

УДК 629.7.036.34

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ДЕФЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РОТОРНОЙ ДИНАМИКИ

© 2018 Д.А. Зайдуллин, А.С. Макарычев, А.Г. Терешко

«ОКБ им. А. Люльки» филиал ПАО «ОДК-УМПО», г. Москва

### INVESTIGATION OF THE CAUSES OF THE DEFECT USING FINITE ELEMENT ANALYSIS IN SOLVING PROBLEMS OF ROTOR DYNAMICS

Zaydullin D., Makarychev A., Tereshko A. (“Lyulka Design Bureau” subsidiary PJSC “UEC-UEIA”, Moscow, Russian Federation)

*This paper shows the necessity of 3D calculation of the critical rotation frequency in “rotor + stator” approach on the example of a defect of a real installation.*

При проведении экспериментальных работ на вакуумном высокочастотном балансировочном стенде в процессе запуска произошло разрушение одной из опор ротора.

Установка, включающая ротор высокого давления (РВД), вал низкого давления

(НД) и элементы опор, спроектирована таким образом, чтобы максимально достоверно смоделировать жёсткостные характеристики РВД в составе авиационного двигателя АЛ-31Ф (рис. 1).

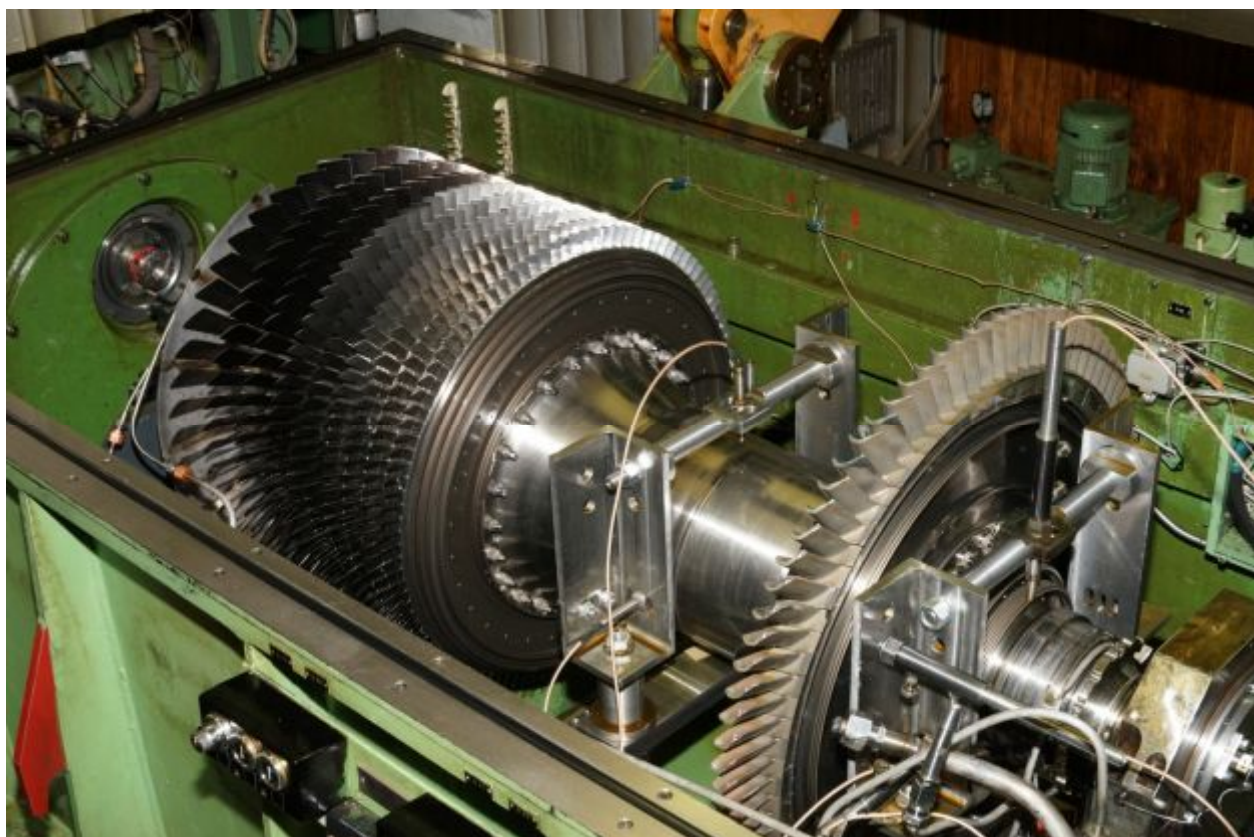


Рис. 1. Общий вид установки на вакуумном балансировочном стенде

Предположительно, причиной разрушения опоры явилась критическая частота вращения ротора, возбуждение которой произошло вблизи максимального режима. Од-

нако предварительные расчёты критических частот вращения автономного ротора ВД, выполненные в специализированном программном комплексе Dynamics R4, показывают отсутствие резонансов в рабочем диапазоне.

