

УДК: 534.6
OECD: 1.03 АА

Разработка мероприятий для снижения шума вытяжных систем промышленного предприятия

Васильев А.П.¹, Кондратьев С.А.², Фиев К.П.^{3*}, Тюрина Н.В.⁴

^{1,2}Старший преподаватель, ²к.т.н., доцент, ³д.т.н., профессор

^{1,2,3,4}Кафедра «Экология и производственная безопасность»,
Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация

С целью сокращения санитарно-защитной зоны (СЗЗ) промышленного предприятия по фактору шум выполнена оценка акустического воздействия на территорию прилегающей селитебной территории, создаваемой внешними источниками шума (вытяжные патрубки) масло-перерабатывающего цеха. Представлены результаты измерений шумовых характеристик исследуемых источников, выполненных на производственной площадке (на кровле здания цеха масло-переработке), а также уровней звукового давления на территории прилегающей жилой застройки и на границе СЗЗ. Произведена оценка акустического воздействия от вентилятора на ближайшие нормируемые объекты. Измерения, выполнялись таким образом, чтобы исключить влияние посторонних, фоновых источников (проезд автомобилей, хозяйственная деятельность населения на прилегающей территории, расположенного вблизи предприятия, и пр.) Разработаны мероприятия по снижению уровней шума от вытяжных систем.

Ключевые слова: уровень звука, шум, источник шума, вытяжные системы, шумозащитное мероприятие, звукоизолирующий кожух

Development of noise protection measures for industrial enterprise exhaust systems

Vasilyev A.P.¹, Kondratyev S.A.², Fiev K.P.^{3*}, Tyurina N.V.⁴

¹Senior Lecturer, ²Associate Professor, PhD., ³Professor, Dr.Sc.

^{1,2,3,4}Department of Ecology and Industrial Safety, Baltic State Technical University
‘VOENMEH’ named after D.F. Ustinov, St-Petersburg, Russia

Abstract

In order to reduce the sanitary protection zone (SPZ) of an industrial enterprise due to noise, the acoustic impact on the adjacent residential area caused by external noise sources (exhaust pipes) of the oil processing workshop was carried out. Results of in situ measurements of studied noise sources' characteristics performed on the roof of the oil processing workshop building, as well as the sound pressure levels in the adjacent residential area and at the SPZ boundary, are presented. Fan acoustical impact on the nearby regulated objects was studied. The measurements were performed in such a way as to exclude background noise influence (such as traffic, activity of population at the adjacent territory, etc.). Exhaust systems noise control measures have been developed.

*E-mail: fkp@iakbarier.ru (Фиев К.П.)

Keywords: sound level, noise, noise source, exhaust systems, noise control means, sound-proofed enclosure

Введение

Промышленные предприятия, как правило, являются источниками повышенного шума. На сегодняшний день в контролирующие органы поступает значительное количество жалоб на повышенный шум, который вызывает дискомфорт, беспокойство и даже специфические заболевания. Но особенно остро стоит проблема с жалобами на повышенный шум на территориях жилых застроек, располагающихся в близости и на границах СЗЗ промышленных предприятий. Современное промышленное предприятие – это скопление огромного множества инженерно-технологических устройств (транспорт, вентиляционные и вытяжные системы, насосы и компрессоры, и другие устройства), которые излучают повышенный шум на ближайшие нормируемые объекты [1], [2]. На предприятиях, для обеспечения комфортного микроклимата, устанавливают системы вентиляции. Вытяжные системы, установленные на кровле или на стене, оказывают наибольшее акустическое воздействие на ближайшую нормируемую территорию и окружающую среду в целом. Соответственно, для таких источников необходимо разрабатывать шумозащитные мероприятия, которые уменьшат их акустическое воздействие, что и предлагается в данной статье.

В качестве объекта исследования были выбраны вытяжные вентиляционные установки, расположенные на кровле производственно-логистического комплекса по глубокой переработке маслосодержащих культур высотой 34 м.

Ближайшими нормируемыми объектами являются граница СЗЗ предприятия и детский лагерь, расположенные на расстоянии от 350 м до 700 м от здания маслоперерабатывающего цеха, на крыше которого расположены исследуемые вытяжные системы.

