

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Сучасні технології  
у промисловому виробництві**

**МАТЕРІАЛИ  
та програма**

*III Всеукраїнської міжвузівської  
науково-технічної конференції  
(Суми, 22–25 квітня 2014 року)*

**ЧАСТИНА 1**

*Конференція присвячена Дню науки в Україні*

Суми  
Сумський державний університет  
2014

## АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ РАБОЧИХ КОЛЕС ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

*Сидорец А. И., аспирантка, СумГУ, г. Сумы*

В работе выполнен обзор имеющихся результатов исследований, связанных с изучением аэроакустических явлений в центробежных компрессорах, рассмотрены основные концепции, объясняющие причины разрушения рабочих колес, а также проведен анализ возможных причин поломки на примере третьей ступени сменной проточной части компрессора газоперекачивающего агрегата.

Известно, что рабочие колеса центробежного типа используются в центробежных компрессорах, насосах, турбинах и являются ответственными узлами машины. Конструкция закрытых рабочих колес имеет три основных элемента: основной и покровной диски, а также расположенные между ними лопатки. Поломка колеса во время работы машины приводит к полной остановке всей машины.

В литературных источниках рассматриваются различные аэроакустические процессы в турбокомпрессорном оборудовании. Авторы статьи [1] выяснили, что в процессе взаимодействия ротора с неподвижными элементами компрессора, возникают колебания давления, которые могут стать источником интенсивных вынужденных колебаний в компрессоре, частота которых соответствует частоте следования лопаток ротора при вращении. В статьях [2] и [3] было установлено, что причиной повреждения покрывного диска рабочего колеса центробежного компрессора были аэроупругие автоколебания. При исследовании акустических резонансных колебаний в спиральном входном канале турбокомпрессора было также установлено, что основной причиной повышенных вибраций в турбокомпрессоре было взаимодействие между колебаниями, вызванными вихреобразованием, и стационарной волной в кольцевой камере. Предполагается, что любая полость турбокомпрессора может рассматриваться как акустический резонатор.

Цель данной работы - анализ причин разрушения осерадиальных колес центробежного компрессора на основе разработки геометрической и конечно-элементной модели ротора и исследования спектра собственных частот колебаний колеса. Объектом исследований являются рабочие колеса ротора сменной проточной части компрессоров газоперекачивающих агрегатов производства ПАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе». Актуальность темы заключается в обеспечении эксплуатационной надежности центробежных компрессоров за счет повышения ресурса рабочих колес.

Существует несколько концепций, объясняющих причины разрушения рабочих колес. Первая предполагает, что разрушение происходит на

резонансных или близких к ним режимах работы рабочего колеса. Вторая концепция исходит из того, что поскольку для паяных и сварных рабочих колес работа на резонансных режимах маловероятна, учитывая особенности амплитудно-частотных характеристик этих колес, разрушение происходит через циклический характер напряжений и высокой их концентрации в местах зарождения и развития усталостных трещин.

Выполнен анализ причин поломки рабочих колес компрессоров, для чего построены конечно-элементные модели рабочих колес, проведены расчеты на прочность и получены спектры собственных частот.

По результатам расчетов и моделирования в программном комплексе ANSYS, было выяснено, что напряжения в рабочем колесе недостаточно велики, чтобы вызвать усталостные трещины, и с учетом факта работы компрессора на протяжении более 1200 часов была отвергнута концепция, что причиной поломки были усталостные трещины.

Дальнейшая работа была направлена на поиск резонансных или близких к ним режимов работы рабочих колес. В работе приведены результаты модального анализа, определены собственные частоты и формы колебаний рабочего колеса, а также приведены результаты расчета собственных акустических частот в боковых полостях рабочего колеса компрессора.

С использованием среды MathCAD построены диаграммы для анализа гармонических возбуждающих воздействий. На данных диаграммах нанесены линии, обозначающие частоты собственных механических колебаний рабочего колеса, линии для частот вынужденных колебаний, вызванных колебаниями Тайлера-Соффрина, в системе отсчета, связанной с ротором, линии, ограничивающие диапазон работы компрессора, а также линии собственных акустических частот в боковых полостях рабочего колеса для указанного диапазона работы компрессора.

Проведенные исследования позволили лучше понять проходящие процессы в проточной части центробежного компрессора, с помощью диаграмм для анализа гармонических возбуждающих воздействий определить опасные режимы работы компрессора и сделать предварительные выводы о возможной причине разрушения его рабочего колеса.

#### Список литературы

1. Tyler J. M., Sofrin T. G. Axial Flow Compressor Noise Studies” SAE Transactions, 70, 1961, pp. 309-332.
2. Eckert L. High Cycle Fatigue Cracksat Radial Fan mpellers Caused by Aeroclastic Self-Excited Impeller Vibration, Part 1: Case History, Root Cause Analysis Vibration Measurements DETC99/VIB-8261, 1999.
3. Ni A. High Cycle Fatigue Cracksat Radial Fan Impellers Caused by Aeroclastic Self-Excited ImpellerVibration, Part 2: Mechanisms and Mathematical Model DETC99/VIB-8262, 1999.