

УДК: 534.6

OECD: 1.03 AA

DOI: 10.56408/2412-8627.2026.12.2.010

Оценка воздействия производственного шума на основе треть-октавного анализа вкладов источников шума

Фиев К.П., ^{1*}, Тюрина Н.В.², Вовченко У.А.³,

¹Доцент, к.т.н., ²Профессор, д.т.н., ³Магистрант

^{1,2,3}Кафедра «Техносферная безопасность и вычислительная механика», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация

Разработана методика экспериментальных исследований уровней звукового давления производственного шума в 1/3 октавных полосах частот, позволяющая выделить вклады значимых источников шума предприятия, установить взаимосвязь влияния источников шума и изменения акустической нагрузки на территории ближайшей жилой застройки. Показано, каким образом при наличии экспериментальных данных о шумовых характеристиках источников шума, расположенных на территории промышленного предприятия, и данных о шуме на границе ближайшей жилой застройки установить основные источники шума, являющиеся причиной превышения уровней шума на территории нормируемых объектов, и разработать эффективные мероприятия по снижению шума.

Ключевые слова: уровень звука, 1/3 октавные уровни звукового давления, источник шума, вклад источника шума, шумозащитные мероприятия

Industrial noise impact assessment based on one-third-octave band analysis of noise sources contributions

Fiev K.P., ^{1}, Tyurina N.V.², Vovchenko U.A.³*

¹Ph.D., Associate Professor, ²Dr.Sc., Professor, ³Student

^{1,2,3}Department of Technosphere Safety and Computational Mechanics, Baltic State Technical University 'VOENMEH' named after D.F. Ustinov, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract

A methodology for industrial noise experimental study considering sound pressure levels in 1/3 octave bands has been developed, which allows the identification of significant noise sources at an enterprise and the establishment of the relationship between the influence of noise sources and changes in noise levels at the residential areas. The article demonstrates how, based on experimental data on the noise sources located within an industrial enterprise and on noise levels at the boundary of the nearest residential area, it is possible to identify the main sources of noise that contribute to exceeding noise levels in regulated areas and develop effective measures to reduce noise.

Keywords: *sound level, 1/3 octave band sound pressure levels, noise source, noise source contribution, noise control means*

Введение

В последние годы увеличивается количество жалоб на повышенный шум на территории жилой застройки, расположенной вблизи промышленных предприятий [1]. Длительное воздействие сверхнормативных уровней шума влияет на слух, нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает раздражение и другие негативные эффекты, а также приводит к нарушению сна [2].

Промышленные предприятия часто создают повышенную акустическую нагрузку на близлежащие жилые территории [2], [3]. Для обеспечения нормативных уровней звука требуется применение эффективных шумозащитных мероприятий, таких как акустические экраны, звукоизолирующие кожухи, капоты, перегородки, глушители, стоимость которых может исчисляться сотнями тысяч рублей [2], [4], [5]. При этом, на территории промышленных предприятий, как правило, располагаются десятки различных видов технологических устройств, машин и механизмов, излучающих повышенный шум в окружающую среду [6]. Для наиболее экономически целесообразного решения проблемы шумозащиты, необходимо понимание того, какие из источников шума предприятия действительно являются значимыми для рассматриваемой территории нормируемых объектов, а какие нет.

Для установления взаимосвязи влияния акустического воздействия источников шума предприятия на изменение шума на территории близлежащей жилой застройки разработан метод экспериментальных исследований, в рамках которого анализируются спектральные данные (1/3 октавные уровни звукового давления) об инженерно-технологическом оборудовании, генерирующем повышенный шум и аналогичные данные о шуме на ближайшей территории жилой застройки.

1 Объект исследования

В рамках исследования рассматривается внешний шум крупного металлургического предприятия. Ближайшим нормируемым объектом является жилая застройка, расположенная на расстоянии 50 м от границы предприятия (точка контроля).

В ходе оценки шумового воздействия предприятия на территорию ближайшей жилой застройки проводились одновременные натурные измерения уровней звука (УЗ), а также уровней звукового давления (УЗД) в октавных и 1/3 октавных полосах частот в дневное и ночное время, вблизи основных источников шума на территории предприятия, а также на территории жилой застройки.