В ходе оценки шумового воздействия вентиляционных установок проводились замеры уровней звука на территории, расположенной вблизи нормируемого объекта, а также у вытяжных агрегатов ВЗ-В6, что позволило определить параметры звукового излучения. Учитывая круглосуточную работу оборудования, акустические измерения могут выполняться в любое время суток с последующим сравнением полученных результатов с более строгими санитарными нормативами, установленными для ночного периода [3].

1 Проведение исследований текущей акустической ситуации на селитебной территории путем натурных измерений

Для оценки акустического воздействия от технологического оборудования предприятия были проведены измерения уровней шума на ближайших нормируемых объектах в дневное и ночное время суток. Характер шума: постоянный, широкополосный.

Измерения проводились согласно МИ ПКФ 12-006 [3], шумомерами-виброметрами, анализаторами спектра ЭКОФИЗИКА-110А и ОКТАВА-110А класса точности 1.

Результаты измерений в ночное время суток на границе СЗЗ и на территории ближайшей жилой застройки (детский лагерь) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты натурных замеров на границе СЗЗ в ночное время суток (работа оборудования на территории предприятия) до установки шумозащитных мероприятий

№ точки	Описание	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									$L_{\text{экв}},$ дБА	$L_{\text{макс}},$ дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1	Точка контроля №1	62	60	51	47	46	40	30	24	26	46	47
2	Точка контроля №2	56	57	51	47	41	41	32	25	26	45	46
3	Точка контроля №3	54	53	41	36	31	30	24	23	26	36	36
Допустимые уровни шума в ночное время СанПиН 1.2.3685-21 табл. 5.35. позиция 14 с 23.00 – 07.00		83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

Анализ таблицы 1 показывает, что превышения уровней звукового давления и уровней звука отмечены:

- в точке контроля №1 для октавной полосы частот 500 Гц (на 2 дБ) и уровню звука (на 1 дБА);
- в точке контроля №2 для октавной полосы частот 1000 Гц (на 1 дБ).

Превышений допустимых уровней шума в дневное время в точках контроля не выявлено, в ночное время выявлены превышения в двух точках контроля, но так как полученные уровни являются пограничными с нормативными значениями, рекомендуется разработка шумозащитных мероприятий, с целью снижения и предотвращения увеличения уровней шума на границе СЗЗ в случае увеличения мощностей предприятия и для улучшения общей акустической обстановки.

Графическое отображение результатов измерений уровней звукового давления в октавных полосах частот для точек контроля в ночное время суток при работе оборудования на территории предприятия представлены на рисунке 1.

