

УДК 621.438

А.М. Дроконов, А.Е. Дроконов

АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ МОЩНОСТНОГО РЯДА 10...12 МВт

Рассмотрены акустические характеристики газоперекачивающих агрегатов (ГПА) мощностного ряда 10...12 МВт с электро- и газотурбинным приводом.

Ключевые слова: газотурбинная установка, нагнетатель газа, газоперекачивающий агрегат, электропривод, шум, звуковое давление.

Анализ опыта эксплуатации компрессорных станций (КС) магистральных газопроводов (МГ) страны показывает, что для транспортировки газов используются в основном ГПА с газотурбинным приводом (преимущественно стационарного и авиационного типов) и электроприводные ГПА (ЭГПА).

Наибольшее распространение на МГ получили газотурбинные установки, обладающие следующими техническими характеристиками: возможностью концентрации мощности в одном агрегате, относительной простотой конструкции, высокой степенью автоматизации, небольшими габаритами. Недостатком таких установок является их относительно низкий КПД на валу нагнетателя.

Электроприводные агрегаты отличаются простотой обслуживания, большим моторесурсом (до 150 тыс. ч), повышенной культурой эксплуатации и экологической безопасностью (по выбросу вредных веществ в атмосферу). Применение электропривода на КС позволяет упростить условия автоматизации управления технологическими операциями. К недостаткам ЭГПА следует отнести слабую приспособленность к переменным режимам работы газопровода, а также необходимость наличия относительно дешевой электроэнергии в районе расположения станции.

Увеличение мощности и производительности ГПА, работающих на КС магистральных газопроводов, осуществляется в основном посредством интенсификации энергетических процессов, повышения параметров циклов и динамических нагрузок, вследствие чего значительно возрастает излучаемое энергоблоками звуковое давление, вызывая снижение работоспособности и безопасности труда обслуживающего персонала.

По физической природе шум ГПА с газотурбинным приводом включает аэродинамическую и механическую составляющие. Первая формируется за счет вихреобразования на входе в компрессор, пульсирующего давления в камере сгорания, аэродинамических процессов в проточной части турбомашин, газодинамических явлений в их входных и выходных отсеках, неоднородности потока во всасывающем и выхлопном трактах нагнетателя природного газа.

Механические шумы образуются в результате динамических взаимодействий элементов агрегата вследствие дисбаланса роторов, вибрации лопаточных венцов, нарушений геометрии подшипниковых узлов и др.[1].

При этом газовоздушный шум, излучаемый каналами всасывания и выхлопа ГПА, является главным источником акустического воздействия энергоустановок на прилегающие селитебные зоны. Эти тракты представляют собой волноводы, свободно транспортирующие из зоны генерации в окружающую среду звуковую энергию, интенсивность которой может достигать 50 % от общей акустической мощности агрегатов.

Электродвигатели ЭГПА также излучают повышенное звуковое давление, близкое по интенсивности шуму мощных нагнетателей газа. Это является весьма острой пробле-

мой, потому что КС с ЭГПА строились в основном на газопроводах, проложенных через густонаселенные районы страны и имеющих резервы электроэнергии.

Для разработки комплекса мероприятий, обеспечивающих снижение звуковой мощности ГПА различного типа, необходим детальный спектральный анализ их акустических характеристик.

Следует отметить, что КС магистральных газопроводов в значительной степени оборудованы ГПА с электро- и газотурбинным приводом мощностью 10...12 МВт (свыше 1600шт.), а потому проблема снижения шума таких установок достаточно актуальна и составила предмет исследования.

Звуковое поле таких ГПА изучалось вдоль внешнего контура агрегатов. По результатам акустических исследований рассчитывались уровни звукового давления в октавных полосах по среднегеометрическим частотам в диапазоне $f=31,5...8 \cdot 10^3$ Гц для двигателей, нагнетателей газа и агрегатов блочного типа (авиационных машин).

Рассмотрим акустические характеристики некоторых типов ГПА такой мощности.

На рис.1 приведены характеристики звукового поля ГПА стационарного типа ГТНР-10 мощностью 10 МВт, работающего с центробежным нагнетателем (ЦБН) типа ЦБН 520-12-1 (производства Невского завода).

