

## ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА В УНИВЕРСИТЕТСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Васильев Валерий Анатольевич ([vasilev.va@pnzgu.ru](mailto:vasilev.va@pnzgu.ru))

Чернов Павел Сергеевич ([chernov.ps@pnzgu.ru](mailto:chernov.ps@pnzgu.ru))

Пензенский государственный университет

### Аннотация

Рассмотрены преимущества и недостатки применения в образовательном процессе российских и зарубежных коммерческих и бесплатных пакетов конечноэлементного анализа, а также разработки собственных программ на основе бесплатных библиотек.

Многие технические дисциплины, преподаваемые в университетах и колледжах, требуют как теоретического знания метода конечных элементов, так и выработки навыков работы с системами автоматизированного проектирования, реализующими данный метод. Круг задач, решаемых этими САПР, разнообразен и включает в себя, например, моделирование строительных конструкций и воздействия на них внешних факторов, моделирование работы различных деталей, узлов аппаратуры и даже целых изделий, вплоть до автомобилей и самолетов. Метод конечных элементов применяется и в микроиндустрии, например, для моделирования нано- и микроэлектромеханических систем современных датчиков и актюаторов [1].

На рынке имеется достаточно много коммерческих продуктов конечноэлементного анализа: ANSYS, NASTRAN, COMSOL Multiphysics, SolidWorks и др. Между тем сопоставимые по возможностям пакеты отечественной разработки практически отсутствуют. Имеющиеся российские разработки в большинстве своем представляют собой дорогие и узкоспециализированные системы, предназначенные для решения специфических задач (T-FLEX, APM Structure3D, ИСПА и др.).

Существуют бесплатные и даже Open source системы, такие как Elmer, FEniCS, Agros2D. Однако по возможностям они уступают коммерческим аналогам, более сложны в использовании и не русифицированы, что делает процесс обучения с их использованием более трудным.

Альтернативный подход заключается в использовании бесплатных библиотек (например, GetFEM++), реализующих метод конечных элементов на каком-либо языке, и построение на основе этого ядра своего программного обеспечения для решения конкретной задачи [2]. Данный подход позволяет наиболее гибко использовать метод для своих нужд, поскольку возможный функционал не ограничен набором инструментов, предоставляемых конкретной САПР, однако требует от студентов знания основ программирования.

В настоящее время существует необходимость в разработке отечественного учебного недорогого программного пакета конечноэлементного анализа, знакомящего студентов с сутью метода и основными этапами моделирования, возможно, не обладающего обширным функционалом профессиональных САПР, но в то же время способного решать практические задачи.

### Литература

1. Васильев В.А., Орехов Д.О., Чернов П.С. Современные методы моделирования нано- и микро-размерных систем // Нано- и микросистемная техника. – М., 2013, № 11. – С. 10 – 14.
2. Васильев В.А., Чернов П.С. Алгоритм и программа «Влияние внешних факторов на характеристики нанoeлектро-механических систем». – Свидетельство № 2013614063 (Роспатент) от 23.04.2013 г.