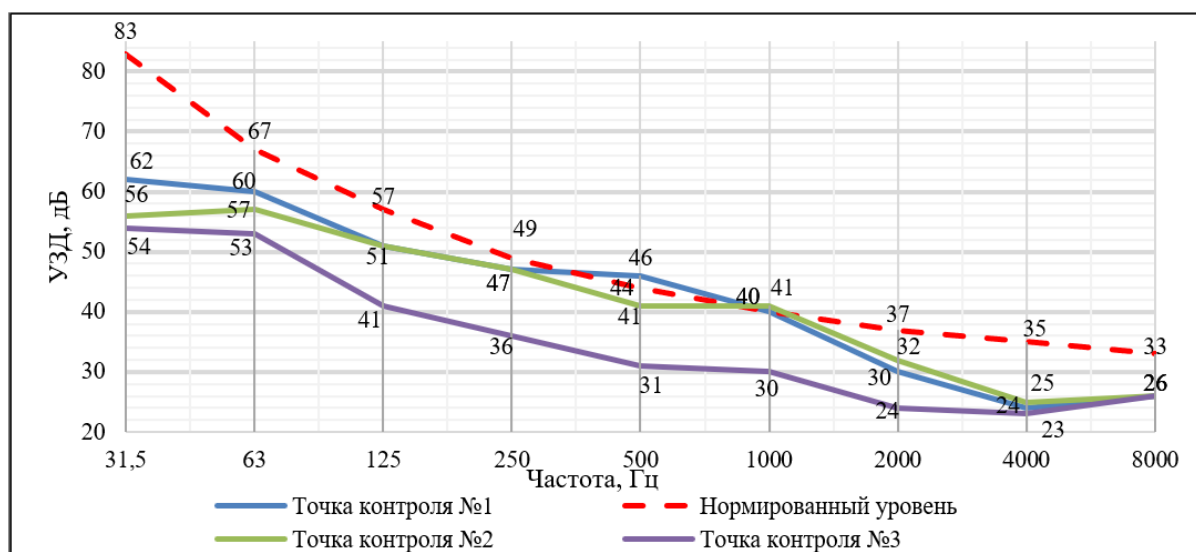


Рисунок 1 – Результаты измерений уровней звукового давления в октавных полосах частот для точек контроля в ночное время суток при работе оборудования на территории предприятия

Результаты анализа показывают, что имеется характерное увеличение уровней звукового давления в октавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц для точки контроля №1 и со среднегеометрической частотой 1000 Гц для всех точек контроля.

2 Инвентаризация источников шума на территории предприятия

На территории предприятия располагается технологическое оборудование, которое является источником воздействия на окружающую среду, в частности шумового воздействия.

Согласно предоставленным данным об источниках шума на территории объекта определены исследуемые источники шума:

- шум, создаваемый при работе крышных вытяжных систем;
- шум, создаваемый при работе вентиляций.

С целью определения акустических характеристик оборудования, расположенного на территории предприятия, были проведены измерения шума, излучаемого каждым источником, кроме оборудования, находившегося в не рабочем состоянии.

На основании натурных измерений уровней излучаемого шума на производственной территории, был составлен перечень источников шума, представленный в таблице 2.

Таблица 2 – Инвентаризация источников шума

№ ИШ	Описание ИШ	Наличие шумозащиты	УЗ, дБА	Расстояние до ИШ, м
ИШ-1	Вытяжка В1	Нет	94	1,5м
ИШ-2	Вытяжка В2	Нет	93	1,5м
ИШ-3	Вытяжка В3	Нет	93	1,5м
ИШ-4	Вытяжка В4	Нет	94	1,5м

Для оценки уровней излучаемого шума вытяжных систем были проведены измерения шума у источников шума, на основании которых была произведена оценка. Результаты измерений уровней звука (УЗ) и УЗД от источников шума представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерений на расстоянии 1,5 м от вытяжки

№ точки измерений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	80	84	92	91	90	88	87	83	74	94
2	84	82	93	92	90	87	86	81	74	93
3	84	83	91	91	90	87	86	82	72	93
4	87	87	94	94	92	89	86	80	73	94

3 Определение вкладов источников шума на основании анализа 1/3 октавных уровней звукового давления источников шума

С целью инвентаризации источников шума, выполнена серия натурных замеров уровней звукового давления (УЗД) в 1/3 октавных полосах частот, на основании результатов измерений выполнена оценка шумового воздействия.

На рисунке 2 изображены графики шумовых характеристик исследованных ИШ, которые были зафиксированы на территории предприятия до применения шумозащитных мероприятий (средние уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах частот для основных источников шума, находящихся на территории предприятия).

