

UDC 628.517

Sudarev M.S., Nikiforov D.Y., Brovchenko O.A., Chorjeva A.A. Analysis of the feasibility of using methods to reduce noise from convectors

Анализ целесообразности применения способов снижения шума от конвекторов

Sudarev Maxim Sergeevich

Master student of the Moscow State Technical University "STANKIN"

Nikiforov Denis Yurievich

Senior instructor at the Department of Technology, Equipment and Automation of Machine-Building Industries, STANKIN Moscow State Technical University

Brovchenko Olga Alexandrovna

Senior instructor at the Department of "Technologies of Automated Production" at the STANKIN Moscow State Technical University

Chorieva Anastasia Alexandrovna

Senior lecturer of the Department of "Technologies of Automated Production" at the STANKIN Moscow State Technical University

Сударев Максим Сергеевич

Магистрант ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

Никифоров Денис Юрьевич

Старший преподаватель кафедры «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» ЕТИ ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

Бровченко Ольга Александровна

Старший преподаватель кафедры «Технологий автоматизированного производства»

ЕТИ ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

Чориева Анастасия Александровна

Старший преподаватель кафедры «Технологий автоматизированного производства»

ЕТИ ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

***Abstract.** The aim of the study is to identify the most appropriate means of sound insulation of convectors by measuring and further comparing the results. After conducting experiments, it was found that the most optimal methods of reducing the noise of a convector with forced convection are balancing the engine rotor and using damping rubber.*

***Keywords:** noise, measurements, sound insulation, vibration isolation, rotary motor, damping rubber, soundproof casing.*

***Аннотация.** Целью исследования является выявление наиболее подходящего средства шумоизоляции конвекторов посредством измерения и дальнейшего сравнения результатов. После проведения экспериментов было выявлено, что наиболее оптимальными методами снижения шума конвектора с принудительной конвекцией являются балансировка ротора двигателя и применение демпфирующей резины.*

***Ключевые слова:** шум, измерения, звукоизоляция, виброизоляция, роторный двигатель, демпфирующая резина, звукоизолирующий кожух.*

Рецензент: Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

В начале моих исследований я рассмотрел классификации шума по четырем основным критериям, таким как частота, спектр, временные характеристики и природа возникновения. И описал нормирование акустических показателей и их влияние на организм человека. Также я рассмотрел конвектор с принудительной конвекцией и произвел анализ конструкции изделия. Были выявлены источники шума:

- двигатель 220 В постоянного тока
- вибрация, производимая вентиляторами и резонирующая о корпус изделия
- декоративная решетка

Мной были предложены возможные способы устранения данных источников и методика измерения шума. Также мной был выбран прибор для измерения уровня шума и его калибратор. В конце моих подготовительных работ было выявлено, что звуковая мощность конвектора с принудительной конвекцией равна 59,65 дБ, что на 8% выше санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Затем мной были представлены способы минимизации параметров шума, проведен анализ и расчет выбранных методов снижения шумового воздействия, таких как:

- облицовка помещения звукоизолирующими материалами;
- балансировка ротора двигателя;
- прокладка демпфирующей резины в местах трения;
- создание звукоизолирующего кожуха.

Проведен расчет стоимости реализации выбранных способов снижения шума. Но необходимо обоснования данного выбора, которое представлено ниже.

Первым этапом исследований будет измерение акустического воздействия с учетом применения способов снижения шума. Для этого проведем измерение акустического воздействия с учетом применения способов снижения шума.

Все измерения проводятся в реверберационном помещении, сертифицированном по ИСО 3743-2 [7].

Точку измерения расположим на расстоянии не ближе 2 м от стены помещения, микрофон шумомера расположим на высоте 1,5 м от пола, учитывая, чтобы он был направлен в сторону источника шума и удален не менее чем на 0,5 м от оператора, проводящего измерения [1,2].

Проведем измерения с периодичностью 10 минут, сначала измеряя уровень шума конвектора на минимальных оборотах вращения вентилятора, а затем на

максимальных. Получив данные, вычислим среднее арифметическое и занесем в таблицу 1.

