

**Информация о ходе выполнения работ, выполняемых
по Соглашению № 14.574.21.0118 от 24 ноября 2014 г. о предоставлении субсидии в
рамках федеральной целевой программы "Исследования и разработки по
приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России
на 2014-2020 годы"**

4 Этап «Экспериментальные исследования»

1) В соответствии с разработанной на предыдущем этапе программной и методикой проведены экспериментальные исследования разработанного в ходе выполнения НИР ЭО ПО моделирования поведения элементов конструкций из современных материалов в экстремальных условиях при механических и немеханических воздействиях. Результаты экспериментальных исследований не только подтвердили соответствие комплекса требованиям ТЗ, но и позволили сформулировать определенные рекомендации относительно применения различных возможностей комплекса, окончательная разработка которых запланирована на следующем этапе выполнения НИР.

2) Проведено сопоставление результатов экспериментальных и теоретических исследований. Экспериментальные исследования, проведенные как на тестах с известным аналитическим решением, так и в виде примеров расчета термоупругого состояния элементов конструкций летательных аппаратов из различных материалов и для различных полетных режимов, подтвердили способность комплекса решать связанные термомеханические задачи с учетом излучения, геометрической и физической нелинейностью. При этом обеспечиваются низкие трудозатраты пользователя (конструктора) и хорошая точность получаемых решений. Экспериментальные исследования подтвердили способность программного комплекса выполнять моделирование сложных объектов из современных и перспективных материалов с высокой степенью адекватности: путем непосредственного учета (без гомогенизации) в компьютерной модели характеристик композитных материалов, а также необходимость такого учета, особенно при решении связанных термомеханических задач. В целом, результаты экспериментальных исследований подтвердили результаты теоретических исследований.

3) Результаты экспериментальных исследований, выполненные в соответствии с программой и методикой экспериментальных исследований, показали, что разработанный программный комплекс удовлетворяет всем требованиям ТЗ и доработка не требуется.

4) С использованием разрабатываемого ЭО ПО выполнено трехмерное моделирование термоупругого состояния обтекателя гиперзвукового летательного

аппарата, близкого по характеристикам к использованному в программе гиперзвуковых летных испытаний аппарата HIFiRE. Проанализированы различные режимы полета и возможность и необходимость учета неплотных контактов между поверхностями различных материалов обтекателя. Результаты исследований еще раз подтвердили необходимость использования предусмотренных в программном обеспечении возможностей задания различных типов контактов, которые позволяют проводить более полные и точные исследования различных предельных ситуаций при проектировании рассматриваемых конструкций.

Выполнены расчеты процесса упруго-пластического деформирования тонкостенных панелей при задании кривой пластичности материала в виде табличных значений. Моделирование проводилось на основе алгоритма, предложенного на первом этапе выполнения НИР. Представлено сравнение результатов моделирования для одной и той же конструкции при упруго-пластичном и только упругом нагружениях. Показано, что при упруго-пластичном нагружении перемещения выше, а напряжения ниже, что соответствует физике процесса и подтверждает способность программного комплекса выполнять расчеты с учетом упруго-пластического деформирования элементов конструкции.