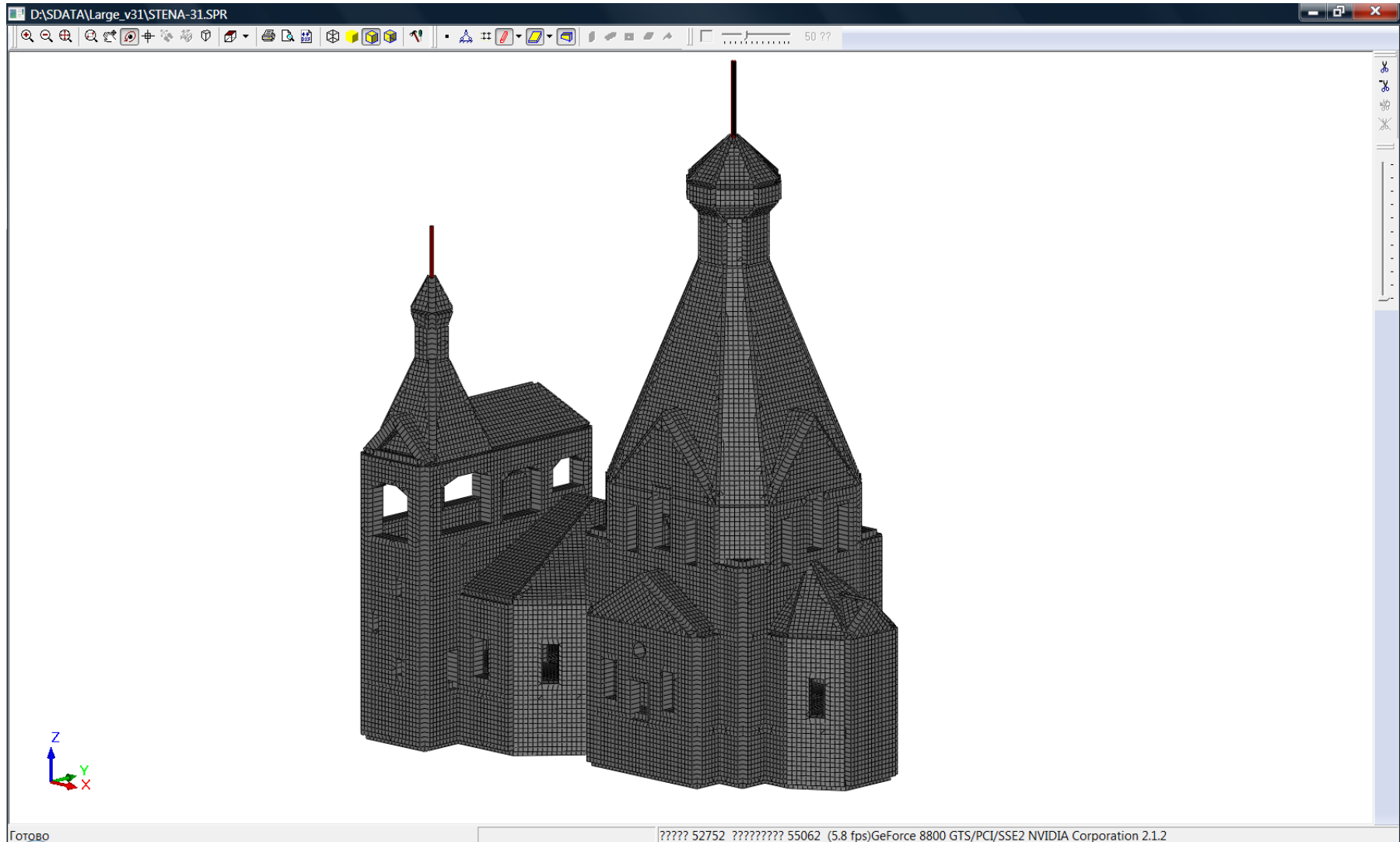
Modele obliczeniowe budynków kompleksu



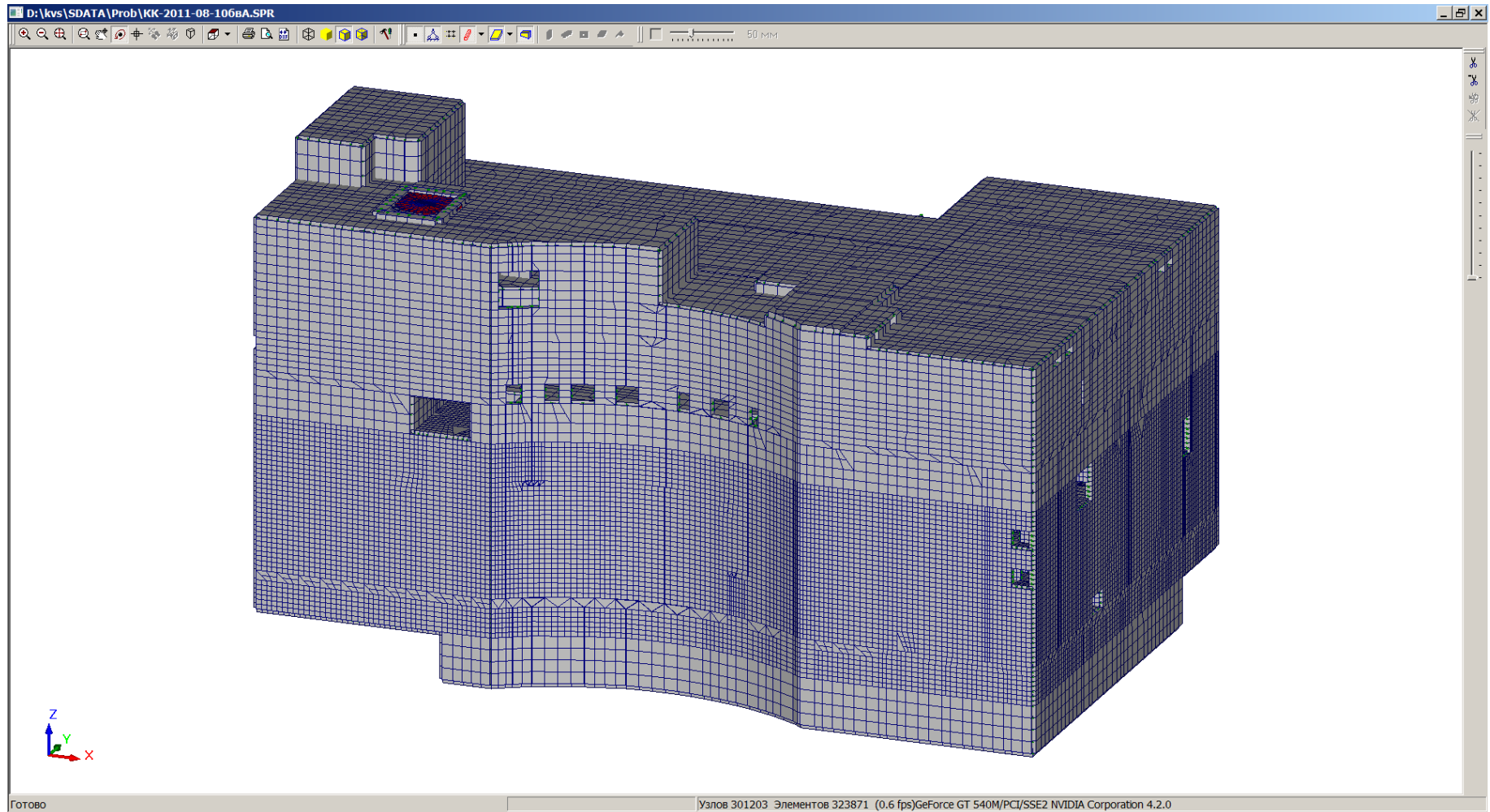
Model obliczeniowy budynku