Прделаем те же измерения для вычисления шума от трения декоративной решетки и корпуса изделия, и занесем полученные данные в таблицу 3.

Измерение уровня шума с применением звукоизолирующих и вибропоглощающих материалов

Таблица 1

Результаты проведенных измерений уровня шума от вентилятора изделия

Частота вращения вентилятора	№ измерения	Уровни звука, дБ
Минимальная	1	28
	2	25
	3	30
	Среднее знач.	27,6
Максимальная	1	44
	2	45
	3	42
	Среднее знач.	43,6

Уровень звукового давления, в соответствии с полученными данными, приведенными в таблице 1, равен 43,6 Дб(А) [4].

Расчет эквивалентной площади поглощения помещения A_{ekv} (2):

$$A_{ekv} = \alpha_1 \times S_1 + \alpha_2 \times S_2 + \alpha_3 \times S_3 + \alpha_4 \times S_4 + \alpha_5 \times S_5 + \alpha_6 \times S_6 \\ = 0,8 \times 44 \times 2 + 0,8 \times 33 \times 2 + 0,8 \times 48 \times 2 = 200 \text{ м}^2$$

Уровень звуковой мощности равен (4):

$$L_{WA} = L_{PA} - 10 \times \log \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A_{ekv}} \right] = 43,6 - 10 \times \log \left[\frac{4}{4\pi \times 1,5^2} + \frac{4}{200} \right] = 51,52 \text{ дБ}$$

Таким образом, применение звукоизолирующих и вибропоглощающих материалов помогло снизить акустическое воздействие на 13,6%.

Результаты проведенных измерений и расчетов показали, что звуковая мощность конвектора с принудительной конвекцией равна 51,52 дБ, что на 6,3 % ниже санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [6].

Измерение уровня шума с применением балансировки ротора двигателя

Таблица 2

Результаты проведенных измерений уровня шума после балансировки ротора двигателя

Частота вращения вентилятора	№ измерения	Уровни звука, дБ
Минимальная	1	30
	2	29
	3	31
	Среднее знач.	30
Максимальная	1	42
	2	39
	3	43
	Среднее знач.	41,3

Уровень звукового давления, в соответствии с полученными данными, приведенными в таблице 2, равен 41,3 Дб(А).

Уровень звуковой мощности равен (4):

$$L_{WA} = L_P - 10 \times \log \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A_{ekv}} \right] = 41,3 - 10 \times \log \left[\frac{4}{4\pi \times 1,5^2} + \frac{4}{37,5} \right] = 47,35 \text{ дБ}$$

После проведения балансировки ротора двигателя, шум снизился на 20,6%.

Измерение уровня шума с применением демпфирующей резины

Таблица 3

Результаты проведенных измерений уровня шума от трения декоративной решетки о корпус изделия

Ситуация	№ измерения	Уровни звука, дБ
Отсутствие нагрузки на решетку	1	0
	2	0
	3	0
	Среднее знач.	0
Нагрузка на решетку 80 кг	1	15
	2	17
	3	14
	Среднее знач.	15,3

Уровень звукового давления, в соответствии с полученными данными, приведенными в таблице 5.3, равен 15,3 Дб(А).

Уровень звуковой мощности равен (4):

$$L_{WA} = L_P - 10 \times \log \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A_{ekv}} \right] = 15,3 - 10 \times \log \left[\frac{4}{4\pi \times 1,5^2} + \frac{4}{37,5} \right] = 21,35 \text{ дБ}$$

Прокладка демпфирующей резины помогла снизить шум от трения металл/металл на 23,9 % от первоначальной величины.

Измерение уровня шума с применением звукоизолирующего кожуха

Таблица 4

Результаты проведенных измерений уровня шума от конвектора в звукоизолирующем кожухе

Частота вращения вентилятора	№ измерения	Уровни звука, дБ
Минимальная	1	24
	2	22
	3	21
	Среднее знач.	22,3
Максимальная	1	33
	2	35
	3	34
	Среднее знач.	34

Уровень звукового давления, в соответствии с полученными данными, приведенными в таблице 4, равен 34 Дб(А).

