

# РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОР НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО САМОЛЕТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ

*Л.П. Шингель*

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

Опоры несущей системы экспериментального самолета вертикального взлета и посадки симметричны относительно меридиональной плоскости его фюзеляжа. Каждая представляет собой коробчатую конструкцию, выполненную из слоистого углепластика из препрега фирмы «Hexcel HexPly M47», толщиной в 8 слоев. Опоры воспринимают результирующее усилие от несущей системы на сжатие, которое для каждой опоры может достигать при перегрузке +5.25g величины 15725 н, схема армирования –  $45^\circ/+45^\circ/-45^\circ/+45^\circ/-45^\circ/+45^\circ/-45^\circ/+45^\circ$ , толщина слоя равна 0,5 мм.

Расчет опоры произведен в два этапа. На первом этапе проведен статический расчет напряженно-деформированного состояния опоры, сделаны выводы о правильности выбранного материала. На втором этапе проведен анализ устойчивости конструкции в нелинейной постановке, задача решалась с использованием метода Ньютона-Рафсона.

Поскольку опора – один из немногих элементов конструкции, подверженный сжимающим нагрузкам, ее работоспособность определяется устойчивостью конструкции. Для определения устойчивости могут использоваться, в основном, два метода: метод в линейной постановке (задача Эйлера) и метод в нелинейной постановке. Линейный метод существенно проще и требует меньших машинных ресурсов (времени), но, как правило, он не учитывает особенностей и нелинейностей рассматриваемой системы и дает поэтому завышенные значения критической нагрузки. Разработчиком ANSYS рекомендуется нелинейный метод.

Нелинейный метод позволяет реализовать способ Ньютона-Рафсона, и путем итераций найти кривую «нагрузка-смещение». Нахождение на этой кривой точки, соответствующей критической нагрузке, позволяет более точно и надежно определить начало потери устойчивости.

Расчет проводился с использованием пакета ANSYS 11,0 на кластере Пермского национального исследовательского политехнического университета, использовались слоистые элементы типа SHELL99. На рис. 1 показан результат расчета опоры на устойчивость. Видно, что опора теряет устойчивость при сжимающем усилии на ней ~30000 н, что допустимо, поскольку достигается при 12кратной перегрузке.

Приведена зависимость «нагрузка-смещение», по вертикальной оси отложена суммарная нагрузка на опору в н (ньютонах).

Применение кластера позволяет существенно сократить время вычислений, что создает возможность расчета различных вариантов технических решений.

Полученный результат анализа устойчивости опоры позволяет выбрать наилучший вариант конструкции и сделать вывод о приемлемости технических решений в выборе материалов и конфигурации опоры.

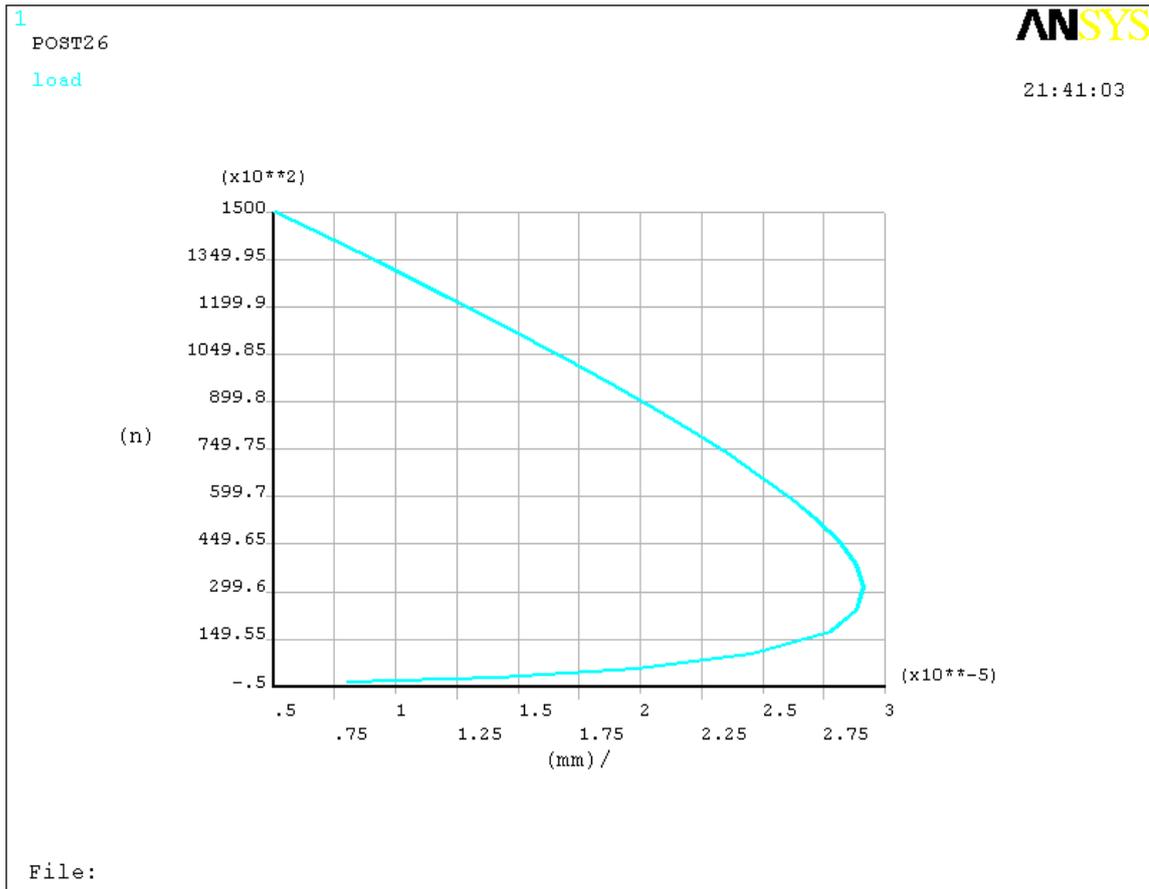


Рис. 1. Результат расчета устойчивости опоры