

С. М. Дорошко. С. А. Смородин

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА

В компрессорах и вентиляторах ДТРД рабочие лопатки обычно соединяются с диском шарнирным замком, который вносит ряд характерных особенностей в процесс колебаний лопаток.

Оценка состояния рабочих лопаток в этом случае может быть осуществлена в результате анализа их вибраций. Измерение ряда характерных параметров колебательного движения достаточно эффективно производится бесконтактными методами. Одним из наиболее распространенных является дискретно-фазовый способ. Его применение для исследования резонансных режимов изложено в работе [1]. При этом с достаточной для практических целей точностью могут быть определены амплитуды колебаний лопаток. Применение данного метода для исследований вибраций реального объекта позволило предложить способ регистрации и частоты собственных колебаний лопаток [2].

Как известно [1], при изменении оборотов ротора в около-резонансной зоне меняется амплитуда колебаний лопатки и сдвиг фаз между амплитудными значениями возмущающей силы и смещения лопаток под действием этой силы. Регистрация данного эффекта, например, на экране осциллографа [2] проявляется в смещении метки от импульсного измерительного датчика по экрану. При этом характер движения зависит как от места расположения датчика, так и от амплитудно-частотных характеристик лопатки. Перестановка датчика, например, на расстояние π/i , где i — порядок возмущающей силы, приводит при исследованиях колебаний той же лопатки к изменению характера смещений на обратный, что подтверждается экспериментально.

Амплитуда смещений при этом пропорциональна амплитуде колебаний лопатки. Подбором же места расположения измерительного датчика может быть реализован такой характер движения метки, который позволяет достаточно просто фиксировать и величину резонансных оборотов, а через них — частоту собственных колебаний лопатки (например, по экстремуму кривой, характеризующей движение метки). В

системах с цифровой индикацией [3] частота определяется по моменту появления экстремального значения измерения.

Таким образом, одновременно могут быть зафиксированы как амплитуда колебаний лопатки, так и частота ее собственных колебаний в динамическом режиме.

На рис. 1 представлены результаты экспериментального исследования всех рабочих лопаток одной из ступеней компрессора натурального двигателя. Контролировалась величина

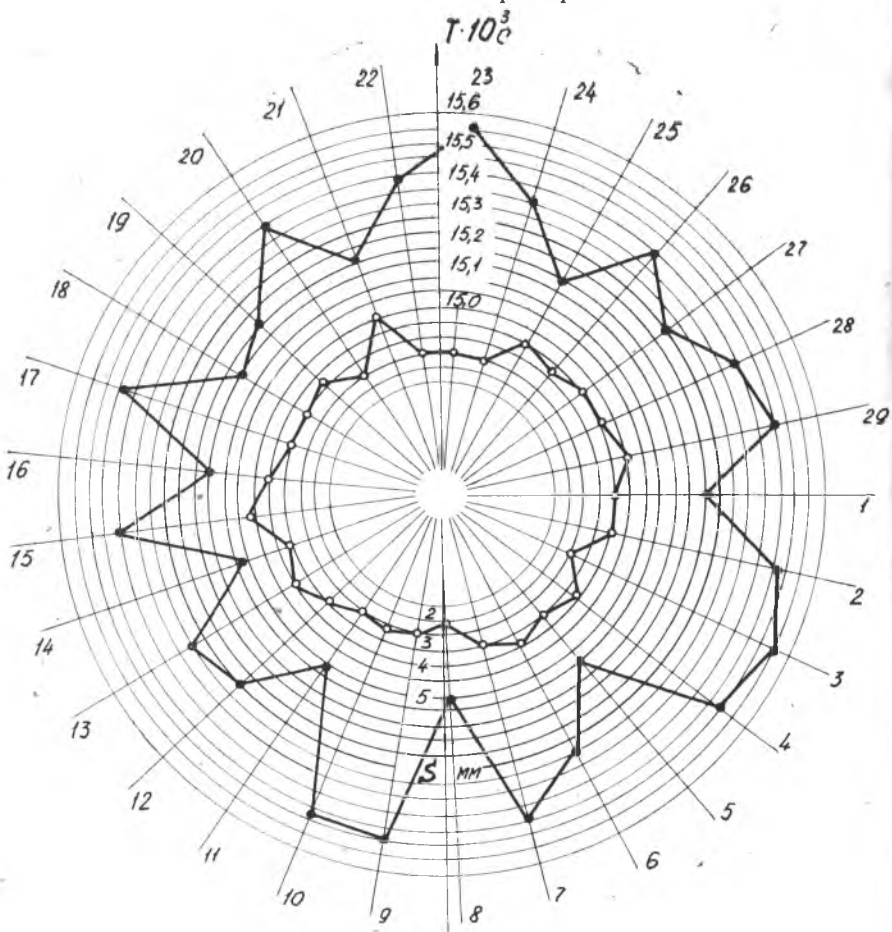


Рис. 1. Изменение периода резонансных оборотов T и амплитуды S резонансных колебаний лопаток рабочего колеса компрессора

периода резонансных оборотов T и амплитуда колебаний лопатки S , соответствующая резонансному режиму.

