

УДК 621.438
DOI: 10.12737/24894

А.М. Дроконов, А.Е. Дроконов

ГЕНЕРАЦИЯ И МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТАХ С ГАЗОТУРБИНЫМ ПРИВОДОМ

Приведены результаты исследования виброакустических характеристик газоперекачивающего агрегата с газотурбинным приводом.

Ключевые слова: турбомашина, вибрация, шум, подшипник, нагнетатель газа.

A.M. Drokonov, A.E. Drokonov

GENERATION AND METHODS FOR VIBRO-ACOUSTIC ACTIVITY DECREASE IN GASCOMPRESSOR UNITS WITH GAS TURBINE DRIVE

Block-modular gas compressor units (GCU) of a container type with an aircraft and ship gas-turbine drive – a power source of vibration and noise pollution of environment.

Their basic inner sources – gas turbine engine and a centrifugal compressor. Besides, to power noise sources in the structure of GCU belong multiplier, an air cleaner of the air inlet system, an exhaust shaft, section walls of an engine and a compressor.

A gas turbine engine and a compressor define mainly a distant sound field and the rest of noise sources – near-in one.

A complex modernization of such plants may be carried out on the basis of the investigations of the lev-

el of vibrations and noise of all elements of such units.

With this purpose there were carried out investigations of vibro-acoustic characteristics of GCU of GCU-16MG type with the capacity of 16 MW where as a drive of the centrifugal compressor of 370-18-1 NZL type serves a ship convertible engine of DG-90 type produced by “Zarya” Co.

Noise sources and vibrations of blade machines are studied, their vibro-acoustic characteristics are analyzed and methods for the decrease of vibro-acoustic activities of GCUs of such a type are offered.

Key words: turbo-machine, vibration, bearing, gas supercharger.

Основу современного технического прогресса составляет постоянное наращивание производительности энергетических установок. Поэтому в настоящее время фирмы-изготовители осваивают выпуск турбомашин нового поколения, призванных обеспечить высокий уровень эксплуатационных показателей.

Модернизация энергоблоков, как правило, приводит к снижению металлоемкости агрегатов, что в условиях повышения параметров теплоносителей и развиваемых мощностей вызывает рост виброактивности элементов установок и, как следствие, повышение интенсивности излучаемой акустической мощности газодинамического и механического происхождения.

Учитывая масштабность энергетических систем, шум можно рассматривать как один из факторов общего кризиса тех-

ногенной цивилизации общества, а потому разработка конструктивных мероприятий по шумоглушению и снижению вибрации турбоблоков становится актуальной задачей для организаций, занимающихся их созданием и эксплуатацией.

Для детального изучения виброакустических характеристик турбоустановок необходимы специальные натурные испытания, в процессе которых должны быть установлены: характер вибрационных процессов, причины повышенной вибрации, явления, способствующие интенсификации колебательных процессов в энергоблоках.

С целью систематизации и накопления таких материалов были выполнены исследования виброакустической активности широко используемых на компрессорных станциях магистральных газопроводов газоперекачивающих агрегатов (ГПА) с

газотурбинным приводом. Объектом изучения служила установка типа ГПА–16МГ мощностью 16 МВт, где приводом центробежного нагнетателя (ЦБН) природного газа типа 370-18-1 НЗЛ служил судовой конвертируемый двигатель ДГ-90 производства ПО «Заря».

В соответствии с компоновкой агрегата измерения звукового давления выполнялись в трех его зонах в октавной полосе частотного диапазона $f = 31,5 \dots 8 \cdot 10^3$ Гц:

