

УДК: 534.833.522.4

OECD: 01.03.AA

Снижение уровней шума в жилой застройке от инженерно-технологического оборудования предприятий

Светлов В.В.

Ведущий инженер-эксперт ГБУ «ЦЭИИС», г. Москва, РФ

Аннотация

Показано, что инженерно-технологическое оборудование предприятий является источником повышенного шумового воздействия на территории прилегающей жилой застройки, что приводит к обоснованным жалобам населения. Рассмотрены два метода определения инженерно-технологического оборудования предприятия, оказывающего основной вклад на уровень шума в жилой застройке. Произведена классификация инженерно-технологического оборудования предприятий в зависимости от уровней звуковой мощности, присвоены классы шумности. Рассмотрены основные применяемые шумозащитные мероприятия, определены наименее изученные схемы их применения. Предложены пять расчетных схем, в которых произведено уточнение существующих методов расчета акустической эффективности. Даны рекомендации по снижению зоны акустического дискомфорта от стационарных источников шума.

Ключевые слова: шум инженерно-технологического оборудования, жилая застройка, источники шума, шумозащитные мероприятия.

Reducing noise from the enterprise process and utility systems in the residential development

Svetlov V.V.

Chief engineer-expert, State Budgetary Institution of the city of Moscow 'Center for Expertise, Research and Testing in Construction', Moscow, Russia

Abstract

It is shown that the enterprise process and utility systems are a source of excessive noise impact on the territory of adjacent residential development, which leads to justified complaints from the population. Two methods for determining the enterprise process and utility systems that make the main contribution to the noise level in residential development are considered. Classification of the enterprise process and utility systems depending on sound power levels is made, noise classes are assigned. The main applied noise mitigation measures are considered, the least studied schemes of their application are defined. Five calculation schemes are proposed, in which the existing methods for calculating acoustic efficiency are refined. Recommendations for reducing the zone of acoustic discomfort from stationary noise sources are given.

Keywords: *noise from process and utility systems, residential development, noise sources, noise mitigation measures.*

Введение

Согласно [1] и [2] из многообразия факторов физического воздействия на население шум занимает лидирующее место. Уровни шума в жилой застройке, создаваемые работой инженерно-технологического оборудования предприятий (стационарных источников шума), являются причиной повышенных жалоб населения. Из числа наиболее часто встречающихся категорий источников шума (ИШ) можно выделить: вентиляционное оборудование, чиллеры, компрессорные установки, дизель-электростанции, градирни. Уровни звука от этих стационарных ИШ в близрасположенной жилой застройке могут достигать 60-65 дБА, что превышает допустимые уровни, установленные санитарными нормами, на 20-25 дБА для ночного времени суток[3].

В литературе известны практические решения по снижению шума в источнике возникновения (например, вентиляционных систем, компрессорных установок). Средства снижения шума от стационарных источников на пути распространения рассмотрены в малом объеме, в большинстве работ не описан порядок их применения и выбора основных параметров, влияющих на акустическую эффективность[4-7]. Общая для всех рассматриваемых ИШ мера защиты от шума на пути распространения, например, установка шумозащитных экранов или кожухов, недостаточно изучена.

Целью настоящей работы являлось обоснование технических решений, направленных на снижение акустического загрязнения от стационарных источников шума в жилой застройке.

1. Шум в жилой застройке от стационарных источников

В жилой застройке шумовое поле создается за счет комбинации работы различных стационарных источников шума предприятий. При анализе источников излучения доминирующие позиции занимают системы вентиляции и технологическое оборудование.

Результаты измерений уровней звукового давления (УЗД) в жилой застройке для некоторых предприятий с указанием работы наиболее типовых источников шума приведены на рис. 1.

