

**Сведения о ходе выполнения проекта  
по Соглашению о предоставлении субсидии № 14.628.21.0005 от  
18.11.2015 г.,**

**субсидируемого Министерством образования и науки Российской Федерации  
в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки  
по приоритетным направлениям развития научно-технологического  
комплекса России на 2014 - 2020 годы»**

**Название проекта:** Разработка вычислительной методологии расчета Турбулентных течений на основе метода «крупных вихрей (LES)», реализованной при помощи численной схемы высокого порядка точности Галеркина с разрывными функциями, и ее тестирование на Индустриальном суперкомпьютере применительно к решению задач воздействия вихревого следа Летательного Дозвукового Аппарата на экологию»

**Научный руководитель** Волков А.В.

**Цель выполнения исследования** заключается в разработке принципиально новой суперкомпьютерной методологии, использующей преимущества методов высокого порядка точности для многократного увеличения скорости расчета и решения на ее основе задач моделирования крупномасштабной турбулентности (LES) в интересах авиационной промышленности.

**Актуальность предлагаемого проекта** определяется необходимостью вывести вопросы моделирования вихревого следа летательного аппарата на новый технологический уровень с использованием суперкомпьютерных технологий.

**Научная новизна** заключается в разработке принципиально новых методов моделирования турбулентности на основе схем высокого порядка точности.

**Ожидаемые результаты выполнения проекта:**

1. аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы по методам высокого порядка точности и моделированию крупномасштабной турбулентности с использованием суперкомпьютерной методологии;
2. методы обеспечения устойчивости схемы Галеркина четвертого порядка точности с разрывными базисными функциями;
3. метод LES с оригинальным алгоритмом в пристенной области и с учетом требований численной схемы высокого порядка точности;
4. верифицированную программу расчета течения вязкого турбулентного газа на суперкомпьютере с рекордным количеством ядер;
5. тесты для оценки точности расчета характеристик сопел гражданских самолетов при помощи компьютерных программ;
6. тесты для оценки точности расчета интенсивности вихрей в атмосфере при помощи компьютерных программ;
7. оценки интенсивности вихрей, создаваемых региональным самолетом в окрестности аэропорта.

## **Перспективы практического использования**

Теоретические и практические результаты проекта могут использоваться при разработке "Электронного Летного Руководства экипажа воздушного судна". Это область масштабного применения результатов проекта, так как число бортовых компьютеров на самолетах исчисляются тысячами.

Комплексное решение сформулированных в проекте проблем позволит достигнуть цели - повышение мобильности населения за счет приближения региональных аэропортов к городам и поселкам.

### **Партнеры проекта**

1. Numerical Mechanics Applications International SA (NUMECA, Бельгия).
2. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR, Германия).
3. Office National d'Etudes et de Recherches Aerospatiales (ONERA, Франция)

**Сфера деятельности** – аэрокосмические центры, разработчики методов и программ.

**Финансовая поддержка партнеров** – средства Еврокомиссии.

### **Результаты исследовательской работы, полученные на 2 этапе.**

1. Реализована в виде программного кода схема Галеркина четвертого порядка точности с разрывными базисными функциями в виде однонитевой версии.
2. Разработана программа для компьютеров с разделяемой памятью (OpenMP) и проверена ее эффективность.
3. Разработан однонитевый конвертор входных/выходных данных в формате CGNS.
4. Разработан конвертор входных/выходных данных в формате CGNS для компьютеров с разделяемой памятью (OpenMP). Показано, что эффективнее применять конверторы MPI.
5. Подана заявка на свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ.

### **Иностранные партнеры разработали:**

1. Разработана программа, предназначенная для компьютеров с разделяемой памятью (MPI + OpenMP), и проверена ее эффективность - NUMECA, UniBg.
2. Разработан конвертор входных/выходных данных в формате CGNS, предназначенный для компьютеров с разделяемой памятью (MPI + OpenMP) - NUMECA, DLR, ONERA.
3. Оценена эффективность различных стратегий построения параллельного кода - NUMECA, ONERA, CENAERO.

Проект выполняется совместно с ведущими научными центрами Европейского союза.

## **Ответственный исполнитель работ по проекту**

Заместитель начальника НИО-1

Босняков С.М.