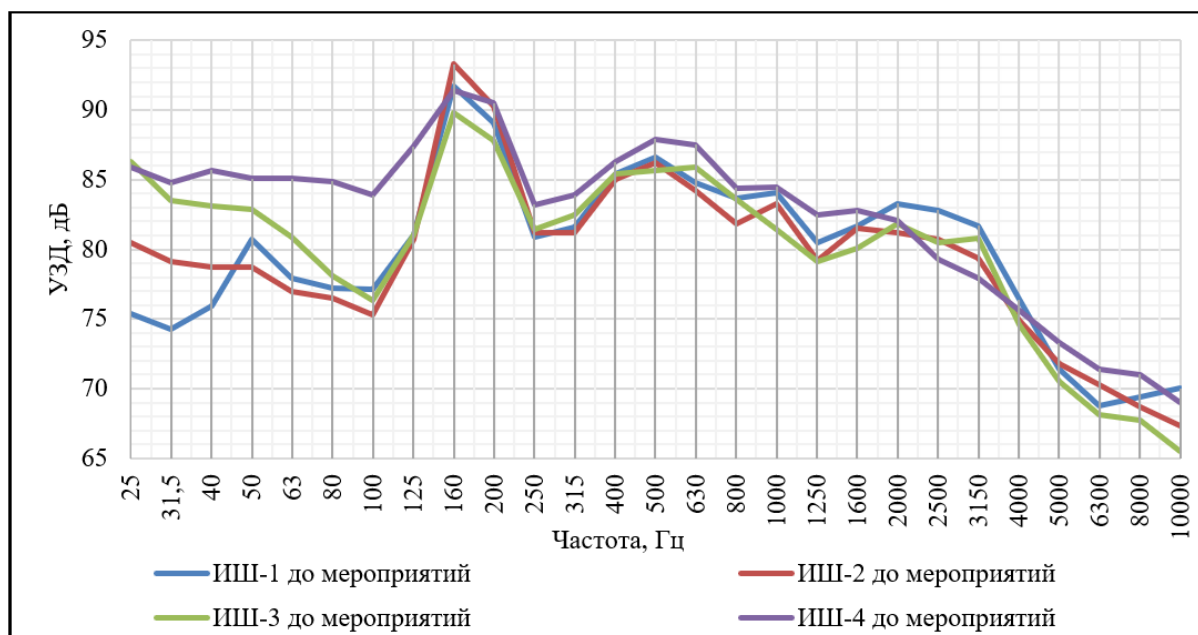


Рисунок 2 – Результаты измерений уровней звукового давления в 1/3 октавных полосах частот в ближнем поле источников шума (до применения шумозащитных мероприятий)

Из анализа данных, представленных на рисунке 2, можно сделать вывод, что вытяжные системы на кровле масло-перерабатывающего цеха для 1/3 октавной полосы со среднегеометрической частотой 160 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц и 3150 Гц могут оказывать наибольшее влияние на процесс шумообразования в точках контроля, расположенных на границе СЗЗ и ближайшей жилой застройки. На рисунке 3 представлены схемы вытяжных систем, подлежащих защите от шума.

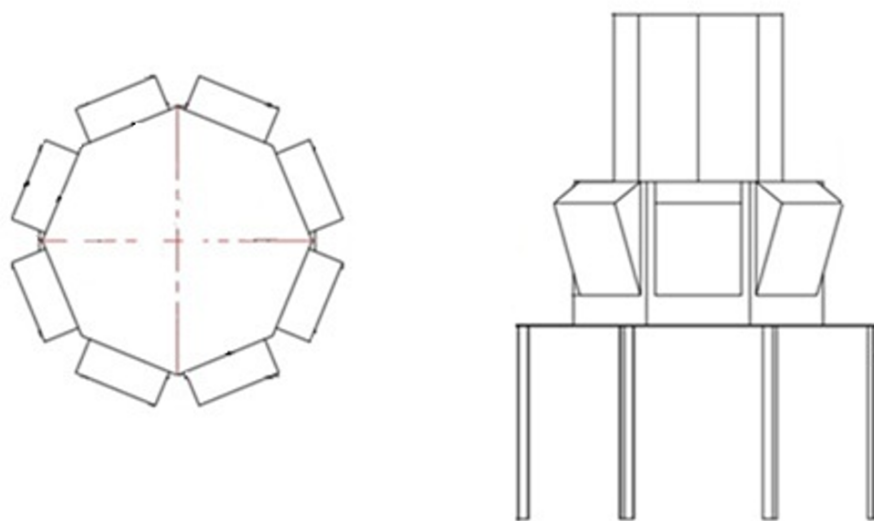


Рисунок 3 – Схемы вытяжных систем

4 Определение необходимой эффективности шумозащитных мероприятий

Произведенные расчёты шума существующего положения осуществлены при помощи математической модели предприятия в программном комплексе «АРМ Акустика 3», в котором реализуются расчетные методики российской нормативной документации, представленные в том числе в ГОСТ 31295.2-2005. «Шум. Затухание звука при распространении на местности. ч.2. Общий метод расчета» и других документах.

