

Королёв Иван Борисович

*магистрант, кафедра безопасности труда, Новосибирский
государственный технический университет, Россия, г. Новосибирск.*

РАСЧЕТ АКУСТИЧЕСКОГО ЭКРАНА КАК МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОЖИДКОСТЕЙ

Аннотация. В статье рассматривается проблема шума при ультразвуковом диспергировании наножидкостей. Измерения уровня звукового давления показали превышение допустимых значений (85,3 дБА, класс условий труда 3.2). Предложена и рассчитана эффективность акустического экрана. Расчеты показали снижение уровня шума до допустимого (67,4 дБА). Сделан вывод, что установка акустического экрана может служить рациональной мерой коллективной защиты в качестве альтернативы СИЗ.

Annotation. The article discusses the problem of noise during ultrasonic dispersion of nanofluids. Measurements of the sound pressure level showed an excess of the permissible values (85.3 dBA, class of working conditions 3.2). The efficiency of an acoustic screen is proposed and calculated. The calculations showed a reduction in the noise level to an acceptable level (67.4 dBA). It is concluded that the installation of an acoustic screen can serve as a rational measure of collective protection as an alternative to PPE.

Ключевые слова: акустический экран, охрана труда, шум, средства коллективной защиты, ультразвук.

Keywords: acoustic screen, occupational safety, noise, collective protection equipment, ultrasound.

Введение

При проведении экспериментальных исследований наножидкостей одновременно с физико-химическими факторами необходимо учитывать

воздействие технологического оборудования на условия труда персонала. Одним из таких факторов является производственный шум, возникающий в процессе ультразвукового диспергирования наночастиц.

В рассматриваемой лабораторной установке на базе НГТУ для приготовления наножидкостей используется ультразвуковой диспергатор «ВОЛНА-М» [2]. Ультразвуковая обработка применяется для разрушения агломератов и равномерного распределения наночастиц в объеме трансформаторного масла, при этом работа оборудования сопровождается механическими колебаниями рабочего инструмента, вибрацией зонда и прочими акустическими процессами. В результате формируется шумовой спектр, включающий не только ультразвуковую, но и слышимую составляющую [5].

В ходе проведения измерений в лаборатории при помощи шумомера SVAN 943, были получены значения, представленные в таблице 1. Среднее значение (85,3 дБА) превышает допустимый уровень и соответствует вредным условиям труда 3.2.

Одним из наиболее рациональных решений является установка акустического экрана между источником шума и рабочим местом оператора, так как по жалобам сотрудников лаборатории систематическое ношение средств индивидуальной защиты органов слуха зачастую вызывает дискомфорт [4].

Таблица 1

Результаты расчета линейного уровня звукового давления L_{A_i} , дБА по октавным полосам для исследуемых точек 1-4

Уровни звукового давления с коррекцией А L_{A_i} (дБА) в точках замера, по октавным полосам со среднегеометрическими частотами f_i , Гц										
Точка замера	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Точка №1	37,9	44,3	44,2	51,3	55,6	61,6	75,5	84,5	82,2	82,3

Точка №2	33,8	40,3	45,2	53,3	57,6	60,6	73,9	83,1	81,2	79,5
Точка №3	39,3	45,6	44,4	63,2	72	72,7	75,3	81,9	78,8	76,3
Точка №4	33,6	40,3	44	52,2	54,8	57,4	69,6	78,6	75,4	70,8

Исходные данные и расчет акустического экрана

Предлагаемые габариты экрана: высота - 2 метра, длина - 2 метра, толщина - 0,05 метра. Расстояние от экрана до рабочего места варьируется в зависимости от расчетной точки и составляет 1 м; 2,2 м; 4,2 м; 6,4 м. В качестве конструкции рассматривается звукопоглощающая сэндвич-панель с металлическим облицовочным слоем и минеральной ватой внутри. Толщина звукопоглощающего слоя 50 мм выбрана с учётом преимущественно высокочастотного характера шума.