2 Оценка воздействия производственного шума на территорию жилой застройки

Измерения шумовых характеристик технологического оборудования предприятия, а также УЗ и УЗД на территории ближайшего нормируемого объекта в дневное и ночное время суток проводились согласно [7] шумомерами-виброметрами и анализаторами спектра класса точности 1. Характер исследуемого шума: постоянный, широкополосный.

Результаты измерений уровней звука (УЗ) и уровней звукового давления (УЗД) в октавных полосах частот в ночное время на территории ближайшей жилой застройки представлены в таблице 1. Результаты измерений в дневное время не представлены, так как в дневное время не были выявлены превышения шума.

Анализ результатов измерений, представленных в таблице 1, показывает, что превышения УЗД над нормой для ночного времени [8] отмечены в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 500 Гц (на 8 дБ) и 1000 Гц (на 2 дБ), превышение по уровню звука составило 4 дБА.

Таблица 1 – Результаты натуральных измерений шума в ночное время суток

№ точки	Функциональное назначение	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									УЗ, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Территория, прилегающая к жилому зданию	55	55	52	48	52	42	35	26	24	49
Допустимые уровни шума в ночное время согласно [8]		83	67	57	49	44	40	37	35	33	45

Графическое отображение результатов измерений уровней звукового давления в октавных полосах частот на территории жилой застройки в ночное время при работе оборудования представлено на рисунке 1.

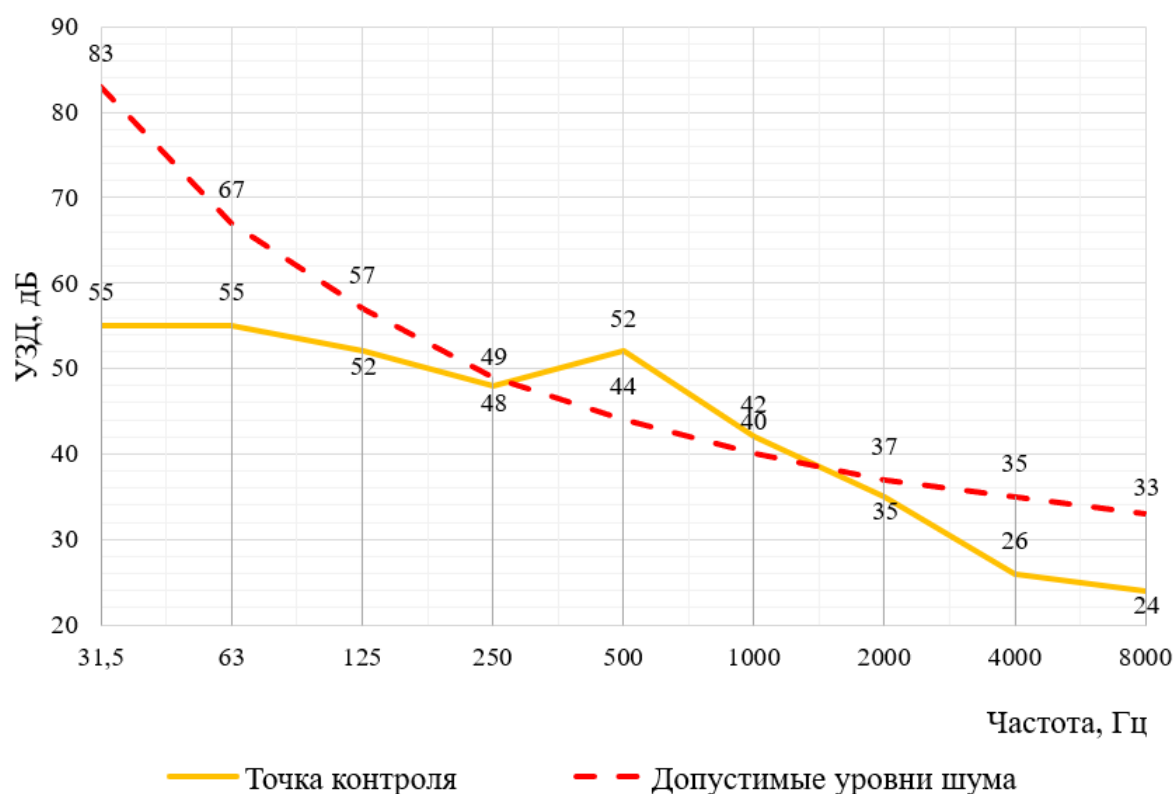


Рисунок 1 – Результаты измерений уровней звукового давления в ночное время на границе территории жилой застройки