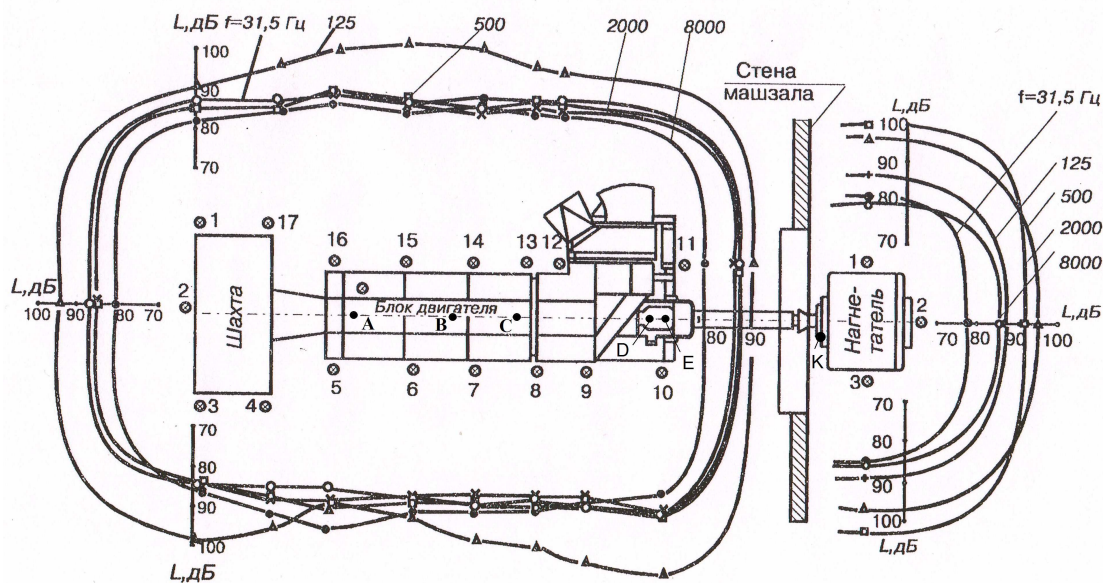
- зона А – по периферии контейнера, в котором установлен двигатель (рис. 1, точки 1...17);
- зона Б – по периметру нагнетателя (рис. 1, точки 1...3);
- зона В – во внешнем поле на расстоянии 15 м от воздухозаборной камеры (ВЗК).

Вибропараметры регистрировались в трех точках корпуса турбоустановки,

опорном и опорно-упорном подшипниках силовой турбины (СТ), а также на опорно-упорном подшипнике нагнетателя (рис. 1, соответственно точки А, В, С, Е и К).

Результаты исследования акустических характеристик ГПА показали, что наибольший шум по всему контуру двигателя превалирует на частотной полосе 125 Гц.

Максимальные значения уровня звукового давления (УЗД) достигали 100...105 дБ в области переходного патрубка, подводящего воздух от ВЗК к компрессору низкого давления, а также в зоне поворота газов в систему выхлопа (рис. 1, точки 15, 10). Минимальный шум наблюдается со стороны шахты (рис. 1, точки 1 и 2).



○ – точки замера уровня шума; • – точки замера уровня вибрации (А, В, С, Д, Е, К)

Рис. 1. Схема расположения точек измерения и шумодиаграммы ГПА–16МГ

Интенсивность звукового давления по контуру блок-контейнера двигателя распределена неравномерно, особенно на частотах 125, 1000 и 8000 Гц, где коэффициент неравномерности δ достигал значений 0,16...0,17. Величина его определялась из выражения

$$\delta = (L_{\max} - L_{\min}) / L,$$

где L_{\max} , L_{\min} , L – соответственно максимальный, минимальный и среднеквадрати-

ческий уровни звукового давления в определенной частотной полосе.

Спектры шума двигателя носят постоянный по времени широкополосный характер. Только на частотах 125 и 250 Гц уровень шума несколько выше 90 дБ (рис. 2а). Вместе с тем частотные полосы $f > 63$ Гц характеризуются превышением УЗД над предельно допустимым уровнем (ПДУ), максимальное значение которого на частоте

8000 Гц достигает 18...19 дБ. Эквивалентный уровень звука (по шкале А) составляет 95...96 дБА (рис. 2а).