wielopiętrowego – „wieża 1” (881 908 równań)



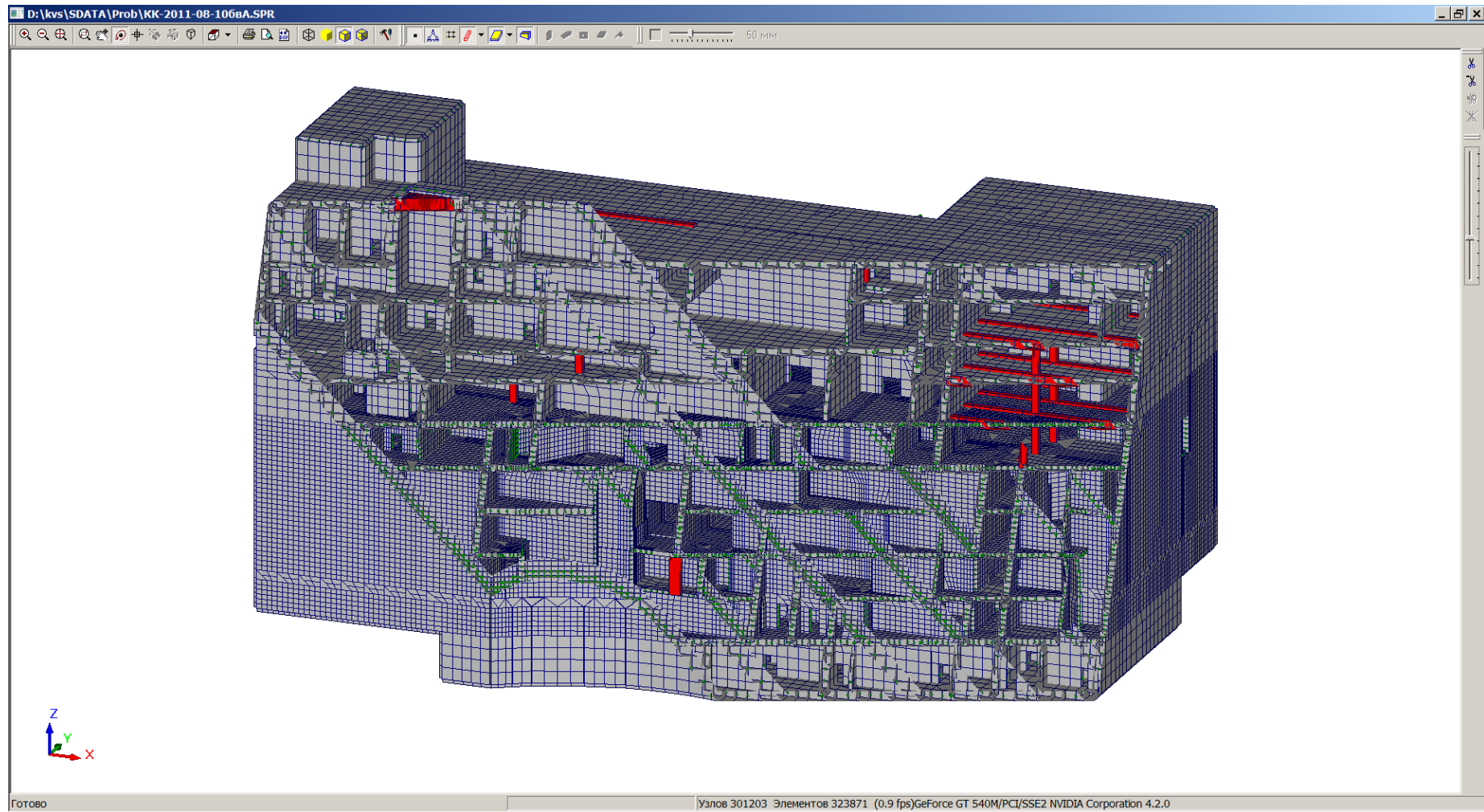
Model obliczeniowy cerkwi – 316 509 równań liniowych algebraicznych