Графическое отображение результатов измерений уровней звукового давления в 1/3 октавных полосах частот в ночное время на территории жилой застройки с учетом аппроксимации нормированных уровней шума представлено на рисунке 2. В результате сравнения фактических УЗД в точке контроля с нормативными УЗД выявлены превышения в частотном диапазоне 315-1000 Гц.

На основании полученных данных сделан вывод о том, что инженерно-технологическое оборудование промышленного предприятия вносит вклад в превышения

шума над установленными санитарными нормами для территории жилой застройки. Учитывая, что предприятие работает круглосуточно и имеет большое количество разнообразных источников внешнего шума, для разработки эффективной шумозащиты необходимо определить вклады источников шума в УЗД на территории ближайшего к предприятию нормируемого объекта, а для этого произвести инвентаризацию источников шума на предприятии.

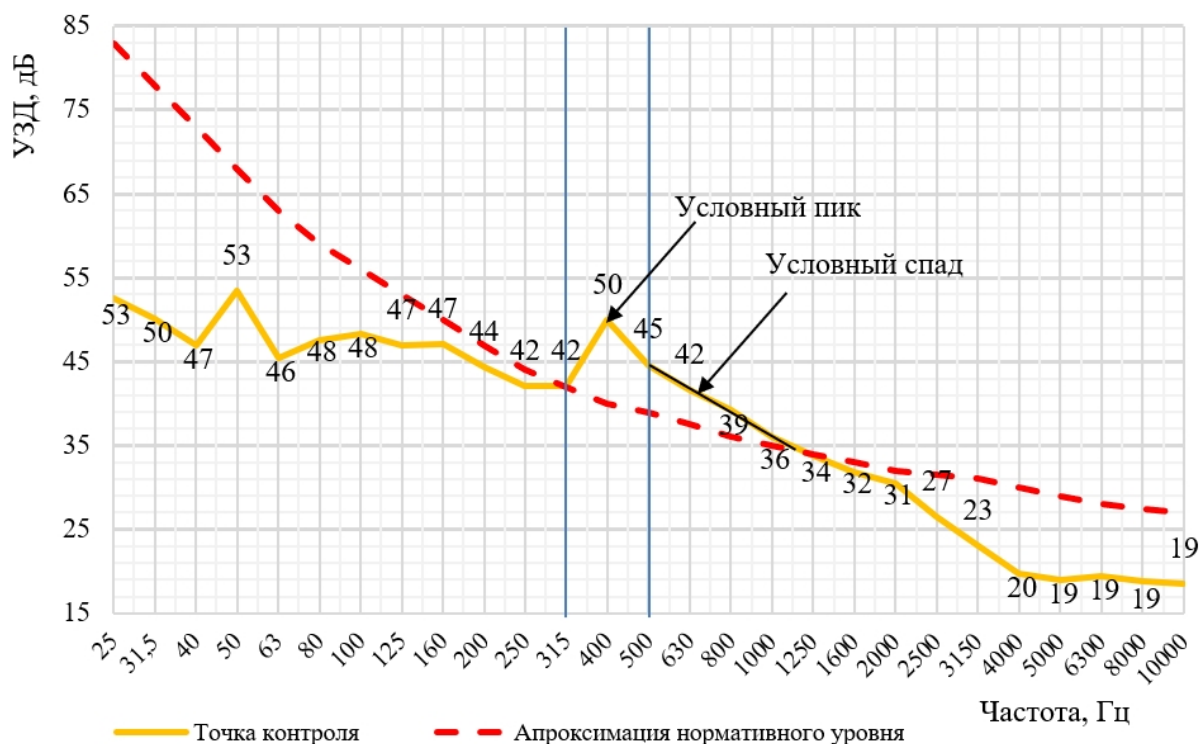


Рисунок 2 – Результаты измерения УЗД в ночное время на границе территории жилой застройки

С целью детальной оценки акустического воздействия завода на близлежащую жилую застройку выполнена инвентаризация источников шума на территории предприятия. Выявленные источники шума поделены на группы в соответствии с их близким расположением относительно друг друга.

