

УДК 004.942, 519.876.5

**РЕШЕНИЕ СОВМЕСТНОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОУПРУГОСТИ СТАЛЬНОГО 3D
ОБРАЗЦА, ПОДВЕРЖЕННОГО НЕОДНОРОДНОМУ НЕСТАЦИОНАРНОМУ
НАГРЕВУ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО РЕШАТЕЛЯ
FENICS**

Сизая А.В. (Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ)

Научный руководитель – к.т.н. Цивильский И.В.

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ)

В представленной работе предлагается решение совместной задачи термоупругости на основе конечно-элементного решателя FEniCS с открытым исходным кодом. Получены результаты расчетов теплопереноса, совместных деформаций и напряжений по Мизесу модели стального 3D образца, подверженного неоднородному нестационарному нагреву на Python.

Введение.

На данный момент математическое моделирование является неотъемлемой частью разработки новых изделий и конструкций, а также усовершенствования существующих процессов производства. На основе полученных симуляций корректируется геометрия, формируется диапазон рабочих и предельных нагрузок для неразрушающего контроля, подбираются оптимальные параметры эксплуатации изделия и др. При работе в особых температурных режимах форма детали отклоняется от стандартной вследствие теплового расширения материала, что необходимо учесть в процессе создания математической модели - начальной стадии разработки. В частности, коробления детали при аддитивном производстве методами DMD и SLM делает моделирование термоупругости весьма актуальным. Для этого существует ряд программных обеспечений, таких как ANSYS, Abaqus FEA, ЛОГОС, рыночная стоимость которых составляет порядка 2000 долларов.

Основная часть.

Для расширения отечественного рынка программных продуктов предлагается решение совместной задачи термоупругости на основе конечно-элементного решателя FEniCS. Преимуществами данного пакета являются: наличие открытого исходного кода, Python и C++ интерфейсы, база оригинального обучающего материала и сам решатель FEniCS в свободном доступе. Была рассмотрена модель стального 3D образца, подверженного неоднородному нестационарному нагреву тепловым источником с гауссовым распределением интенсивности на верхней грани. Параметры стали приближены к широко распространенному в авиапромышленности типу нержавеющей стали AISI 316L. Расчеты осуществлялись на Python.

Выводы.

Полученные расчеты могут использоваться предприятиями в качестве замены существующих программных модулей моделирования термоупругости, что может удешевить отдел разработки. Внедрение предлагаемого решения в свою очередь потребует обучение персонала навыкам работы с FEniCS.

Сизая А.В. (автор)

Подпись

Цивильский И.В. (научный руководитель)

Подпись