Model obliczeniowy budynku reaktora atomowego – 1 807 218 równań liniowych algebraicznych

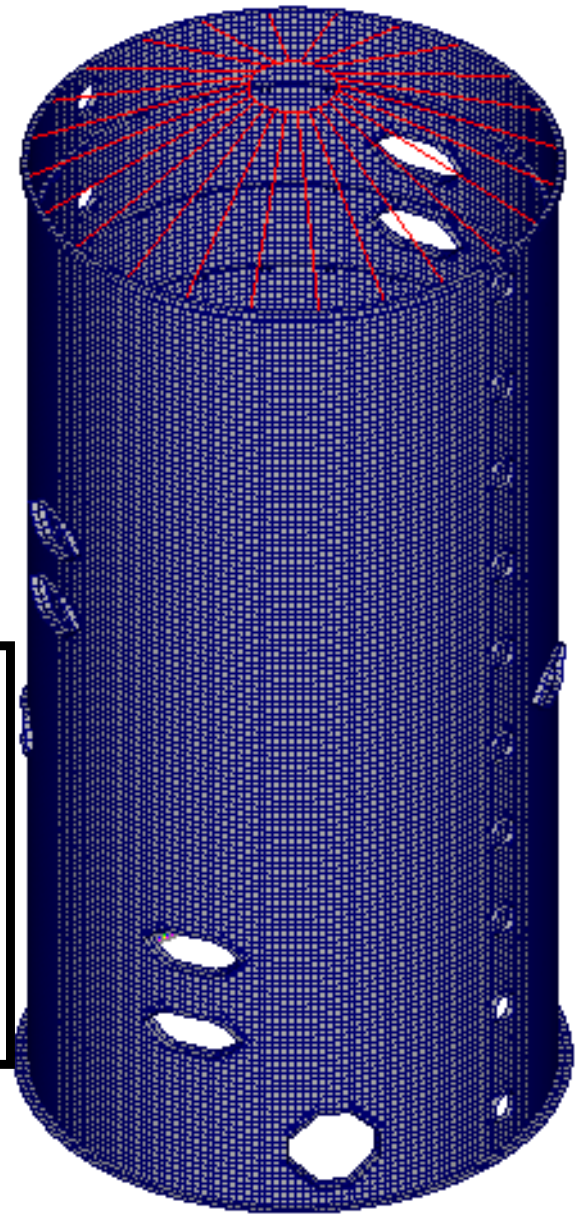
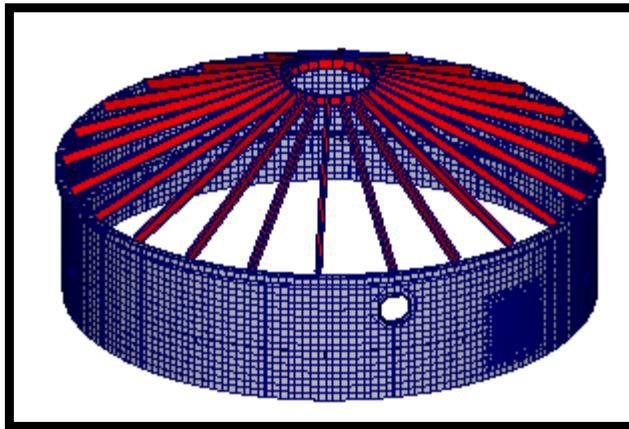
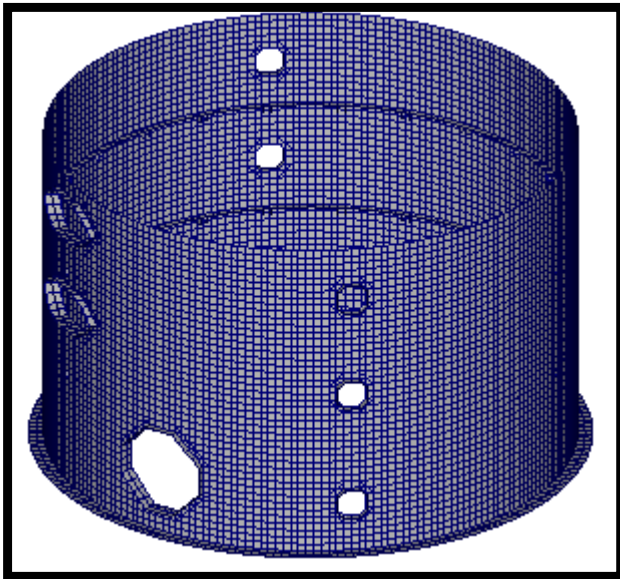


