

# Разработка реконфигурируемой программной реализации метода конечных элементов

СОКОЛОВ АЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ

*Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана (Москва), Россия*  
e-mail: alsokolo@bmstu.ru

МАКАРЕНКОВ ВЯЧЕСЛАВ МИХАЙЛОВИЧ

*Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана (Москва), Россия*

## Аннотация

На кафедре «Вычислительной математики и математической физики» с 2004-го года ведутся работы по созданию распределенной вычислительной системы GCD (PBC GCD). Основное назначение системы – решение задач инженерного анализа композитных конструкций на основе компьютерного моделирования в области микро-механики композиционных материалов. В данной работе представлены особенности программной реализации вычислительной подсистемы PBC GCD (gcdfes\_Solver).

В основе вычислительной подсистемы лежит метод асимптотического осреднения (MAO) и метод конечных элементов. Метод был модернизирован и развит в работе [1].

Реальное применение метода стало возможным только после создания второй версии PBC GCD в 2008-м году, которая обеспечила возможность автоматического перестроения программного вычислительного инструментария, обеспечивающего возможность проведения расчета в момент его старта. Во вторую версию PBC GCD вошла реконфигурируемая реализация МКЭ (РМКЭ).

Активное применение новой программной реализации подсистемы gcdfes\_Solver обеспечило возможность решения ряда практических задач коллективом проекта в рамках моделей (теплопроводности, пластичности, термоупругости и пр.).

Близкая разработка представлена в отчете [2] и велась в 90-х, но не была завершена.

В связи с возрастающим интересом к использованию новых композиционных материалов (КМ) в промышленности, что в особенности касается авиа- и ракетно-космической отраслей, резко возросло число практических задач, требующих анализа свойств КМ. К таким задачам следует отнести: задачи проектирования новых материалов с заранее заданными свойствами, анализа свойств КМ (упругих, теплофизических, прочностных и других), задачи сопряженного проектирования конструкции изделия с учетом используемых материалов при производстве.

С целью обеспечения возможности решения указанных задач и с учетом неопределенности (неизвестного количества требуемых для решения в будущем задач) было принято решение о создании реконфигурируемой реализации метода конечных элементов (РМКЭ), который лежит в основе метода асимптотического осреднения и методов многомасштабной асимптотической гомогенизации.

Была выбрана **трехзвенная клиент-серверная** архитектура РМКЭ.

К особенностям программной реализации РМКЭ следует отнести:

1. Первое звено обеспечивает возможности пре- и пост- процессинга исходных

данных. Ввод и вывод данных.

2. Второе звено обеспечивает доступ и хранение функциональных блоков метода. Сборку «решателя МКЭ на лету».
3. Третье звено обеспечивает хранение данных о «решателях МКЭ», каждый из которых позволяет осуществлять решение конкретной задачи на основе использования той или иной математической модели (упругость, теплопроводность, термоупругости, электростатика и т.п.).

### **Выводы.**

1. Разработка РМКЭ обеспечила возможность привлечь к процессам проведения расчетов более 40 человек за период с 2008 по 2013 годы.
2. Выбранная архитектура РМКЭ обеспечила требования: расширяемости, простоты сопряжения и масштабирования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение №14.В37.21.1869), гранты Президента РФ (МК-6421.2012.9, МК-765.2012.8, МК-6573.2013.3).

### **Список литературы**

- [1] Соколов А.П. Димитриенко Ю.И. Система автоматизированного прогнозирования свойств композиционных материалов. *Информационные технологии*, (8):31–38, 2008.
- [2] Богачев А.Ю. Воронин Н.Н. Зайнетдинов Р.И. Петров С.Ю. Саврухин А.В. Киселев С.Н, Аксенов Ю. *Разработка методов программного обеспечения и нормативной документации для расчета прочности и ресурса деталей машин и элементов конструкций с учетом кинетики*

*НДС в зонах локальных концентраторов при сложных механических и тепловых воздействиях.* МГУПС, 103055, г. Москва, ул. Образцова, 15, 1994.