Уровень звуковой мощности равен (4):

$$L_{WA} = L_P - 10 \times \log \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A_{екв}} \right] = 34 - 10 \times \log \left[\frac{4}{4\pi \times 1,5^2} + \frac{4}{37,5} \right] = 40,05 \text{ дБ}$$

Установка звукоизолирующего кожуха помогла снизить шум от конвектора на 32,9 % от первоначальной величины.

Сводная таблица экономической целесообразности применения выбранных способов минимизации воздействия шума

Таблица 5

Затраты на реализацию изготовления выбранных способов снижения шума

Статья затрат	Применение звукоизолирующих и вибропоглощающих материалов	Балансировка ротора двигателя	Применение демпфирующей резины	Изготовление звукоизолирующего кожуха
Стоимость материалов	27968	-	19,6	1162
Заработная плата работникам	16996,88	3000	9,0	327
Отчисления в социальные фонды	5099,07	-	2,7	98,1
Прочие расходы	5593,60	-	4,0	232,4
Итого:	55657,55	3000	35,3	1819,5

Таблица 6

Соотношение экономической целесообразности и % эффективности снижения звукового воздействия

	Применение звукоизолирующих и вибропоглощающих материалов	Балансировка ротора двигателя	Применение демпфирующей резины	Изготовление звукоизолирующего кожуха
Стоимость реализации	55657,55	3000,00	35,30	1819,50
% эффективности	13,6	20,6	23,9	32,9

Выводы: как показали расчеты, из четырех выбранных методов уменьшения шумовых показателей, применение демпфирующей резины, балансировка ротора двигателя и изготовление звукоизолирующего кожуха экономически выгодно, в сравнении с применением звукоизолирующих материалов, однако при установке отопительного прибора в звукоизолирующий кожух происходит снижение его отопительных функций. Из этого следует, что наиболее оптимальными методами снижения шума конвектора с принудительной конвекцией являются балансировка ротора двигателя и применение демпфирующей резины. Применение звукоизолирующих и вибропоглощающих материалов не выгодно с точки зрения мобильности отопительного прибора и экономичности.

References

1. Методика исследования влияния СОТС на шероховатость поверхности и на силы резания при концевом фрезеровании / О. Г. Драгина, П. С. Белов, А. А. Бровченко, Н. А. Иванова // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 11(113). – С. 16-19. – EDN KMMQKQ.
2. Анализ видов применения промышленных роботов на предприятии / А. О. Чориев, П. С. Белов, А. А. Бровченко [и др.] // Развитие экономики Российской Федерации в условиях формирования технологического суверенитета: актуальные вопросы теории и практики : Сборник докладов региональной научно-практической конференции, Егорьевск, 20 апреля 2023 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Научный консультант", 2023. – С. 148-153. – EDN HWSGGI.
3. Современные исследования в области технических и физико-математических наук / Т. В. Аветисян, А. А. Бровченко, О. А. Бровченко [и др.]. – Нижний Новгород : Профессиональная наука, 2023. – 47 с. – ISBN 978-5-907607-22-4. – DOI 10.54092/ 978-5-907607-22-4. – EDN VMVMWT.
4. Проблемы взаимодействия человека, общества и природы: концепция устойчивого развития и ее реализация в России / П. С. Белов, А. А. Бровченко, О. А. Бровченко [и др.]. – Нижний Новгород : Профессиональная наука, 2021. – 107 с. – ISBN 978-1-312-75403-4. – EDN OZMIXI.
5. Формирование цифровой экономики и развитие сквозных цифровых технологий в России как императив новой парадигмы экономического роста / Ю. Б. Алексеева, Е. Н. Бабина, Н. В. Бабина [и др.]. – Самара : ООО НИЦ "ПНК", 2023. – 300 с. – ISBN 978-5-6049405-6-3.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901703278> (дата обращения 03.03.2024).
7. ГОСТ Р 51400-99 (ИСО 3743-1-94, ИСО 3743-2-94) Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Технические методы для малых переносных источников шума в реверберационных полях в помещениях с жесткими стенами и в специальных реверберационных камерах. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008495> (дата обращения 09.11.2022).