3 Анализ вкладов источников шума

Для определения вкладов источников шума в точку контроля на территории жилой застройки использована методика, основанная на 1/3 октавном анализе спектров шума, измеренных одновременно вблизи источников шума и на территории нормируемого объекта. Сравнение спектров шума отдельных единиц оборудования со спектром в точке контроля на границе территории жилой застройки показывает, что превышения нормативов формируются конкретными источниками, что позволяет перейти от общих шумозащитных мер к адресным и экономически обоснованным.

Измерения проводились вблизи источников шума, на расстоянии, зависящем от максимального размера источника шума, в основном, на расстоянии 1 м от оборудования. На рисунках 3-5 представлены спектры основных источников шума, оказывающих влияние на формирование сверхнормативного акустического воздействия на территории ближайшей жилой застройки.

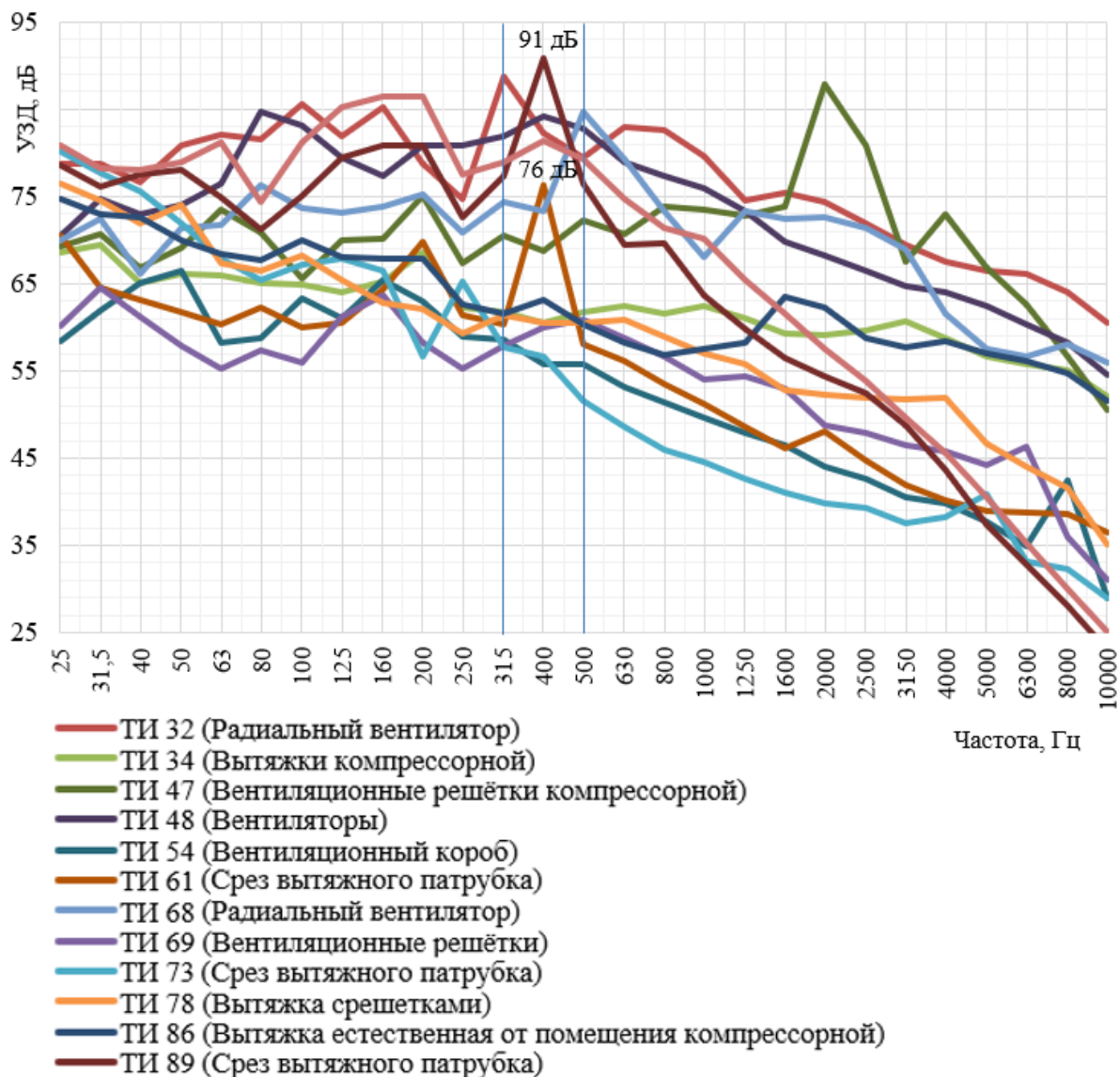


Рисунок 3 – Результаты измерений уровней звукового давления, излучаемых источниками шума первой группы