Эффективность экрана ΔL_i можно определить путем вычисления коэффициента k_i :

$$k_i = 0,05\sqrt{f_i} \cdot \sqrt[4]{\frac{h^2(l/b_i)^2}{1+4(a/h)^2}}, \text{ где}$$

f_i - частота звука, Гц;

h - высота экрана, м;

l - длина экрана, м;

b_i - расстояние от экрана до рабочего места, м;

a - расстояние от экрана до источника шума, м.

Результаты вычислений представлены в таблице 2. Затем по расчетному значению k_i определяют эффективность экрана ΔL_i (таблица 3).

Таблица 2

Результаты расчета коэффициента k_i для дальнейшей оценки эффективности экрана ΔL_i на различных частотах f_i , Гц

f_i , Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
------------	------	----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-------

k_1	0,47	0,67	0,94	1,33	1,88	2,66	3,76	5,32	7,52	10,64
k_2	0,32	0,45	0,63	0,90	1,27	1,79	2,54	3,59	5,07	7,17
k_3	0,23	0,33	0,46	0,65	0,92	1,30	1,83	2,60	3,67	5,19
k_4	0,19	0,26	0,37	0,53	0,74	1,05	1,49	2,10	2,97	4,20

Таблица 3

Эффективность экрана ΔL_i в зависимости от коэффициента k

k	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	7	10
ΔL_i , дБ	5	8	11	13,5	15	18	20	22	25	30

Основываясь на данных, представленных в предыдущих таблицах, определим значения эффективности экрана ΔL_i для каждой частоты f_i в каждой расчетной точке. Затем полученные значения необходимо отнять от ранее полученных эмпирических данных. Кроме того, необходимо найти значения скорректированного линейного уровня звука с коррекцией A $L_T(A_i)$ согласно ГОСТ Р 53188.1-2019 (значения в точках на рисунке 1) [1].

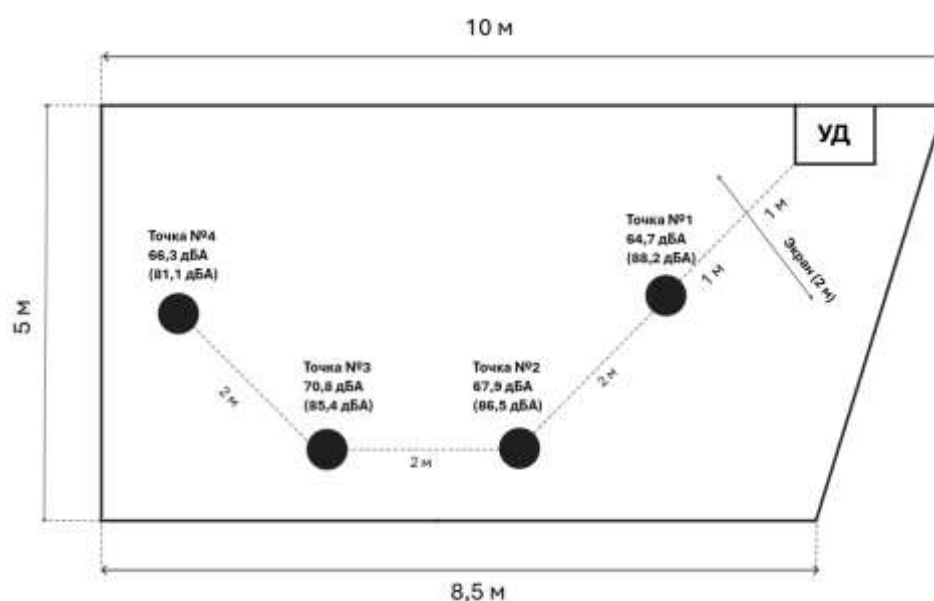


Рисунок 1. Схема помещения с условным обозначением экрана и скорректированного уровня звукового давления

Заключение

Анализируя полученные данные, наибольшее снижение достигнуто в точке №1, что объясняется прямым акустическим затенением от источника шума. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность примененного экрана: достигнуто снижение уровня шума на 14-23 дБА, что позволило привести значения в соответствие с допустимыми уровнями для всех исследуемых точек.

