РАЗДЕЛ VII. ФИЗИКА

Дрозд А.В., Колтаков А.А., Леонов А.А., Прилепко Е.В.

Общая характеристика источников виброакустической энергии электро-станции ЭСД-200-30Т-400М

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/lj-10-2020-40

idsp: ljjournal-10-2020-40

Аннотация

В статье представлен анализ основных источников шума и вибрации, излучаемые электростанцией ЭСД-200-30Т-400М, расчетным путем по известным формулам определены характерные частоты возмущения виброакустической энергии агрегатами ЭСД-200-30Т-400М.

Ключевые слова: шум, вибрация, виброакустическая энергия, характерные частоты излучения.

Abstract

The article presents an analysis of the main sources of noise and vibration emitted by the power plant ESD-200-30T-400M, the characteristic frequencies of vibroacoustic energy perturbation by ESD-200-30T-400M blocks are calculated using the known formulas.

Key words: noise, vibration, vibroacoustic energy, the characteristic frequency of the radiation.

Многочисленные исследования и повседневная деятельность свидетельствуют, что акустическая нагрузка высокой интенсивности оказывают на человеческий организм вредное влияние: изменяется ритм сердечной деятельности, повышается кровяное давление, ухудшается слух, ускоряется процесс утомления, замедляются физические и психологические реакции. Шум является одним из факторов утомляемости, который приводит к увеличению травматизма, снижению производительности труда [1].

Уровень конструктивного совершенства вооружения, военной и специальной техники постоянно повышается, появляются более мощные силовые установки, агрегаты, узлы и механизмы. Рост технологических нагрузок, неизбежно приводит к динамической нагруженности узлов и агрегатов и, как следствие, к шуму высокой интенсивности.

Работа по обслуживанию вылетов авиации выполняется средствами наземного обслуживания общего применения (СНО ОП). Питание электрической энергией ряда образцов СНО ОП осуществляется электростанцией ЭСД-200-30Т-400М, представленной на рисунке 1.

Рисунок 1 – Общий вид электростанции

Электростанция установлена на шасси прицепа МАЗ-5224В и состоит из двух дизель-электрических агрегатов – один типа АД-200 мощностью 200 кВт и второй типа АД-30 мощностью 30 кВт, смонтированных в кузове КУНГ-П10 и вспомогательного оборудования, необходимого для нормальной работы изделия, при этом, в во время генерации электроэнергии, образуется мощный аэродинамический шум и вибрация, оказывающие негативное воздействие на обслуживающий персонал.

Все образцы СНО ОП должны удовлетворять требованиям стандартов, среди которых ГОСТ 12.1.003–2014, согласно которому, допустимый уровень звука (УЗ) на рабочем месте оператора не должен превышать 80 дБА, однако предварительные исследования показали превышение нормативного значения УЗ на рабочем месте оператора ЭСД-200-30Т-400М.

Для эффективной борьбы с виброакустическим излучением ЭСД-200-30Т-400М изначально необходимо выявить ее основные источники.

Так как в состав электростанции ЭСД-200-30Т-400М входят такие элементы как дизель-электрические агрегаты АД-200 и АД-30, то аэродинамический шум является одним из составляющих шума при ее работе. Кроме этого, эти агрегаты излучают вибрации в виде структурного шума. Этот процесс происходит как непосредственно с поверхностей деталей, так и с элементов конструкции станции, сопряженных с ними. Основными источниками вибрации дизельного двигателя являются аэродинамический и механический шумы. Аэродинамический шум связан с системой впуска и выпуска. Газодинамические импульсы, возникающие в первоначальные периоды выпуска газов, вызывают колебания стенок выпускного тракта в широком диапазоне частот; при жестком креплении этого тракта к корпусным конструкциям указанные колебания передаются в отсек оператора в виде структурного шума.

Процесс шумообразования на электростанции ЭСД-200-30Т-400М, схема которого приведена на рисунке 2, можно представить в виде энергетического суммирования вкладов от различных источников шума.

1 – агрегатный отсек электростанции; 2 – дизель 1-Д12 В-300; 3 – генератор ГСФ-200; 4 – дизель ЯАЗ-М204Г; 5 – генератор ДГФ-82-4Б; 6 – отсек оператора электростанции.

Рисунок 2 – Схема излучения шума источниками акустической энергии на электростанции ЭСД-200-30Т-400М

Основное оборудование излучает виброакустическую энергию на частотах, определяемых известными формулами, представленными в таблице [2].

