

6. Eschenauer H.A., Koski J., Osyczka A. *Multi-criteria optimization - fundamentals and motivation // Discretization methods and structural optimization: Procedures and applications (Ed. H.A. Eschenauer et al.) - Springer Verlag, 1989. - P. 1-32.*

УДК 620.193.16:629.735.018.4(045)

И.П.Челюканов, Н.Г.Макаренко, И.Н.Резник

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАВИТАЦИИ  
НА ОБРАЗЦЫ ИЗ СПЛАВА Д16АТВ  
СПОСОБОМ ДИНАМИЧЕСКИХ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Излагается методика исследования упрочняющего эффекта динамического воздействия кавитирующего потока жидкости на образцы из сплава Д16АТВ, имеющие концентратор напряжений, илтирующий отверстие под заклепку. Описано оборудование для кавитационной обработки образцов, а также оборудование для проведения усталостных испытаний. Установлено, что предлагаемая методика позволяет оценить упрочняющий эффект кавитационной обработки образцов в виде прироста долговечности.

Важнейшими, по условиям усталостной прочности, критическими элементами конструкции воздушных судов являются заклепочные соединения. Это обусловлено широким использованием этих соединений для крепления тонкостенных деталей конструкции, наличием в зоне заклепочного шва значительной концентрации напряжений, которая может спровоцировать появление трещины.

В связи с этим актуальной задачей является разработка эффективных методов поверхностного упрочнения зоны заклепочного отверстия и методов его контроля.

Объектом испытаний являются образцы из материала обшивки воздушных судов Д16АТВ с концентратором напряжений - отверстием под заклепку. Форма и геометрические параметры образцов подобраны такими, что они отвечают требованиям при испытаниях на гидродинамической машине МУИ-50. Образцы изготавливаются из стандартного листа Д16АТВ толщиной

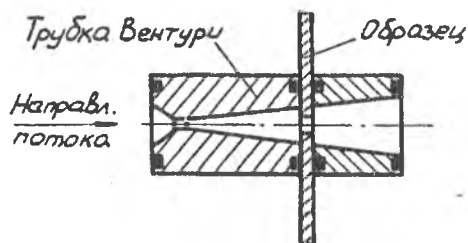
---

Динамические процессы в установках ЛА. Самара, 1994.

---

$\delta = 0,8 \pm 0,01$  мм обрубкой на гильотинных ножницах с последующим фрезерованием до ширины 40,0 мм. Отверстия выполняются с использованием кондуктора по осям симметрии образца путем сверления и последующего развертывания до диаметра 4 мм.

Обработка поверхности образцов из Д16АТВ производилась на гидродинамическом стенде в кавитационном устройстве, представляющем собой разрезную трубку Вентури (рис. 1). При кавитационном истечении потока жидкости через трубку Вентури импульсному воздействию замыкающихся каверн подвергаются поверхности внутри отверстия и кольцевой зоны вокруг отверстия образца.

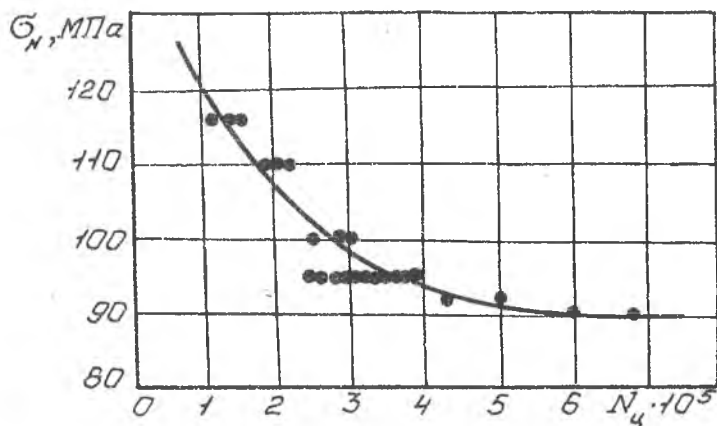


Р и с. 1. Схема кавитационного устройства в виде трубки Вентури

ны МУ-50 с помощью образцового динамометра типа ДСМ-3-5 и динамическая тарировка посредством тензометрирования тензорезисторами типа ФТК.