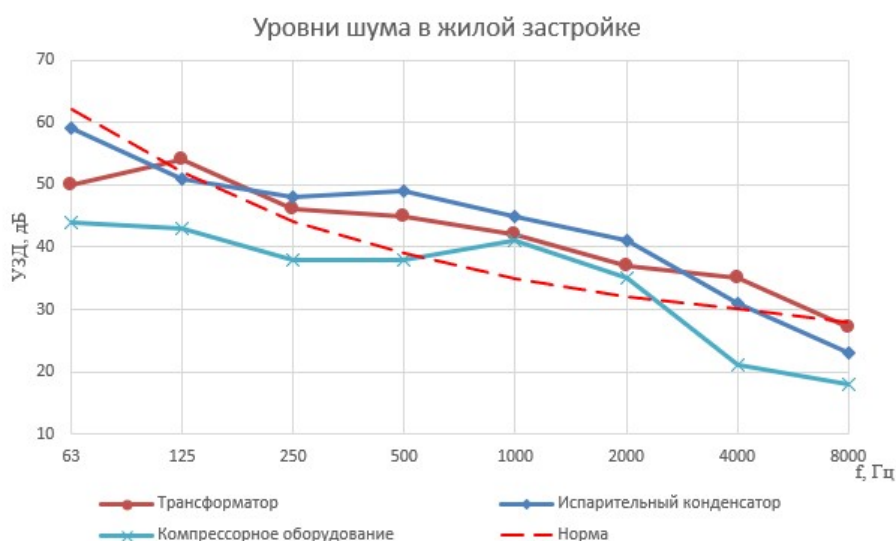


Рис. 1. Уровни шума в жилой застройке при работе инженерно-технологического оборудования предприятий

Из анализа данных рис. 1 можно сделать вывод, что УЗД в жилой застройке

от работы стационарных источников шума превышает предельно допустимые значения, установленные санитарными нормами на 1-22 дБ.

При исследовании шума в жилой застройке возникает задача поиска источников, вносящих наибольший вклад, которая может быть решена как путем поочередного выключения ИШ[8], так и более новым методом, основанным на узкополосном анализе уровней звукового давления, измеренных на прилегающей нормируемой территории и у наиболее шумных источников предприятия[9].

Метод, описанный в [9] обладает высокой точностью и позволяет решать задачу поиска основных источников, не останавливая или не нарушая технологические процессы даже для предприятий с большим числом ИШ.

2. Акустические характеристики и зона акустического дискомфорта стационарных источников шума

Для наиболее распространенного инженерно-технологического оборудования предлагается провести анализ акустических характеристик и выполнить ранжирование в зависимости от шумности (по параметру – скорректированный уровень звуковой мощности) на 10 категорий с шагом 5 дБА. Категория 1 устанавливалась для источников с скорректированным уровнем звуковой мощности (УЗМ) до 70 дБА, категория 10 – свыше 110 дБА. Полученная классификация стационарных источников шума по категориям с указанием скорректированных УЗМ источников представлена в таблице 1.

Таблица 1

Классификация стационарных источников шума по категориям

№ п/п	Группа источников	Категория шумности	УЗМ, дБА	Примеры источников
1	Производственная вентиляция	1 – 10	65 – 114	Вентиляторы серий: ВР 80-75, ВР 280-46, ВР 132-30 и ВКР
2	Аспирационные системы	4 – 10	81 – 119	Вентиляторы серий: ВЦ 5-35, ВЦ 5-45, ВЦ 5-50, ВЦ 6-20, ВР 12-26, ВЦП 7-40
3	Тягодутьевые машины	4 – 10	91 – 125	Вентиляторы серий: ДН-8 – ДН-15
4	Системы кондиционирования	2 – 5	70 – 90	Конденсаторы с мощностью от 11 кВт до 1165 кВт
5	Холодильные системы	4 – 6	80 – 95	Агрегаты с расходом воздуха от 52000 м ³ /ч до 252000 м ³ /ч
6	Производственные градирни	4 – 10	80 – 115	Устройства секционные с частотой вращения 750–1500 об/мин и диаметром вентилятора 500–2000 мм

Таблица 1 (Продолжение)

№ п/п	Группа источников	Категория шумности	УЗМ, дБА	Примеры источников
7	Компрессорное оборудование	1 – 6	66 – 94	Винтовые компрессоры с максимальным рабочим давлением 7,5 – 13 бар Поршневые компрессоры с максимальным рабочим давлением 10 – 30 бар
8	Дизель-генераторные установки	5 – 7	85 – 99	Установки с мощностью от 7 кВт до 1016 кВт
9	Трансформаторное оборудование	1 – 5	59 – 89	Устройства с мощностью от 100 кВт до 25000 кВА

Согласно предложенной классификации, наиболее широкий диапазон категорий установлен для систем вентиляции, аспирационных систем, тягодутьевых машин и производственных градирен. К категории с самыми высокими УЗМ относятся тягодутьевые машины, к категории с низкими УЗМ – трансформаторное оборудование и системы кондиционирования.

Используя формулы [10] расчетным путем может быть установлена зона акустического дискомфорта на границе которой ожидается достижение нормативных значений на территории жилой застройки для ночного времени суток (40 дБА)[11]. Расчеты для ранее выделенных категорий источников шума приведены в таблице 2.