Требуемое снижение шума исследуемого вентилятора представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Требуемое снижение исследуемых источников шума

Источник шума	Наименование источника шума	Требуемое снижение уровней звукового давления, дБ, в октавных полосах, со среднегеометрическими частотами, Гц								
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ИШ-1	Вытяжка В3	0	0	0	0	1	3	1	0	0
ИШ-2	Вытяжка В4	0	0	0	0	2	4	0	0	0
ИШ-3	Вытяжка В5	0	0	0	0	1	3	2	0	0
ИШ-4	Вытяжка В6	0	0	0	0	1	3	0	0	0

Определение требуемого снижения октавных УЗД в расчётной точке, производилось согласно [5]. Фактическая эффективность рекомендованной шумозащитной конструкции оказалась выше требуемого снижения во всех октавных полосах со среднегеометрическими частотами.

5 Описание разработанной шумозащитной конструкции

Для снижения шума от крышных вытяжных систем применяются специальные звукопоглощающие кожухи со звукоизолированными вентиляционными проёмами. Для снижения шумового излучения исследуемого источника предусмотрен к применению кожух, состоящий из гибких акустических огнеупорных и водостойких оболочек, наполненных минеральной ватой. Кожухи собираются из самонесущих звукопоглощающих панелей в замкнутую конструкцию, препятствующую распространению шума во все стороны.

На рисунке 4 показана схема предлагаемой шумозащитной конструкции. На рисунке 5 представлена фотофиксация кожуха, который реализован на вытяжном патрубке.

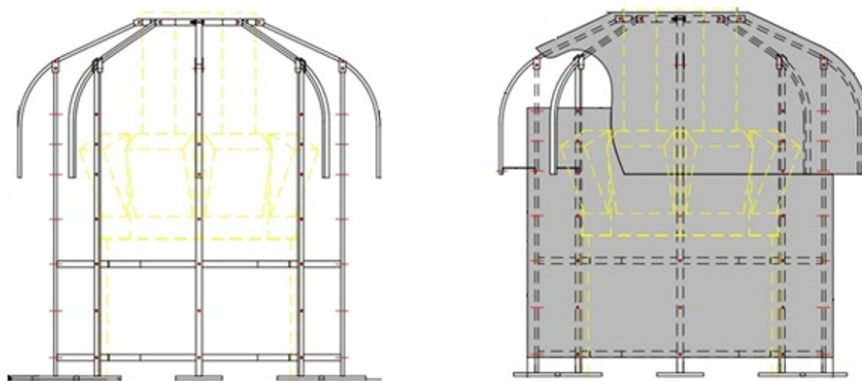


Рисунок 4 – Схема звукоизолирующего кожуха



Рисунок 5 – Кожух для снижения шума вытяжной системы

6 Результаты замеров шумового излучения вытяжными система после реализации шумозащитных мероприятий

На рисунке 6 изображены графики измерений в ближнем поле уровней звукового давления (УЗД) до и после применения шумозащитных мероприятий (звукоизолирующих кожухов), установленных на вытяжные системы.