Целью анализа является поиск частотных совпадений («выявление схожих пиков») уровней звукового давления в 1/3 октавных полосах частот, измеренных на территории предприятия вблизи источников шума и на территории жилой застройки. Таким образом, необходимо проанализировать, на каких частотах в 1/3 октавных полосах частот имеются ярко выраженные «пики» УЗД.

На основании анализа данных, представленных на рисунке 3, сделан вывод о том, что в диапазоне частот от 315 Гц до 500 Гц имеются ярко выраженные пики УЗД, в частности на частоте 400 Гц, следовательно необходимо проанализировать спектры источников шума на территории предприятия с пиками УЗД на данной частоте.

Анализ вкладов источников шума, представленных на рисунке 3, показывает, что вклад вытяжного патрубка ТИ-61 на частоте 400 Гц составляет 76 дБ, а вклад вытяжного патрубка ТИ-89 равен 91 дБ. Данные источники формируют основное воздействие на уровень звука в рассматриваемой точке контроля на территории ближайшей к заводу жилой застройки.

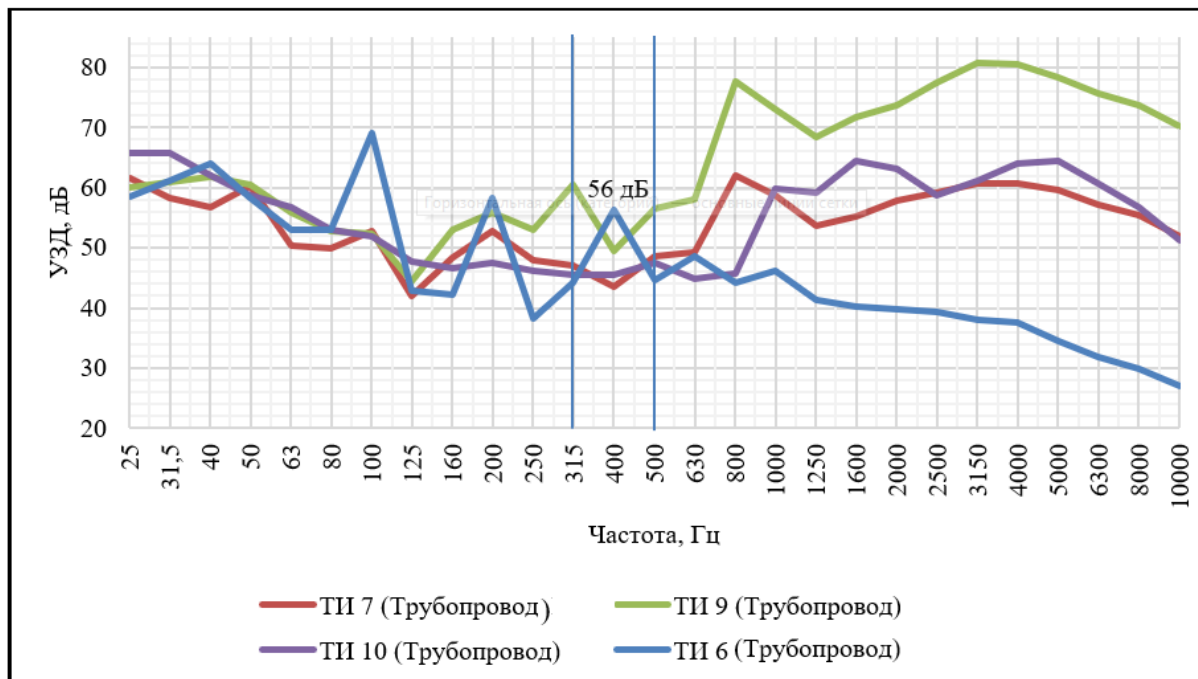


Рисунок 4 – Результаты измерений уровней звукового давления, излучаемых источниками шума второй группы