Model obliczeniowy budynku reaktora atomowego – 1 807 218 równań liniowych algebraicznych



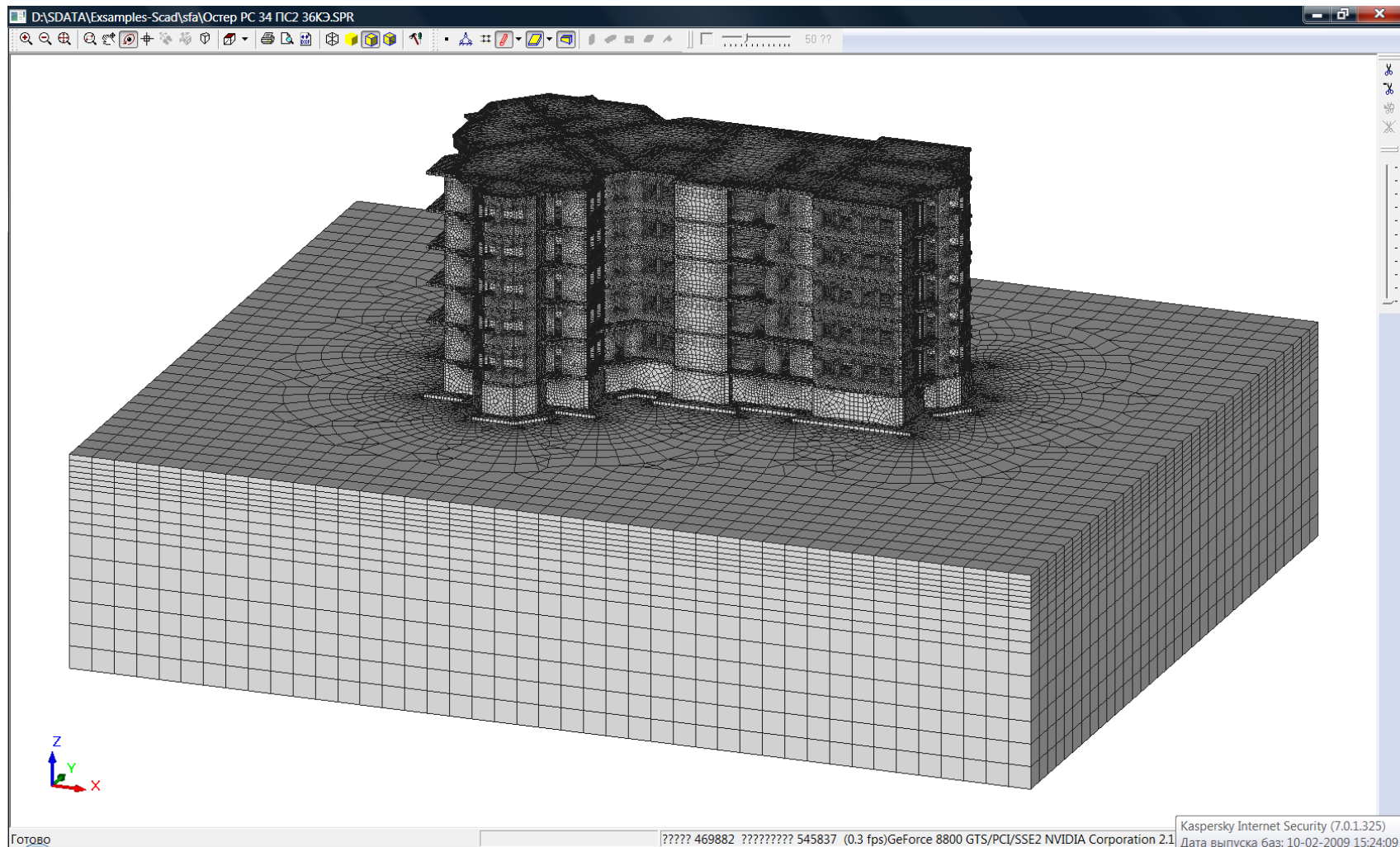
W1

Konstrukcja powłokowa - 228 486 równań liniowych algebraicznych

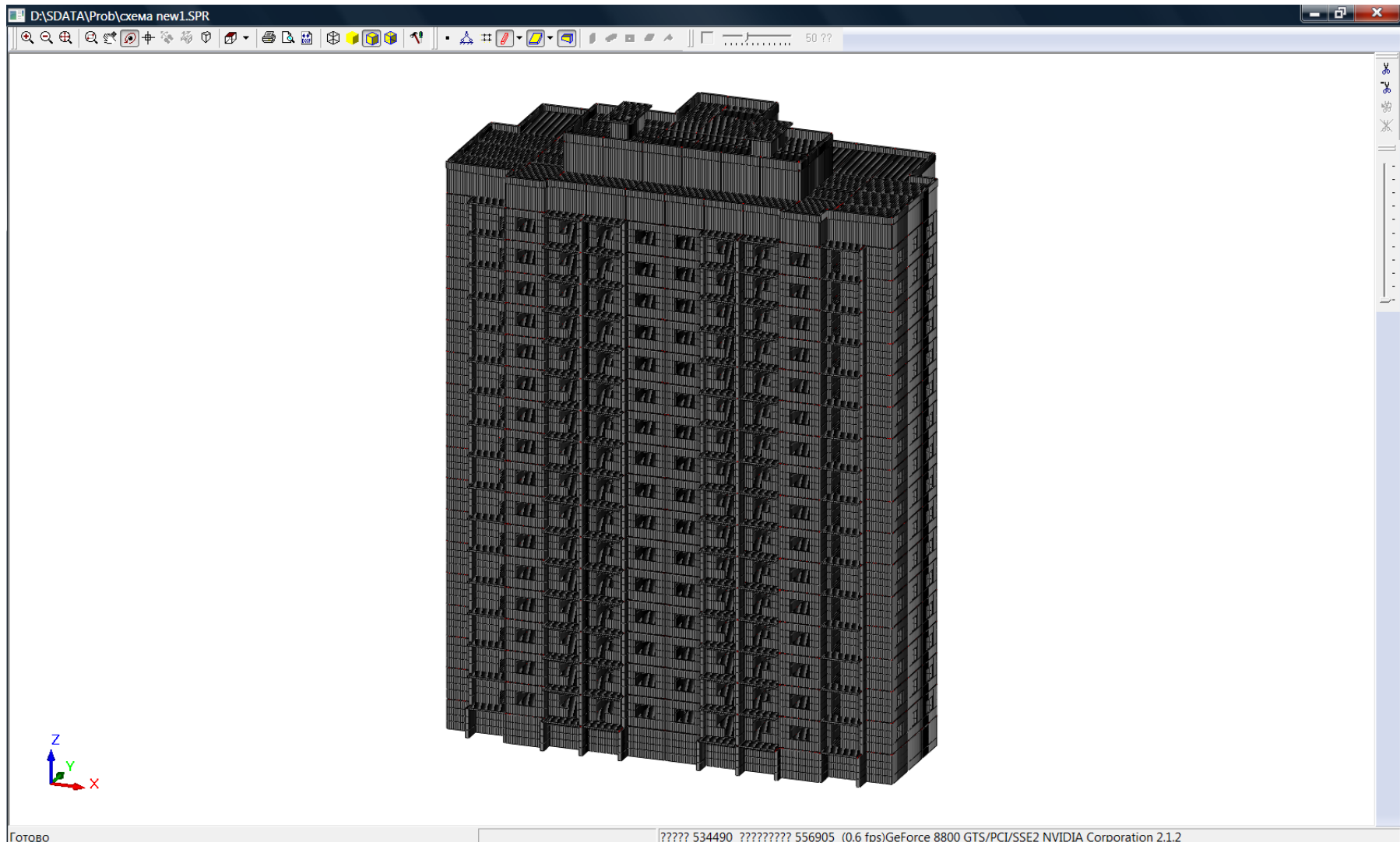


W1

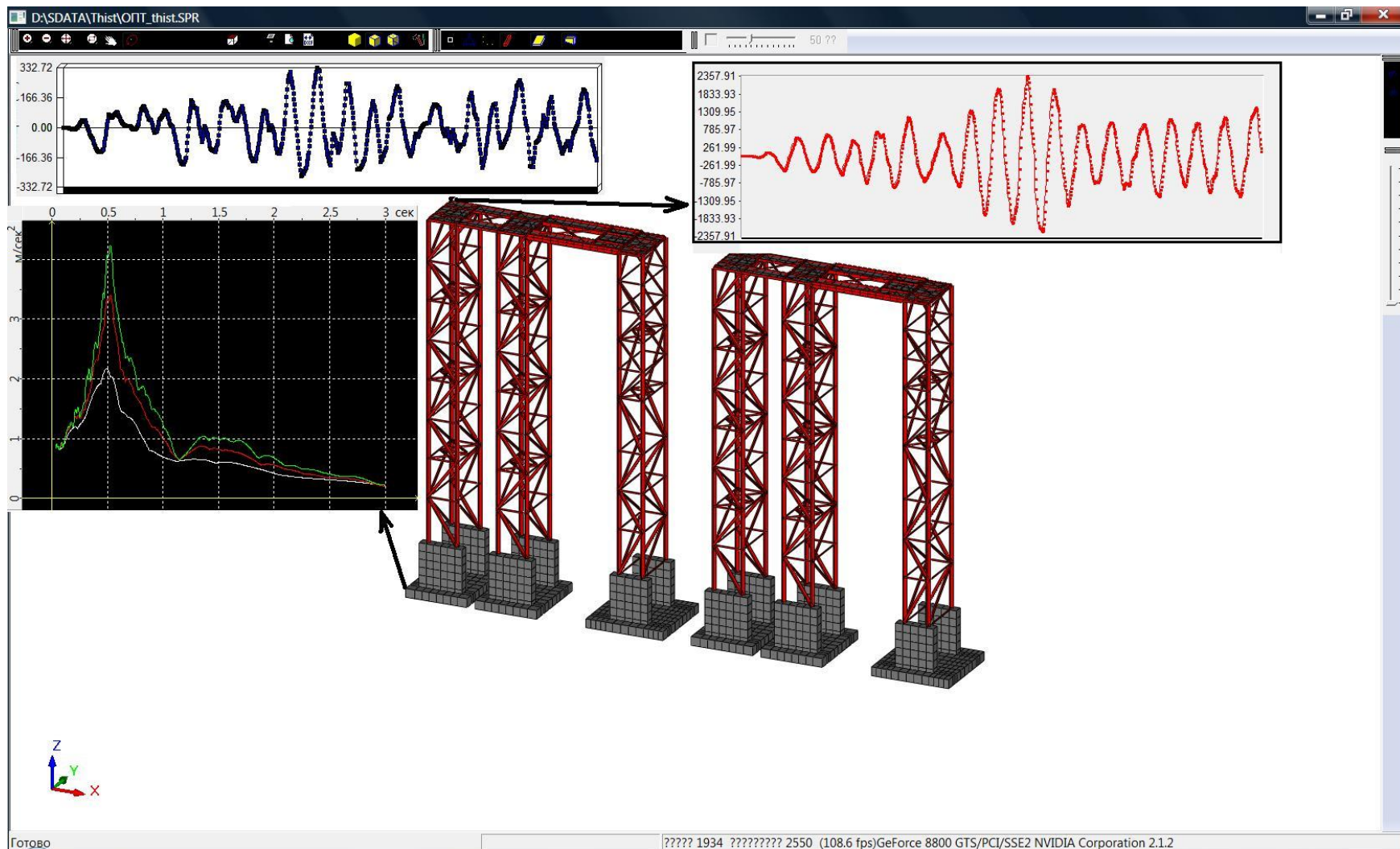
Problem interakcji budynek – grunt – 2 763 181 równań liniowych algebraicznych



Model budynku wielopiętrowego z bloków betonowych w Mińsku – 3 198 609 równań liniowych algebraicznych



Fragment konstrukcji inżynierskiej – całkowanie równań ruchu (sejsmika)



3 najbardziej odpowiadające składowe:

- **zastosowanie niezawodnych i optymalnych metod i algorytmów matematycznych.**
- **skuteczna praca ze wszystkimi poziomami hierarchii pamięci (pamięć główna, pamięć cache (podręczną), rejestry procesora).**
- **zrównoleglenie operacji na różnych etapach realizacji algorytmów.**

FLOPS = (ilość operacji zmiennoprzecinkowych)/(czas wykonania)

Jest naturalną miarą dla algorytmów, które powstają z zagadnień naukowo-technicznych (dominantowymi są operacji arytmetyczne zmiennoprzecinkowe), przecież nie jest przydatna do oceny wydajności innych rodzajów algorytmów (kompilatory, bazy danych, itp.)

Operacje zmiennoprzecinkowe mogą być szybkimi i wolnymi. Stosunek trwałości różnych operacji zmiennoprzecinkowych:

Operacje zmiennoprzecinkowe	Stosunkowa trwałość
dodawanie, odejmowanie, porównanie, mnożenie	1
dzielenie, obliczenie pierwiastka kwadratowego	4
eksponenta, sinus, ...	8

Pamięć główna systemu równoległego może być wspólną (shared memory) lub rozproszoną (distributed memory).