Важно инструментально установить, что предложенный акустический экран не является источником сторонней пыли. Его интеграция в пространство лаборатории не должно влиять на точность результатов проведения экспериментов, иначе, если экран вносит некий вклад в общий объем пыли в помещении, рекомендуется как можно более герметично обклеить поверхность, например, полиэтиленовой пленкой.

Стоит отметить, что только корректная установка акустического экрана может обеспечить необходимое снижение уровня шума в рабочей зоне.

Список литературы

1. Государственная система обеспечения единства измерений. Шумомеры. Часть 1. Технические требования : ГОСТ Р 53188.1-2019: нац. стандарт Рос. Федерации : утв. и введ. в действие Приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 23 апр. 2019 г. № 162-ст : введ. впервые : дата введ. 2019-12-01 / разработ. Обществом с ограниченной ответственностью «Производственно-коммерческая фирма Цифровые приборы» (ООО «ПКФ Цифровые приборы») — Москва : Стандартинформ, 2019 год — 42 с.
2. Королёв, И. Б. Исследование стабильности наножидкостей на основе трансформаторного масла / И. Б. Королев, Д. С. Ведерников // Наука Промышленность Оборона : Труды XXVI Всероссийской научно-технической конференции, посвященная к 80-летию Победы в Великой Отечественной войне и 75-летию НГТУ. В 4-х томах, Новосибирск, 23–25 апреля 2025 года. Том III. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2025. — С. 22-27.

3. Курдюмов, В. И. Безопасность жизнедеятельности: проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие для СПО / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. — 2-е изд. испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 221с.: 18]. цв. вкл. — Серия: Профессиональное образование.
4. Уменьшение уровня шума с помощью акустических экранов / К. С. Синицына, П. С. Белов, О. В. Никифорова [и др.] // International Journal of Professional Science. – 2025. – № 4-2. – С. 85-91.
5. Farade R. A. A review on ultrasonic alchemy of oil-based nanofluids for cutting-edge dielectric and heat transfer oils / R. A. Farade, N. I. Abdul Wahab, D.-E. A. Mansour [et al.] // Journal of Molecular Liquids. – 2024. – Vol. 408. – Art. 125312. —
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732224013692>.

References

1. State system for ensuring uniformity of measurements. Sound level meters. Part 1. Technical requirements : GOST R 53188.1-2019 : national standard of the Russian Federation : approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology No. 162-st of April 23, 2019 : introduced for the first time : date of introduction 2019-12-01 / developed by the Limited Liability Company “Production and Commercial Company Digital Devices” (LLC “PKF Digital Devices”). — Moscow : Standartinform, 2019. — P. 42.
2. Korolev, I. B. Study of the stability of nanofluids based on transformer oil / I. B. Korolev, D. S. Vedernikov // Science. Industry. Defense : Proceedings of the XXVI All-Russian Scientific and Technical Conference dedicated to the 80th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War and the 75th anniversary of NSTU. In 4 volumes, Novosibirsk, April 23–25, 2025. Volume III. – Novosibirsk : Novosibirsk State Technical University, 2025. – P. 22-27.
3. Kurdyumov, V. I. Life safety: design and calculation of safety means : textbook for vocational education / V. I. Kurdyumov, B. I. Zotov. — 2nd ed., revised and enlarged. — Moscow : Yurayt Publishing House, 2017. — 221 p. : ill. — (Series: Professional Education).

4. Reducing noise level with acoustic screens / K. S. Sinitsyna, P. S. Belov, O. V. Nikiforova [et al.] // International Journal of Professional Science. – 2025. – No. 4-2. – P. 85-91.

5. Farade R. A. A review on ultrasonic alchemy of oil-based nanofluids for cutting-edge dielectric and heat transfer oils / R. A. Farade, N. I. Abdul Wahab, D.-E. A. Mansour [et al.] // Journal of Molecular Liquids. – 2024. – Vol. 408. – Art. 125312. —

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732224013692>.