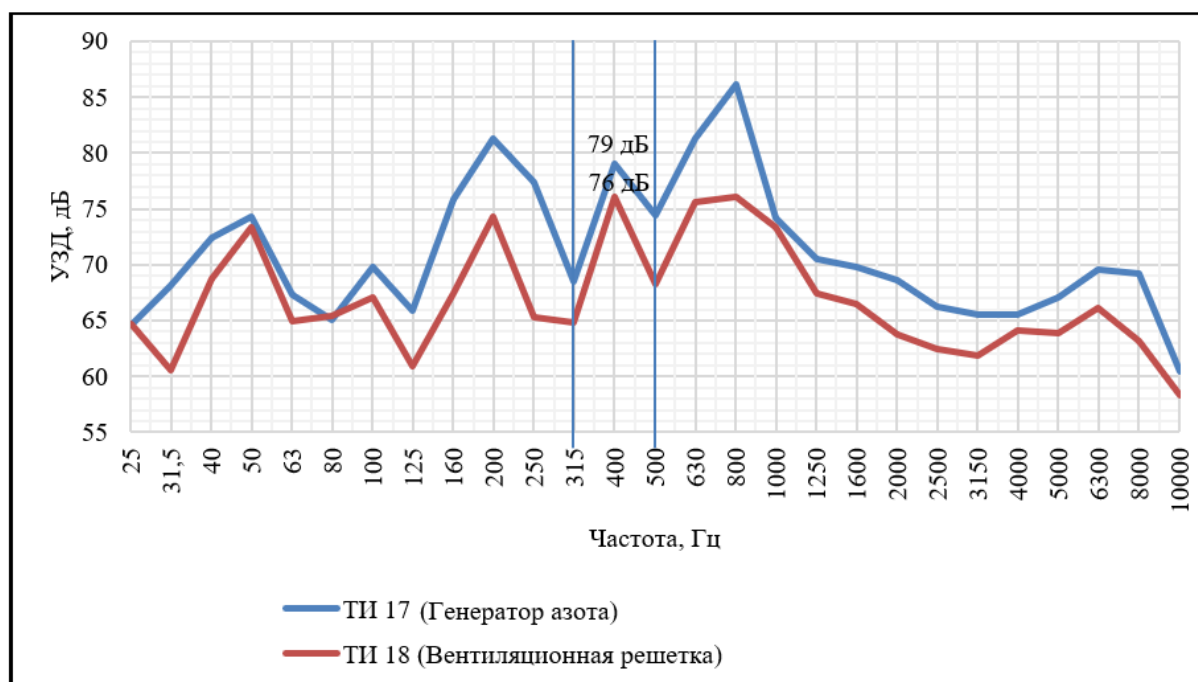


Рисунок 5 – Результаты измерений уровней звукового давления, излучаемых источниками шума третьей группы

Анализ данных, представленных на рисунке 4 показывает, что вклад трубопровода ТИ-6 в уровень звукового давления на территории рассматриваемой жилой застройки на частоте 400 Гц составляет 56 дБ, что также влияет на формирование сверхнормативной акустической нагрузки на жилую застройку в ночное время.

Как следует из результатов экспериментальных исследований, приведенных на рисунке 5, вклады генератора азота (ТИ-17) и вентиляционной решетки (ТИ-18)

на частоте 400 Гц составляют 79 дБ и 76 дБ, соответственно, и приводят к превышению шума в точке контроля на территории жилой застройки.

При анализе полученных данных стоит учесть тот факт, что все источники шума находятся на различных расстояниях от защищаемого объекта и их вклад в высокочастотном диапазоне изменяется, снижаясь с расстоянием и при огибании препятствий, однако «пик» превышений уровня звукового давления на частоте 400 Гц в точке контроля (как следует из рисунков 1-2) сохраняется.