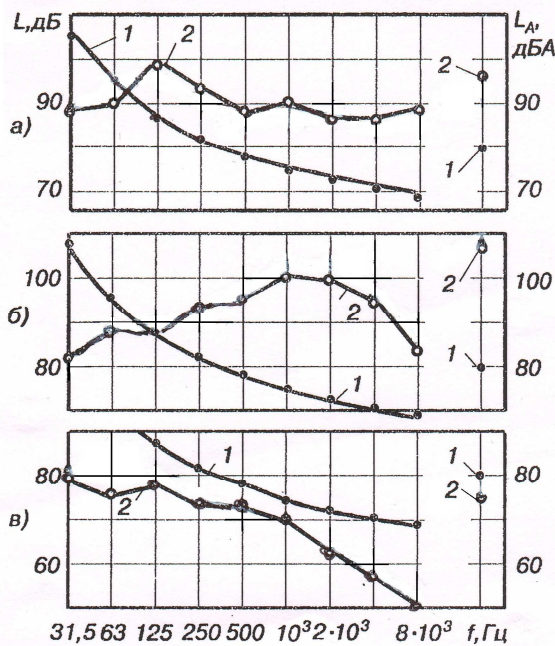


Рис. 2. Спектры шума ГПА типа ГПА-16МГ (2): а, б и в – соответственно в зонах А, Б и В; 1-ПДУ

Исследование шума нагнетателя типа 370-18-1 показало, что спектр его – высокочастотный с постоянным по времени широкополосным характером. Значения уровня излучаемого звукового давления достигали максимальных величин 100...105 дБ в области цилиндрической части корпуса ЦБН (рис. 1, точки 18, 20) на частотах, близких к $f = 1000...2000$ Гц. При этом ПДУ ниже реального уровня на 27...31 дБ (рис. 2б). Уровень звука по шкале А достаточно высок и составляет 108...109 дБА.

Исследование интенсивности шума во внешнем поле ВЗК показало, что УЗД во всем исследованном диапазоне частот заметно ниже ПДУ (рис. 2в).

Анализ результатов исследований акустических характеристик установки типа ГПА-16МГ свидетельствует о необходимости выполнения мероприятий по снижению до санитарных норм уровней звукового давления, излучаемого двигателем ДГ-90 и особенно нагнетателем 370-18-1.

Надежность работы энергоблоков в значительной мере определяется их вибрационным состоянием, где основным ис-

точником возбуждающих воздействий является валопровод.

Негативные последствия даже умеренных вибраций имеют свойство накапливаться и проявляться в виде усталостных трещин в роторе, штоках регулирующих клапанов, чугунных опорах; повреждений уплотнений турбин и системы охлаждения; полусухого трения в подшипниках; ухудшения работы системы регулирования. Следует также учитывать их негативное воздействие, как и шума, на обслуживающий персонал.

При изучении вибрационных характеристик ГПА, выполненном на номинальном режиме эксплуатации, в качестве анализируемых параметров использованы среднеквадратические значения (СКЗ) виброскоростей крышек подшипников V_e (мм/с), регистрация которых проводилась в вертикальном, поперечном и продольном направлениях (относительно оси ротора) в октавной полосе частотного диапазона $2...10^3$ Гц.

Интенсивность вибрации корпусов установки (переднего блока корпуса КНД,

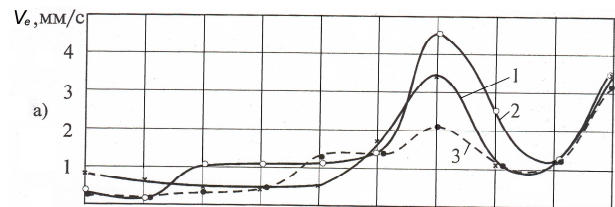


Рис. 3. Величины СКЗ виброскоростей V_e опорного подшипника СТ: 1 (×), 2 (○), 3 (•) – соответственно вертикальное, поперечное и продольное направления

переходного узла компрессоров и опорного комплекса силовой турбины) регистрировалась в контрольных точках (рис. 1, точки А, В, С), где в поперечном направ-

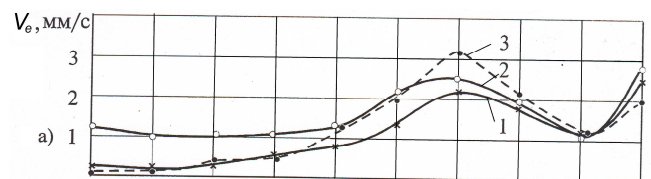


Рис. 4. Величины СКЗ виброскоростей V_e опорно-упорного подшипника СТ (обозначения см. на рис. 3)

лении производились измерения СКЗ виб-

роскоростей. Они составили соответственно 6,0 мм/с, 5,5 мм/с и 7,0 мм/с, что можно считать допустимым для вибрации корпусных деталей двигателя.