Таблица

Характерные частоты возмущения виброакустической энергии и причины ее генерации на электростанции ЭСД-200-30Т-400М

Причины генерации виброакустической энергии	Расчетная формула	Частота возмущения f , Гц
1	2	3
Двигатель 1Д12В-300		
1. Неуравновешенность вращающихся деталей, сил инерции первого порядка и их моментов.	$f_{Д1} = kn_e/60$, k – номер гармоники, $k=1$; n_e – частота вращения коленчатого вала двигателя, $n_e=1500 \text{ мин}^{-1}$	$f_{Д1} = 25$
2. Неуравновешенность вращающихся деталей, сил инерции второго порядка и их моментов.	$f_{Д2} = 2kn_e/60$,	$f_{Д2} = 50$
3. Процесс сгорания топлива.	$f_{Д3} = c/(2D)$; c – скорость звука в газе при сгорании, $c = 657 \text{ м/с}$; D – диаметр цилиндра (камеры сгорания) двигателя, $D = 0,15 \text{ м}$.	$f_{Д3} = 2190$
4. Удары клапанов.	$f_{Д4} = kz_kzn_e/(60m)$; z_k – число одновременно работающих клапанов цилиндра, $z_k=2$; z – число цилиндров двигателя, $z=12$; m – коэффициент тактности, для 4-х тактных $m=2$	$f_{Д4} = 300$
5. Перекладка зазоров цилиндров поршневой группы.	$f_{Д5} = kBzn/60$; z – число цилиндров ДВС, $z=2(2)$; B – число переключений зазора, определяемое по диаграмме нормальных сил, $B=24(8)$	$f_{Д5} = 1200$
6. Трение коренных подшипников вала.	$f^{Д6} = kz_T n/60$; z_T – число трущихся пар, $z_T=7$	$f^{Д6} = 175$
7. Неуравновешенность вращающихся деталей вентилятора.	$f=i^B n_e/60$; i^B – передаточное число привода вентилятора, $i^B = 2$	$f=50$
8. Неравномерность потока воздуха на выходе из вентилятора системы охлаждения	$f_{62} = z_l n_{on}/60$; z_l – число лопаток; $z_l=6$; n_{on} – частота вращения, $n_{on} = 2400$	$f_{62} = 240$
Дизельный двигатель ЯАЗ-М 204 Г		
9. Неуравновешенность вращающихся деталей, сил инерции первого порядка и их моментов.	$f^{Д1} = kn_e/60$	25
10. Неуравновешенность вращающихся деталей, сил инерции второго порядка и их моментов	$f_{Д2} = 2kn_e/60$	50
11. Процесс сгорания топлива	$f_{Д3} = c/(2D)$; $D = 0,108 \text{ м}$.	3310
12. Удары клапанов.	$f_{Б3} = kz_kzn_e/(60m)$	100
13. Перекладка зазоров цилиндров поршневой группы.	$f=kBzn/60$	400

14. Трение коренных подшипников вала.	$f=kz_T n/60$; $z_T = 5$	125
15. Неуравновешенность вращающихся деталей вентилятора.	$f=i^B n_e/60$; $i^B = 2$	50
16. Неравномерность потока воздуха на выходе из вентилятора системы охлаждения	$f_{62} = z_n n_{on}/60$, $z_n = 6$; $n_{on} = 2400$	240
Электродвигатель ГТЭС-200 (ДГФ-82-4К)		
17. Неуравновешенность вращающихся деталей.	$f_{r1}=n_r/60$; n_r - частота вращения генератора, об/мин, $n_r=1500(1500)$	25(25)
18. Погрешности формы деталей (ротор, статор).	$f_{r2}=2f_{r1}$	50(50)
19. Перемагничивание активного железа генератора.	$f_{r3}=2f_0$; f_0 - частота тока генератора, $f_0 = 50\text{Гц}$	100(100)
20. Неуравновешенность воздушного потока вентилятора генератора.	$f_{r5}=z_n n_r/60$; z_n -число лопаток вентилятора, $z_n = 6(6)$	150(150)

Полученные данные из таблицы в спектральном виде представлены на рисунке 2, где цифровые обозначения характеризуют источники виброакустической энергии.

Рисунок 2 – Характерные низкие частоты виброакустической энергии, генерируемой источниками электростанции ЭСД-200-30Т-400М

Таким образом, аналитическим путем установлены основные источники и их характерные частоты, на которых шум и звуковая вибрация электростанции ЭСД-200-30Т-400М наибольшие: двигатель типа 1Д12В-300 – 25 Гц, 50 Гц и 240 Гц, двигатель типа ЯАЗ-М204Г – 25 Гц 50 Гц и 100 Гц, синхронный генератор типа ГСФ-200 (ДГФ-82-4К) – 25 Гц 50 Гц и 100 Гц. Следовательно, звуковиброзащитный комплекс, в первую очередь, необходимо разрабатывать с учетом работы основных источников на характерных частотах.

1. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. - М.: Университетская книга, Логос, 2008. - 424 с.
2. Юдин Е.Я. Борьба с шумом на производстве. - М.: Машиностроение, 1985.- 400 с.