Используемый способ имеет определенные преимущества по сравнению с существующим методом оценки состояния лопатки по частоте собственных колебаний. Во-первых, проверка этого параметра производится обычно при жесткой заделке лопатки, т. е. не учитываются особенности шарнирной подвески. Во-вторых, такой контроль возможен только в статических условиях. В то же время известно [4], что в случае шарнирного крепления частота собственных колебаний лопатки является функцией скорости вращения. Такое положение затрудняет выявление опасных резонансных режимов.

Бесконтактный способ контроля дает возможность измерить резонансную частоту и амплитуду колебаний каждой лопатки. Разброс резонансных частот на исследуемом колесе невелик и составляет около 3,5% (в данном случае контролируются колебания, вызываемые возбуждающей силой с порядком гармоники $i = 6$); вибрационные напряжения при колебаниях по первой форме не превышают $3 \div 5 \cdot 10^3$ н/см². Результаты эксперимента указывают на то, что резонансные режимы различных лопаток несколько отличаются друг от друга.

Бесконтактным методом эти режимы удастся разделять и контролировать их в процессе наработки двигателя. В частности, возникновение и развитие трещины сопровождается падением частоты колебаний [5]. Хотя это изменение частоты невелико ($3 \div 5\%$ от начального значения), оно достаточно четко регистрируется рассматриваемым способом. При этом следует учитывать возможность эффекта взаимовлияния колебаний лопаток. Проявляется он прежде всего в повышении амплитуды колебаний лопаток, стоящих рядом с резонирующей (рис. 2). Экспериментальные результаты показывают, что для остальных лопаток взаимовлияние практически отсутствует.

Предлагаемый метод контроля состояния лопатки по частоте и амплитуде резонансных колебаний позволяет выяснить также распределение значений возмущающей силы по окружности корпуса. Поскольку колебания лопатки являются вынужденными, то по характеру смещения метки на экране осциллографа (или по особенностям проявления экстремальных значений измерений в системах с цифровой индикацией) может быть определено фазовое положение величины возмущающей силы. Достигается это путем контроля параметров

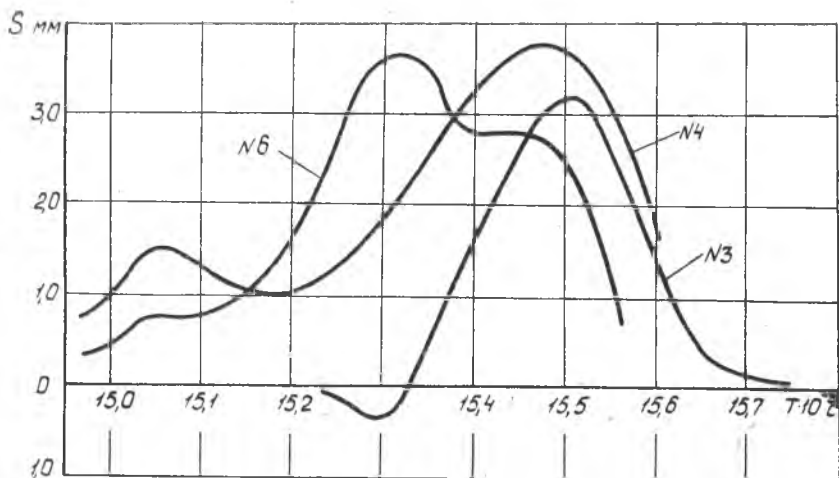


Рис 2. Характер смещения метки от измерительного датчика на экране осциллографа при проходе резонансного режима

колебаний при различных положениях измерительного датчика по окружности рабочего колеса.

Таким образом, бесконтактные методы измерения вибраций могут быть использованы для контроля и диагностики состояния рабочих лопаток компрессора.

Л и т е р а т у р а

1. Заблоцкий И. Е. и др. А. с. № 236826, 1969, № 7.
2. Разработка измерительного комплекса для контроля вибраций рабочих лопаток компрессора ГТД. — Отчет по НИР № 76077161, Рига, РКИИГА, 1976, с. 52.
3. Тойбер М. Л., Москвин В. В. А. с. № 431414, 1974, № 21.
4. Готхем Д., Смейлз Д. — Энергетические машины, 1968, № 4, с. 45—57.
5. Васильев Н. А. и др. — Тр./РКИИГА, 1969, вып. 126, с. 60—67.