

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ян Наинг Мина «Применение методов зондирующих отверстий и корреляции цифровых изображений для определения остаточных напряжений в сплавах и композиционных материалах» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Композиционные материалы широко востребованы в различных отраслях промышленности, особенно в аэрокосмической отрасли. Из композиционных материалов изготавливают силовые конструкции: панели кессонов, лонжероны, нервюры и др. Как правило, композиционные материалы формируются при повышенных температурах и давлениях, после чего происходит их охлаждение до нормальной температуры. В результате процессов теплового расширения, а также с учётом разницы в термоупругих свойствах, в изделиях могут возникать остаточные напряжения.

В ряде случаев высокий уровень остаточных напряжений может привести к растрескиванию или разрушению материала в процессе хранения изделия. Также подобные явления приводят к изменению размеров и искажению формы деталей в процессе постепенной релаксации. В настоящей работе автор исследует методы зондирующих отверстий и корреляцию цифровых изображений для определения остаточных напряжений в композиционных материалах и сплавах.

### **Научная новизна заключается в:**

- сочетании методов зондирующих отверстий, корреляции цифровых изображений и численного моделирования с помощью метода конечных элементов для решения обратных задач и определения остаточного НДС исследуемых образцов;
- получении данных по остаточному НДС в металлополимерных композитных образцах, а также образцах из сплавов, полученных методами трёхмерной печати;
- сравнении аналитических и численных методов решения обратных задач для остаточного НДС материала.

**Достоверность результатов**, которые получены с использованием аналитических методов расчёта, определяется применяемыми строгими методами механики деформируемого твёрдого тела, теории упругости, методами нелинейного программирования. Достоверность результатов численных исследований определяется путём их сопоставления с результатами аналитических решений, а также путём варьирования размера конечно-элементной сетки и сопоставлений этих результатов в рамках упрощённых аналитических моделей.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в возможности получения полной картины деформированного состояния вблизи зондирующего отверстия с применением стандартных средств экспериментального контроля, а также в проведённом исследовании точности и корректности получаемых оценок для остаточных напряжений и сопоставлением аналитических и численных решений обратных задач.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

« 15 12 2021 г. »

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научно - техническом уровне. Работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а диссертант – Ян Наинг Мин – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Ведущий инженер-конструктор бригады  
Прочности и выносливости крыла и оперения  
отделения прочности ПАО «Корпорация «Иркут»  
кандидат технических наук

10.12.2021

М.В. Мочалов



И.о. начальника бригады  
Конечно-элементного моделирования  
отделения прочности ПАО «Корпорация «Иркут»

А.В. Хомченко

ПАО «Корпорация «Иркут»  
125315, г. Москва, Ленинградский пр-т, д.68  
Тел.: +7(495)777-21-01.