На рис. 3 проиллюстрированы СКЗ виброскоростей опорного подшипника силовой турбины установки (рис. 1, точка Д).

Как видно, максимальной виброскоростью этот узел обладает на частотах около 125 Гц, где в поперечном направлении $V_{emax} = 4,5$ мм/с (рис. 3).

На опорно-упорном подшипнике СТ (рис. 1, точка Е) наибольшая виброскорость зафиксирована также на частоте 125 Гц, где в продольном направлении ее значение составило $V_{emax} = 3,2$ мм/с (рис. 4).

Вибрационное обследование СТ газотурбинного двигателя типа ДГ-90 свидетельствует о необходимости разработки мероприятий по снижению ее виброактивности посредством технической модернизации [1; 2].

Исследование вибрационных характеристик опорно-упорного подшипника нагнетателя (рис. 1, точка К) позволило установить, что во всех трех направлениях наибольшая виброактивность зарегистрирована на частотах $f \approx 1$ кГц, где контролируемый параметр имел значение $V_{emax} = 2,0$

мм/с (рис. 5).

Результаты измерений свидетельствуют о необходимости принятия мер по устранению повышенной вибрации опорно-упорного подшипника нагнетателя типа 370-18-1.

В целом выполненные исследования виброакустической активности ГПА

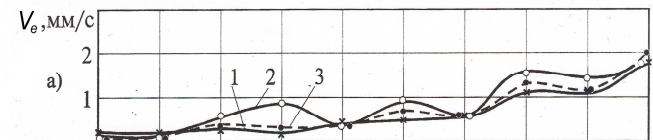


Рис. 5. Величины СКЗ виброскоростей V_e опорно-упорного подшипника нагнетателя газа типа 370-18-1 (обозначения см. на рис. 3)

большой мощности свидетельствуют о достаточно высокой ее интенсивности и существенном различии по этому параметру отдельных агрегатов рассматриваемого класса машин ввиду особенностей их конструктивного оформления, отличия технологии изготовления и сборки, указывают на целесообразность дальнейшего технического совершенствования энергопривода и нагнетателей природного газа с целью улучшения их энергетических и экологических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроконов, А.М. Генерация и методы снижения виброакустической активности в турбомашинах / А.М. Дроконов, Т.А. Николаева. – Брянск: БГУ, 2012. – 222 с.

1. Drokono, A.M. *Generation and Methods for Vibro-acoustic Activity Decrease in Turbo-machines* / A.M. Drokono, T.A. Nikolayeva. – Bryansk: BSU, 2012. – pp. 222.

2. Дроконов, А.М. Акустические характеристики турбинных установок / А.М. Дроконов, А.Е. Дроконов. – Брянск: БГТУ, 2013. – 192 с.

2. Drokono, A.M. *Acoustic Characteristics of Turbine Plants* / A.M. Drokono, A.E. Drokono. – Bryansk: BSTU, 2013. – pp. 192.

Статья поступила в редколлегию 27.01.2016.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета Тихомиров В.П.

Сведения об авторах:

Дроконов Алексей Михайлович, к.т.н., профессор кафедры «Тепловые двигатели» Брянского государственного технического университета, e-mail: heat@tu-bryansk.ru.

Drokono Alexey Michailovich, Can. Eng., Prof. of the Dep. "Heat Engines", Bryansk State Technical University, e-mail: heat@tu-bryansk.ru.

Дроконов Алексей Евгеньевич, студент специальности «Информационные системы и технологии» Брянского государственного технического университета, тел.: (4832) 51-68-86.

Drokono Alexey Evgenievich, Student of specialty "Information Systems and Technologies", Bryansk State Technical University, phone: (4832) 51-68-86.