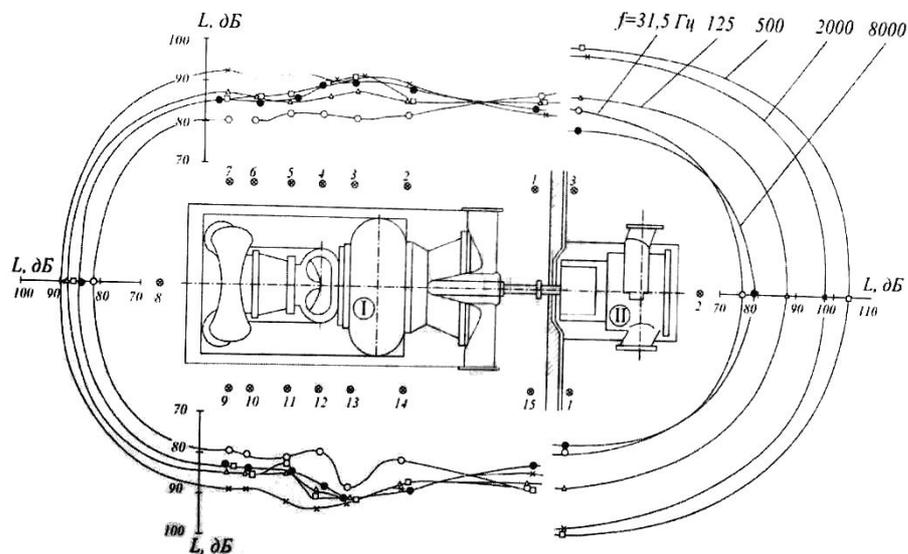


Рис. 1. Схема расположения точек измерения звукового давления и шумограммы ГПА типа ГТНР-10 и нагнетателя типа ЦБН 520-12-1 на нескольких частотах : I-двигатель; II-нагнетатель

Анализ шумограмм ГТУ показал, что интенсивность излучаемого звука по периметру установки не превышает 95 дБ, экстремальное значение зарегистрировано в диапазоне $f=2 \cdot 10^3...4 \cdot 10^3$ Гц.

Начиная с частоты $f=125$ Гц величина звукового давления в зоне газотурбинной установки превосходит предельно допустимый уровень (ПДУ). Так, в области высоких частот разность этих параметров составляет 22 дБ (рис.2, кривая 5), а по шкале A – 17дБА (рис.2).

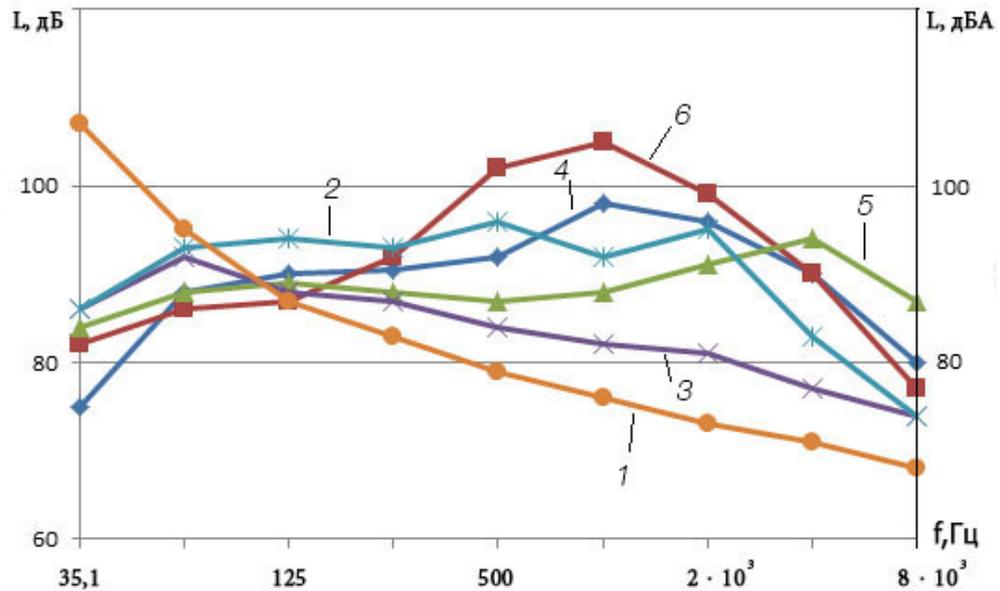


Рис. 2. Спектры шума ГПА: 1-ПДУ; 2-ГПА-12ПЦ; 3 и 4-соответственно СТД-12,5 и ЦБН 235-26-1с редуктором; 5 и 6 – соответственно ГТНР-10 и ЦБН 520-12-1

Величина акустической мощности ЦБН типа 520-12-1 начиная с частоты 125 Гц превосходит ПДУ, достигая максимального значения 30 дБ в области $f=2 \cdot 10^3$ Гц (рис.2, кривая 6). Различие этих параметров по шкале *A* составляет 26 дБА (рис.2).

К авиационным газотурбинным газоперекачивающим агрегатам относятся ГПА, приводом нагнетателя природного газа которых служит газовая турбина авиационного типа, специально реконструированная для использования на КС МГ. Как правило, установки такого типа монтируются в отдельных контейнерах (боксах), в которых скомпонованы двигатель и нагнетатель.

Для иллюстрации ниже приведены шумовые характеристики турбоблока типа ГПА-12ПЦ мощностью 12МВт, оборудованного двигателем ПС-90ГП-1 производства Сумского машиностроительного научно-производственного объединения и нагнетателем типа ГЦ 2-420/41,5-56, изготовленным пермским предприятием.