С целью идентификации резонанса было выполнено подробное 3D моделирование установки, включая статорную часть, для определения собственных частот колебаний совместной системы «ротор + статор». Результаты расчёта представлены в виде диаграммы Кэмпбелла на рис.2.

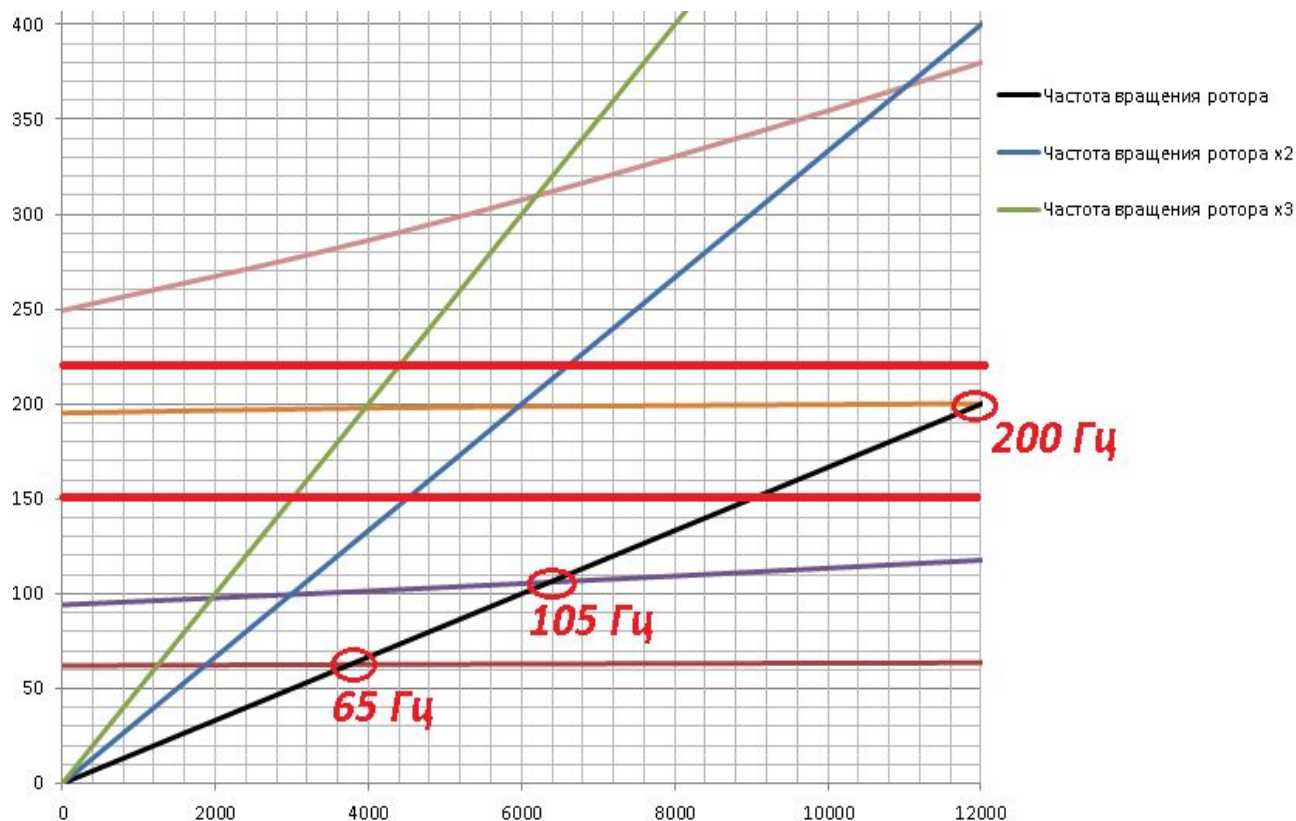


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика для верификации

Полученная карта собственных частот колебаний установки совпадает с картиной вибраций, зарегистрированных при вибрографировании установки. Как видно из спектра, вибрации ротора ВД возбуждают изгибную форму колебаний вала НД с частотой 193,5 Гц вблизи максимального режима. Одновременно возникает резонанс опорной формы колебаний ротора ВД с частотой ~105 Гц. Суммарные вибрации, вызванные коле-

баниями роторов на двух резонансных частотах, явились причиной разрушения одной из опор установки.

Проведённая работа показала необходимость выполнения расчёта не только критических частот вращения ротора, но и совместных частот колебаний системы в по- установке «ротор + статор» методом конечных элементов.