Charakterystyki pamięci:

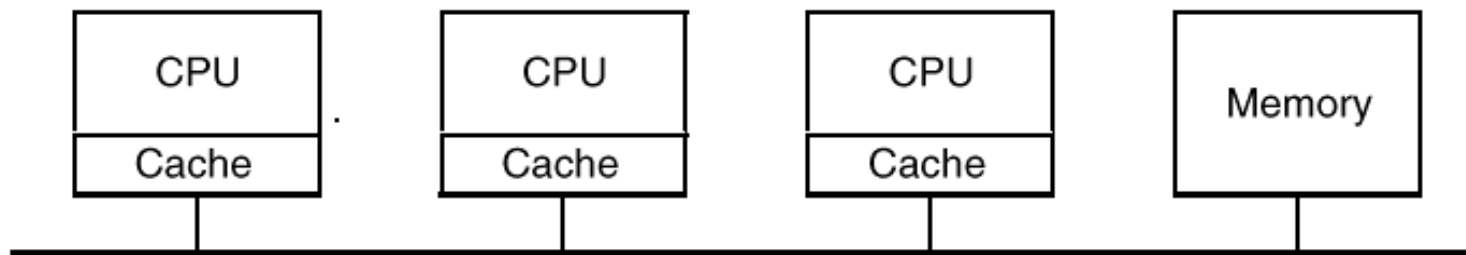
- **Objętość (MB)**
- **wielopoziomowa pamięć podręczna (cache memory) – szybka pamięć dla przechowywania tymczasowych danych**
- **bufory rozkazów i danych**

Wspólna pamięć – procesory mają równoprawny dostęp (każdy z procesorów nie ma żadnej przewagi nad innymi) i równoznaczny (czas dostępu do dowolnej części pamięci jest taki samy).

Zalety: związek między procesami i synchronizacja są proste, oprogramowanie mniej skomplikowane, niż w wypadku architektury z pamięcią rozproszoną.

Wady: mają podstawowe ograniczenie na ilość procesorów – krytycznym jest przepustowość magistrali.

Wieloprocessorowe systemy z jednorodnym dostępem do pamięci - UMA (Uniform Memory Access)



Systema symetryczna wieloprocessorowa SMP (Symmetrical Multiprocessing) UMA

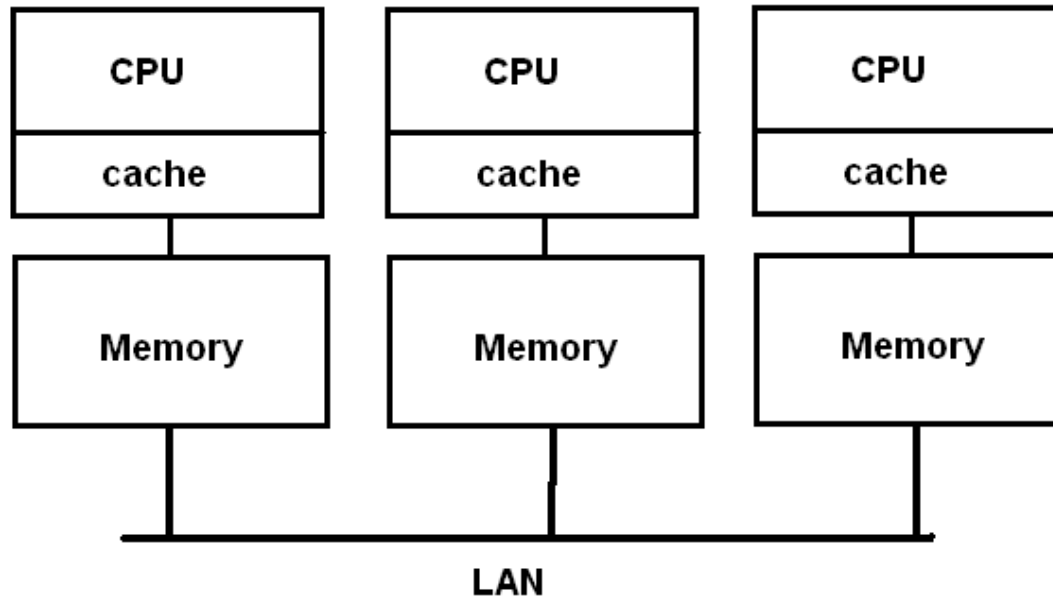
Wielu procesorów są łączone jedną magistralą z tą samą pamięcią główną. Stan pamięci podręcznej każdego procesora ma spełnić warunku spójności danych.

Przy odczycie danych procesor najpierw szuka te dane w pamięci podręcznej. Jeśli pamięć podręczna zawiera te dane (trafienie przy odczycie – read-hit), dane pozostają pobrane z linii pamięci podręcznej. Jeśli tych danych nie ma w pamięci podręcznej (chybienie przy odczycie – read miss), pozostaje przeładowywana cała linia pamięci podręcznej. Te same dane mogą być jednocześnie w pamięci podręcznej wielu procesorów.