Наибольший уровень звукового давления (УЗД) наблюдается в области ЦБН (в зоне газохода), где его значения достигают 100 дБ на низких частотах (рис.3). Спектр шума этой установки постоянный по времени, широкополосный, что свойственно и другим машинам авиационного класса.

У большинства ГПА с авиаприводными газотурбинными двигателями величины УЗД превосходят ПДУ на частотах $f \geq 125$ Гц (рис.2, кривая 2). Уровень шума рассматриваемого агрегата по шкале *A* находится в диапазоне 88...89 дБА (рис.2).

В последние годы в систему транспорта газа широко внедряются газоперекачивающие агрегаты с приводом от синхронных электродвигателей.

Как правило, электродвигатели энергоблоков такого класса устанавливаются в машзале, а редуктор-мультипликатор с нагнетателем газа - в галерее нагнетателей.

Исследования шумовых показателей ЭГПА типа СТД-12500, оснащенного электродвигателем мощностью 12,5 МВт и нагнетателем природного газа типа ЦБН-235-26-1 производства Невского завода, показали, что акустическая мощность электропривода достигает наибольших значений в области низких частот - $f=500$ Гц (рис.4; рис.2, кривая 3). Разность уровней излучаемого этой машиной и допускаемого санитарными нормами звукового давления по шкале *A* составила 18 дБА (рис. 2).

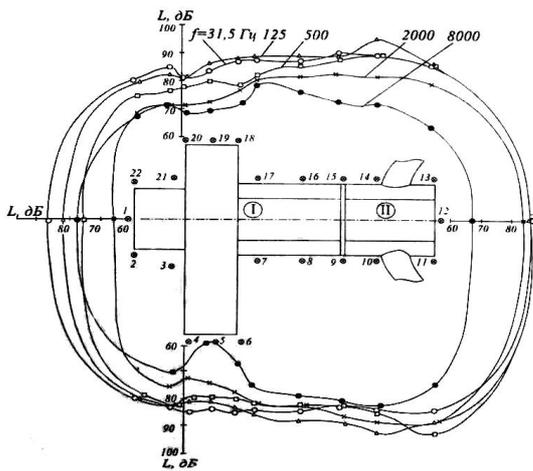


Рис. 3. Схема расположения точек измерения звукового давления и шумодиаграммы ГПА 12-ПЩ на нескольких частотах (обозначения на рис.1)

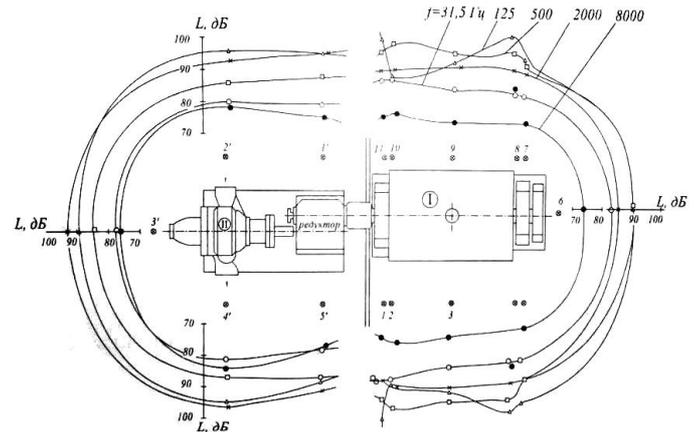


Рис. 4. Схема расположения точек измерения звукового давления и шумодиаграммы ГПА типа СТД-12500 и нагнетателя типа ЦБН-235-21-1 на нескольких частотах (обозначения на рис.1)

Блок «редуктор-нагнетатель» на частотах, превышающих 100 Гц, генерирует звуковую мощность существенно больше допустимой (рис.2). Максимальные ее значения зарегистрированы в области высоких частот ($f=10^3 \dots 4 \cdot 10^3$ Гц), где разность ΔL_{MAX} составила 19...22 дБ (рис. 2, кривая 4), а по шкале А- 21 дБА(рис. 2).

Как видно, газоперекачивающие комплексы мощностного ряда 10...12 МВт всех классов излучают шум, уровень которого существенно превосходит допустимый санитарными нормами ($L_{доп} = 80$ дБА), что особенно характерно для ГПА типов ГТНР-10 с ЦБН 520-12-1 и СТД-12,5 с ЦБН 235-26-1, акустическая мощность которых превышает 95 дБА.

Это указывает на необходимость оборудования таких агрегатов шумоизолирующими кожухами с системой вентиляции и ячеистым покрытием из высокоэффективных звукопоглощающих материалов типа «Лайт-Баттс» или БВТМ-ПМ.

Целесообразно также разработать комплексную программу сокращения излучаемой энергоблоками КС звуковой мощности, которой следует руководствоваться как в процессе проектирования, так и при эксплуатации базовых и конвертируемых типов машин ГПА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

Материал поступил в редколлегию 20.01.14.