Программа усталостных испытаний предусматривает несколько этапов. На первом этапе строится усталостная кривая для материала образца Д16АТВ, описываемая зависимостью  $\sigma_N = f(N_u)$ , где  $\sigma_N$  — максимальное напряжение цикла;  $N_u$  — циклическая долговечность. Для этого испытывалось 10 партий необработанных образцов на различных уровнях максимальной нагрузки  $P_{max}$ . Минимальная нагрузка цикла оставалась постоянной  $P_{min} = 6000$  Н. Разрыв всех испытанных образцов происходил в зоне концентратора напряжений. Результаты испытаний показаны на рис. 2. Исходя из анализа усталостной кривой, была выбрана максимальная рабочая нагрузка цикла напряжений  $P_{max} = 8000$  Н, которая соответствует области среднецикловой усталости образца — 200000–400000 циклов. На втором этапе испытаний при выбранной рабочей нагрузке была испытана контрольная партия необработанных образцов. По

Упрочняющий эффект оценивается методом усталостных испытаний путем сравнения средней долговечности обработанных и необработанных образцов из сплава Д16АТВ. Усталостные испытания проводились при растяжении с асимметричным циклом напряжений и постоянным нижним пределом нагрузки, с частотой нагружения  $f = 11$  Гц. Перед началом испытаний проведена статическая тарировка машины



Р и с. 2. Зависимость максимального напряжения цикла от циклической долговечности для материала образца ДІ6АТВ

результатам испытаний вычислена средняя арифметическая величина долговечности необработанных образцов ( $\bar{N} = 199340$  циклов), которая является базовой для оценки усталостной прочности. Затем были испытаны 5 партий образцов, упрочненных в зоне концентратора кавитационной струей. Кавитационная обработка проводилась потоком жидкости АМГ-10 при следующих условиях: давление на входе в устройство  $P_{вх} = 5,0$  МПа; относительный перепад  $\Delta\bar{p} = 0,88$ ; температура жидкости  $t = 298$  К; жидкость насыщалась воздухом при атмосферном давлении. Длительность воздействия кавитации на обрабатываемую поверхность изменялась в пределах от 30 до 150 с с интервалом 30 с. По результатам усталостных испытаний получены долговечности каждого образца и средняя долговечность для каждой партии соответственно временным режимам кавитационной обработки. Сравнение долговечностей обработанных и необработанных образцов показало наличие упрочняющего эффекта кавитационной струи. Максимальное значение прироста долговечности в 1,75 раза отмечено при длительности обработки 120 с.

Примененная методика усталостных исследований позволяет:  
 оценить упрочняющий эффект кавитационной обработки образцов в виде прироста долговечности;  
 оптимизировать режим кавитационной обработки и разработать реко-

мендации по технологическому процессу упрочнения деталей из алюминиевых сплавов в условиях производства и ремонта воздушных судов.

УДК 532.542

А.Г.Гимадиев, В.С.Гурнак, Л.В.Голубкова,  
В.А.Дудкин, Г.И.Берестнев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ  
СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ

Описано экспериментальное оборудование и измерительно-регистрационный комплекс для частотных испытаний пневматических измерительных цепей при температуре окружающей среды и в высокотемпературных условиях (до  $850 \pm 20$ ) К. Приведены результаты испытаний измерительных устройств с капиллярными корректирующими элементами (КЭ), подтверждающие ранее полученные теоретические зависимости и показывающие достаточно высокую эффективность разработанных КЭ при измерении пульсаций давления в диапазоне частот до 10 кГц.

Одним из важных параметров, по которому осуществляется доводка авиационного ГТД, является динамическое давление в проточной его части. Измерение пульсаций давления в условиях повышенных температур, высоких уровней вибраций, ограниченности пространства под установку датчиков производится при помощи специальных измерительных устройств (ИУ), состоящих из волноводного канала, датчика пульсаций давления и корректирующего элемента (КЭ). Последний предназначен для акустического согласования подводящего канала и датчика давления в широком диапазоне частот. Достаточно малые габариты ИУ реализуются при использовании КЭ в виде набора (пучка) капиллярных каналов, методика выбора параметров и результаты теоретических исследований эффективности которых приведены в [1].

---

Динамические процессы в установках ИА. Самара, 1994.

---