W trakcie zapisu słowa dane są przechowywane w pamięci głównej i w pamięci podręcznej lokalnej (danego procesora). Inne pamięci podręczne wykonują snooping: jeśli to słowo jest zawarte w pamięci podręcznej jakiegoś innego procesora, zawartość całej linii cache tego procesora zgłasza się niepoprawnej (invalid). Po zakończeniu zapisu pamięć główna będzie zmodyfikowana, a słowo będzie zawarte tylko w pamięci podręcznej tego procesora, który dokonał jego zmianę.

Technika oprogramowania dla SMP systemów zwykle polega na wielowątkowości

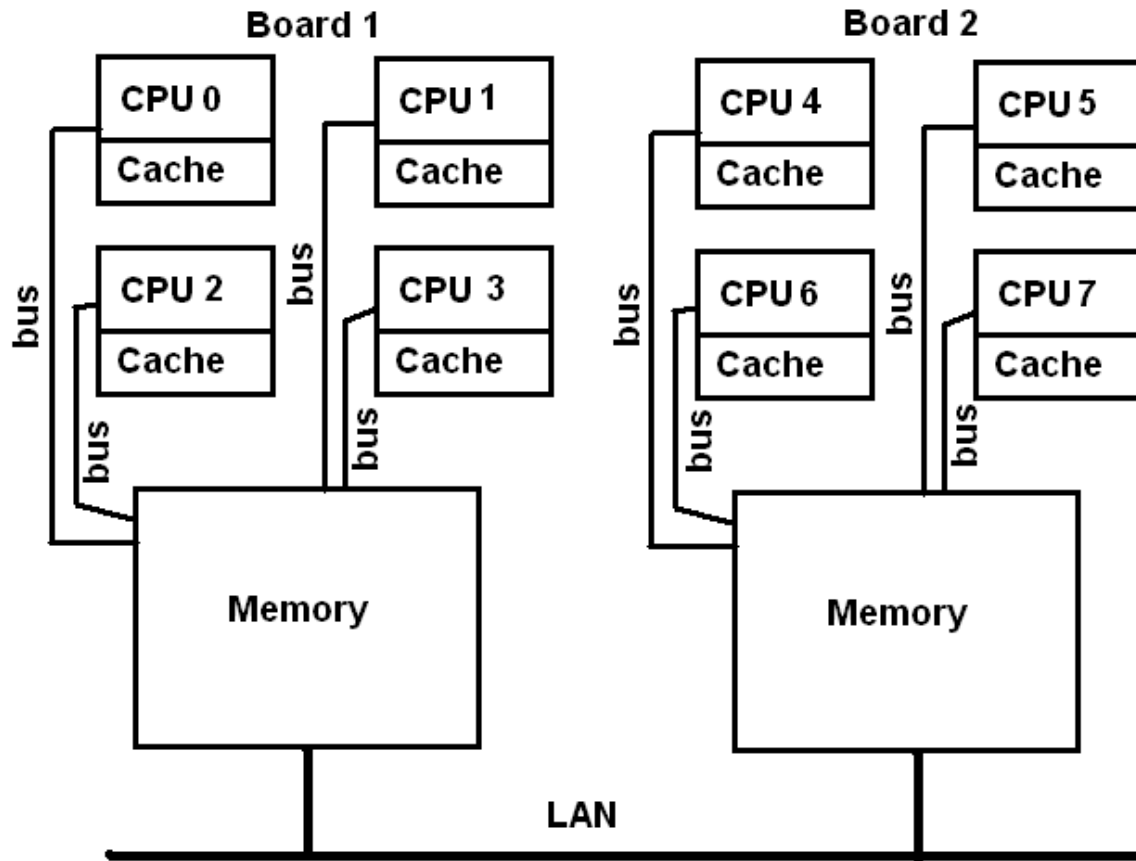
W przypadku architektury z rozproszoną pamięcią każdy z procesorów ma bezpośredni (szybki) dostęp do swojej własnej pamięci, a dostęp do pamięci innego procesora jest wykonany przez specjalny mechanizm dostępu (na przykład, przez sieć) i dla tego jest wolny.



Ta architektura nadaje możliwość zastosowania dużej ilości procesorów, przecież wymaga bardziej skomplikowanego oprogramowania, wydajność istotnie zależy od szybkości i intensywności użycia sieci.

Technika oprogramowania – MPI (Message Passing Interface)

Żeby połączyć przewagi architektury z pamięcią wspólną i architektury z pamięcią rozproszoną, powstała architektura mieszana z pamięcią wspólnie-rozproszoną (distributed shared memory) – NUMA (Non-Uniform Memory Access):



NUMA - Non-Uniform Memory Access

Wielu procesorów, każdy ma własną fizyczną pamięć, dostęp do której jest szybki, i wspólną wirtualną pamięć. Jeśli procesor adresuje się do pamięci innego procesora, generuje się page fault, i jak obsługa sytuacji wyjątkowej, załadowuje się strona pamięci odległej. Dostęp do pamięci odległej jest wolny.