

УДК 678.057.94

**РАСЧЁТ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
МАСТЕР-МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫКЛЕЙКИ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ
ПОВЕРХНОСТИ ИНФУЗИОННОЙ ОСНАСТКИ**

Зинина О. В., Куркин Е. И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Производство авиационных конструкций из композиционных материалов методом вакуумной инфузии осуществляется с помощью оснастки с формообразующей поверхностью, в ряде случаев изготавливаемой из композиционных материалов. Для получения такой формообразующей поверхности используется мастер-модель. Данная работа посвящена исследованию напряжённно-деформированного состояния мастер-модели для выклейки формообразующей поверхности автоклавной оснастки.

Мастер-модель представляет собой стальной каркас, покрытый сверху оболочкой из модельного пластика.

Расчёт напряжённно-деформированного состояния мастер-модели проведён методом конечных элементов в системе ANSYS Workbench. С помощью CAD-модуля Design Modeler системы ANSYS Workbench 15.0 устранена геометрия технологических и крепёжных элементов, не влияющих на силовую схему.

При моделировании нагружения исследуемого объекта определялась жёсткость его конструкции путём определения в ней перемещений. Полученные согласно расчётам перемещения сопоставлялись с допускаемыми.

Для обслуживания мастер-модели в процессе эксплуатации ряд раскосов на нижней поверхности являются съёмными. Поэтому было исследовано напряжённно-деформированное состояние мастер-модели в двух конфигурациях:

- мастер модель с установленными раскосами на нижней плите рамы каркаса мастер-модели;
- мастер-модель без съёмных раскосов на нижней плите.

Выбор расчётных случаев и способов нагружения определён исходя из условий эксплуатации мастер-модели – случаев её транспортировки при равномерном и неравномерном подвесе за рым-болты, установки на неровный пол перед нивелировкой опор и её рабочем положении при расположении на полу на всех опорах.

Первым был рассчитан случай опирания мастер-модели на все опоры. Максимальные перемещения при этом не превышают 0,3 мм, а эквивалентные напряжения по Мизесу не превышают 50 МПа, что удовлетворяет требованиям жёсткости и прочности.

Вторым проведён расчёт напряжённно-деформированного состояния при опирании мастер-модели на три опоры. Этот случай актуален при установке мастер-модели на неровный пол при нивелировке остальных опор. Максимальные перемещения не превышают 1 мм, а эквивалентные напряжения по Мизесу – 150 МПа, что также удовлетворяет требованиям жёсткости и прочности.

Следующим рассчитан случай подвеса мастер-модели на траверсе за все рым-болты. Расчётная модель мастер-модели нагружена силой тяжести, вызванной собственной массой. Максимальные перемещения не превышают 0,3 мм, а эквивалентные напряжения по Мизесу не превышают 50 МПа, что удовлетворяет требованиям жёсткости и прочности.

В первых трёх случаях нагружения напряжённно-деформированное состояние конфигураций с наличием и отсутствием раскосов отличаются несильно, откуда можно сделать вывод, что в случае симметричного нагружения конструкции раскосы не сильно задействованы в силовой схеме каркаса.

Четвёртым случаем рассмотрена возможность подъёма и транспортировки мастер-модели за 4 стропы. Рассмотрены несколько различных способов выбора четырёх точек подвеса из имеющихся восьми рым-болтов. Анализируя полученные результаты расчётов сделана рекомендация подъёма мастер-модели за симметричные два ряда рым-болтов, причём со стороны наибольшего вылета закреплялись два крайних рым-болта, с другой стороны – за два внутренних рым-болта. В таком случае максимальные перемещения не превышают 1 мм, а эквивалентные напряжения по Мизесу не превышают 140 МПа, что также удовлетворяет требованиям жёсткости и прочности.

Последним случаем нагружения рассмотрен подвес мастер-модели на трех рым-болтах, который возможен при неравномерном натяжении строп подвеса. В результате расчёта такого случая отмечена низкая крутильная жёсткость конструкции: максимальные перемещения каркаса могут достигать 4 мм, причём в этом случае раскосы существенно влияют на жёсткость конструкции, увеличивая её более чем на 30%. Эквивалентные напряжения по Мизесу не превышают 160 МПа, что укладывается в пределы допустимых значений.

Анализ полученных результатов исследования напряжённно-деформированного состояния мастер-модели для выклейки формообразующей поверхности автоклавной оснастки позволяет сделать следующие выводы.

1. Спроектированная конструкция мастер-модели обладает достаточной жёсткостью и прочностью при установке на пол как на все восемь опор, так и на три из восьми.

2. Мастер-модель для выклейки формообразующей поверхности автоклавной оснастки может подвергаться транспортировке за восемь рым-болтов.

3. Допускается провисание четырёх строп из восьми в том случае, если включаются в работу стропы, расположенные симметрично.

4. При несимметричном подвесе за три стопы конструкция мастер-модели имеет недостаточную крутильную жёсткость.

5. Исследование напряжённно-деформированного состояния модели мастер-модели с установленными съёмными раскосами на нижней плите рамы мастер-модели и без них показало, что установка раскосов не сильно влияет на жёсткость и прочность конструкции рамы мастер-модели в случае её симметричного нагружения. В случае нагружения каркаса рамы на кручение раскосы повышают её жесткость на 30 %.