На основании анализа выявленных вкладов источников шума, которые воздействуют на УЗД в точке контроля (на территории ближайшего нормируемого объекта), выполняется подбор эффективных шумозащитных мероприятий для источников шума, характеризующихся наиболее значимыми вкладами. Так как выявленные источники вносят основной вклад по уровню звукового давления на частоте 400 Гц, то необходимо подобрать наиболее эффективное шумозащитное мероприятие для данной 1/3 октавной полосы частот, которое приведет к снижению УЗД у источника шума, а также на территории нормируемого объекта.

Заключение

Применение метода выделения вкладов источников шума на основе 1/3 октавного анализа позволяет аргументированно установить, какие источники шума являются доминирующими, то есть служат причиной повышения уровней шума на территории нормируемых объектов. Выявление значимых источников шума позволяет принять эффективные меры по снижению их сверхнормативной нагрузки.

Список использованных источников

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2025 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025. – 424 с.
2. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник для вузов - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Логос, 2013 - 432 с.
3. Васильев А.П. Оценка, расчет и снижение внешнего шума промышленного предприятия с множественными источниками шума // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2025.
4. Natalia Tyurina, Nickolay Ivanov, Alexander Shashurin, Svetlana Bortsova Investigation of parameters influencing noise barrier efficiency// Proceedings of the 27th Annual Congress of International Institute of Acoustics and Vibration (IIAV), 11-16 July 2021. – 5p.
5. Tyurina, N. V. Prediction and design of noise barriers for stationary noise sources /N. V. Tyurina//Proceedings of the International Congress on Sound and Vibration, Vienna, Austria, 2-6 July, 2006. –2006
6. Васильев А.П. Разработка мероприятий для снижения шума вытяжных систем промышленного предприятия / Васильев А.П., Кондратьев С.А., Фиев К.П., Тюрин Н.В // Noise Theory and Practice. – 2025. – Т. 11, № 3. – С. 188-197.
7. МИ ПКФ 12-006 «Однократные прямые измерения уровней звука, звукового давления и ускорения приборами серий ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА. Метод выполнения измерений».

8. СанПиН 1.2.3685-21. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Санитарные правила и нормы: утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.21 № 2: введены в действие 01.03.21. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/516587187>.

References

1. On the State of Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population in the Russian Federation in 2025: State Report. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2025. – 424 p. MI PKF 12-006 "Single-time direct measurements of sound levels, sound pressure and acceleration by devices of the OKTAVA and ECOPHYSICS series. Measurement procedure".
2. Ivanov N.I. Engineering Acoustics. Theory and Practice of Noise Control: Textbook for Universities - 3rd Edition, Revised. and add. - M.: Logos, 2013. - 432 p.
3. Vasilyev, A.P. Assessment, Calculation, and Reduction of External Noise of an Industrial Enterprise with Multiple Noise Sources // Dissertation for the Degree of Candidate of Technical Sciences / Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov, 2025.
4. Natalia Tyurina, Nickolay Ivanov, Alexander Shashurin, Svetlana Bortsova Investigation of parameters influencing noise barrier efficiency // Proceedings of the 27th Annual Congress of International Institute of Acoustics and Vibration (IIAV), 11-16 July 2021. – 5p.
5. Tyurina, N. V. Prediction and design of noise barriers for stationary noise sources /N. V. Tyurina//Proceedings of the International Congress on Sound and Vibration, Vienna, Austria, 2-6 July, 2006. –2006
6. Vasilyev, A.P. Development of Measures for Reducing the Noise of Industrial Enterprise Exhaust Systems / A.P. Vasilyev, S.A. Kondratyev, K.P. Fiev, and N.V. Tyurina // Noise Theory and Practice. – 2025. – Vol. 11, No. 3. – pp. 188-197.
7. MI PKF 12-006 "Single-time direct measurements of sound levels, sound pressure, and acceleration using the OKTAVA and ECOPHYSICS series of devices. Measurement method".
8. SanPiN 1.2.3685-21. Sanitary and epidemiological rules and regulations. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of human habitat factors. Sanitary rules and regulations: approved by the Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 28.01.21 No. 2: put into effect on 01.03.21. – Text: electronic. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/516587187>.