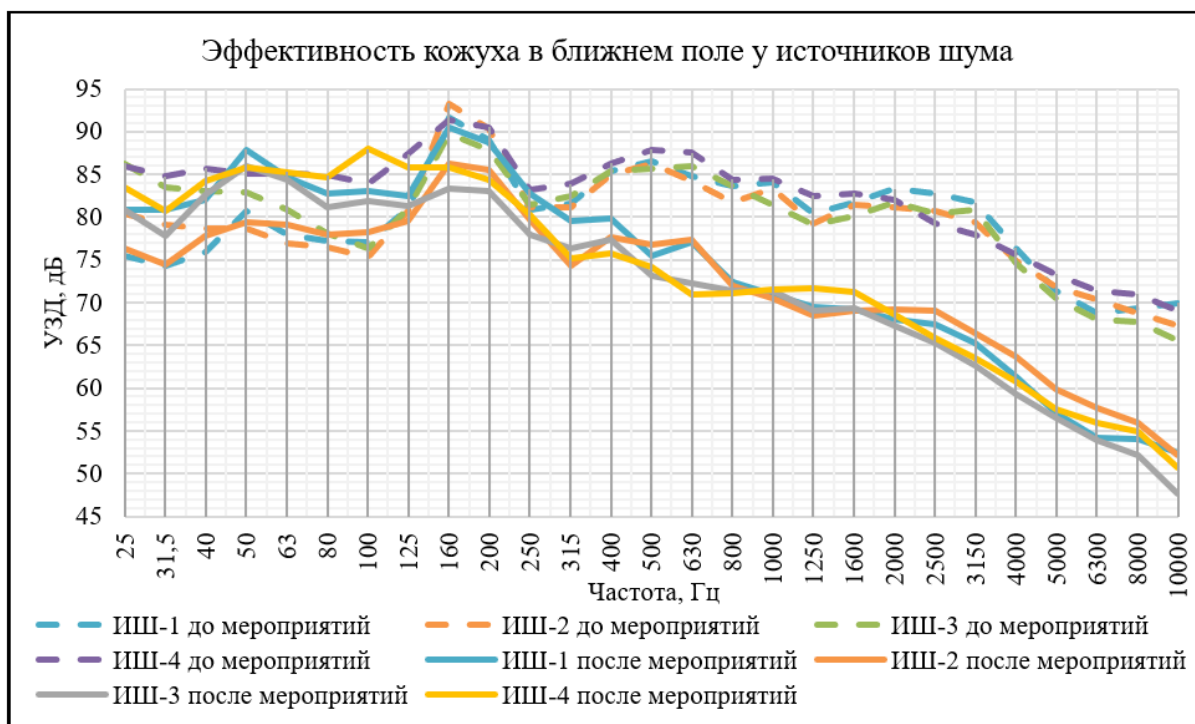


Рисунок 6 – Результаты измерений УЗД до и после установки на вытяжные системы кожухов

Результаты измерений в ночное время суток на границе СЗЗ и на территории ближайшей жилой застройки (детский лагерь) после введения шумозащитных мероприятий (при работающем оборудовании на территории предприятия) представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты натурных замеров на границе СЗЗ в ночное время суток после установки шумозащитных мероприятий

№ точки	Описание	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									$L_{\text{экв}},$ дБА	$L_{\text{макс}},$ дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1	Точка контроля №1	62	53	47	40	40	38	30	18	16	42	42
2	Точка контроля №2	64	54	48	45	38	37	33	29	25	42	42
3	Точка контроля №3	61	51	36	29	27	24	20	17	16	31	31
Допустимые уровни шума в ночное время СанПиН 1.2.3685-21 табл. 5.35. позиция 14 с 23.00 – 07.00		83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

Графическое отображение результатов измерений уровней звукового давления в октавных полосах частот для точек контроля в ночное время суток при работе оборудования после установки шумозащитных мероприятий на территории предприятия представлены на рисунке 7.

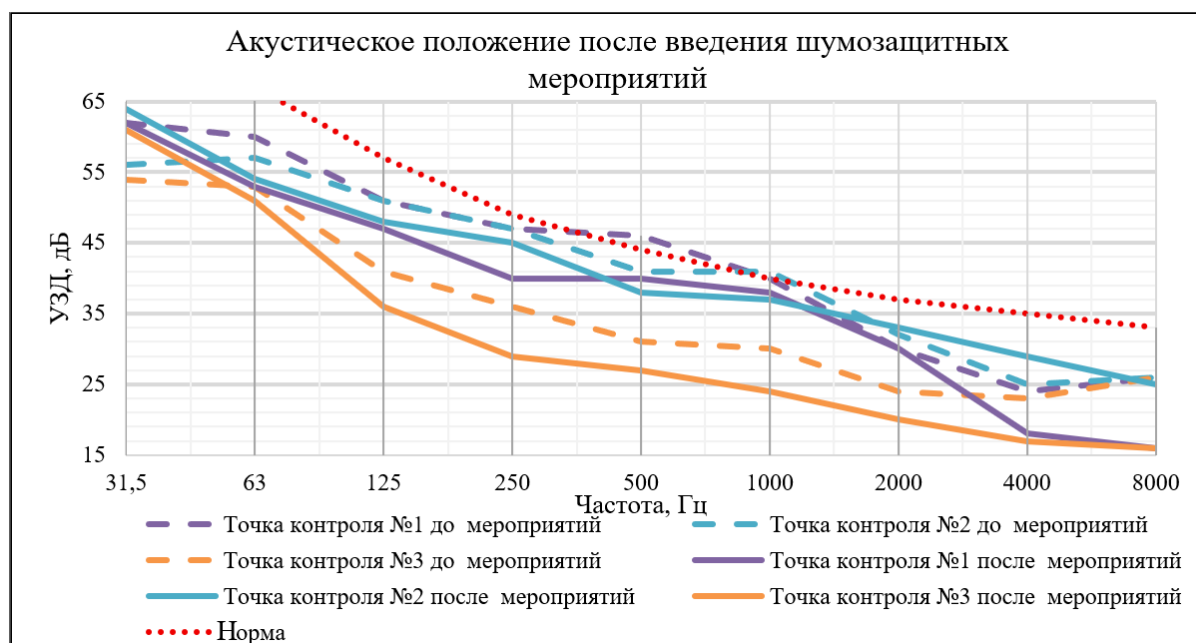


Рисунок 7 – Результаты измерений уровней звукового давления в октавных полосах частот в ночное время суток при работе оборудования после установки шумозащитных мероприятий на территории предприятия

Как следует из анализа результатов измерений УЗД после внедрения шумозащитных мероприятий не превышают установленных допустимых значений.

Заключение

По результатам натурных замеров акустического воздействия вытяжных установок выявлены нарушения нормативов по шуму. В жилой зоне зафиксировано превышение допустимых значений звукового давления в ночной период на 1 дБА согласно регламентирующему документу [5]. Непосредственно возле вытяжного оборудования (на расстоянии 1,5 метра) зарегистрирована интенсивность звука 93-94 дБА, что существенно выше нормируемых показателей для селитебных территорий. Полученные данные обосновывают необходимость внедрения специальных шумозащитных мероприятий. В качестве шумозащитного мероприятия рекомендовано использовать звукоизолирующие кожухи на вытяжках. Шумозащитные мероприятия позволили снизить уровни шума до нормативных значений.

Список использованных источников

1. Светлов В.В. Снижение уровней шума в жилой застройке от инженерно-технологического оборудования предприятий // Noise Theory and Practice. - № 6(4). - 2020. - С. 115-127.
2. Комарова Е.Г. Решение трехмерной обратной задачи по определению уровня шума на границе санитарно-защитной зоны промышленного предприятия, Комарова Е.Г., Пименов И.К.// Noise Theory and Practice. - № 4(3). - 2018. - С. 15-21.
3. 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>.
4. МИ ПКФ 12-006 «Однократные прямые измерения уровней звука, звукового давления и ускорения приборами серий ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА. Методика выполнения измерений».
5. Свод правил СП 51.13330.2011 «Защита от шума» Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 // Техэксперт: [Электронный ресурс]. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097> (дата обращения 29.07.2025).

References

1. Svetlov V.V. Reduction of noise levels in residential buildings from engineering and technological equipment of enterprises // Noise Theory and Practice. - № 6(4). - 2020. - p. 115-127.
2. Komarova E.G. Solution of the three-dimensional inverse problem of determining the noise level at the border of the sanitary protection zone of an industrial enterprise, Komarova E.G., Pimenov I.K.// Noise Theory and Practice. - № 4(3). - 2018. - С. 15-21.
3. 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".
4. Code of rules SP 51.13330.2011 "Protection against noise" Updated version of SNiP 23-03-2003 // Tekhekspert: [Electronic resource]. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097> (accessed on 29.07.2025).

5. 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>.