Таблица 2

Классификация и зона акустического дискомфорта от стационарных источников шума

Класс шумности	Наименование класса	УЗМ источников, дБА	Зона акустического дискомфорта, м	Источники
I	Малозумные	до 70	25	<ul style="list-style-type: none"> ● Вентиляция Категории 1; ● ТП Категории 1; ● Компрессорное оборудование Категории 1.
II	Шумные	от 70 до 75	50	<ul style="list-style-type: none"> ● Вентиляция Категории 2; ● ТП Категории 2; ● Системы кондиционирования Категории 2; ● Компрессорное оборудование Категории 2.

Таблица 2 (Продолжение)

Класс шумности	Наименование класса	УЗМ источников, дБА	Зона акустического дискомфорта, м	Источники
III	Повышенной шумности	от 75 до 80	100	<ul style="list-style-type: none"> • Вентиляция Категории 3; • Системы кондиционирования Категории 3; • ТП Категории 3; • Компрессорное оборудование Категории 3.
IV	Очень шумные	от 80 до 85	200	<ul style="list-style-type: none"> • Вентиляция Категории 4; • Аспирационные системы Категории 4; • Тягодутьевые машины Категории 4; • Системы кондиционирования Категории 4; • Холодильные системы; • Производственные градирни Категории 4; • Компрессорное оборудование Категории 4; • ТП Категории 4.
V	Сверхшумные	от 85 до 90	400	<ul style="list-style-type: none"> • Вентиляция Категории 5; • Аспирационные системы Категории 5; • Тягодутьевые машины Категории 5; • Системы кондиционирования Категории 5; • Холодильные системы; • Производственные градирни Категории 5; • Компрессорное оборудование Категории 5. • ДГУ Категории 5; • ТП Категории 5.

Таблица 2 (Продолжение)

Класс шумности	Наименование класса	УЗМ источников, дБА	Зона акустического дискомфорта, м	Источники
VI	Опасно шумные	свыше 90	800	<ul style="list-style-type: none"> ● Вентиляция Категории 6-10; ● Аспирационные системы Категории 6-10; ● Тягодутьевые машины Категории 6-10; ● Холодильные системы Категории 6; ● Производственные градирни Категории 6-10; ● Компрессорное оборудование Категории 6. Категории 6; ● ДГУ Категории 6-7.

Все исследования стационарных ИШ в зависимости от скорректированного УЗМ источника предлагается разделить на 6 классов, которые определяют зону акустического дискомфорта:

- Класс I (малошумные), зона акустического дискомфорта 25 м, т.е. на этом расстоянии шум соответствует требованиям санитарных норм;
- Класс II (шумные), зона акустического дискомфорта 50 м, скорректированные УЗМ от 70 до 75 дБА;
- Класс III (повышенной шумности), зона акустического дискомфорта 100 м, скорректированные УЗМ от 75 до 80 дБА;
- Класс IV (очень шумные), зона акустического дискомфорта 200 м, скорректированные УЗМ от 80 до 85 дБА;
- Класс V (сверхшумные), зона акустического дискомфорта 400 м, скорректированные УЗМ от 85 до 90 дБА;
- Класс VI (опасно шумные), зона акустического дискомфорта 800 м, скорректированные УЗМ свыше 90 дБА.

3. Шумозащитные мероприятия

Наиболее эффективным решением проблемы ослабления шума является снижение в источнике образования (первичные меры). Дополнительные меры, применяемые на пути распространения шума (вторичные меры), могут оказаться менее удобными из-за их влияния на производственные задачи и процессы. Поэтому при оценке состояния средств и методов снижения шума, с точки зрения удобства реализации, главным приоритетом является ослабление излучения шума источником. К таким мероприятиям могут относиться:

- снижение частоты вращения движущихся частей оборудования (снижение УЗ до 16 дБА при уменьшении частоты вращения вентиляторов вдвое);
- изменение направленности излучения (снижение УЗ на 2 дБА при изменении направленности излучения ИШ с 0° до 45°, 5 дБА – с 0° до 90°);
- виброизоляция оборудования (снижение УЗ до 5 дБА);

- глушители шума (снижение УЗ от 13 до 20 дБА).

Наименее изученными в действующей нормативной документации [10,12] являются такие средства снижения шума как кожухи и технологические шумозащитные экраны (ШЭ).

В настоящей работе рассмотрены такие расчетные схемы, где ИШ расположены в специфических условиях полузамкнутого пространства, обусловленного наличием различных отражающих или частично поглощающих поверхностей. Основное допущение – образование в полузамкнутом условном объеме звукового поля, которое можно полагать квазидиффузным (по признаку изотропности). Корректность такого допущения была доказана в [13].

Такое звуковое поле образуется, когда ИШ располагается вблизи нескольких ограждающих поверхностей, совокупность которых и образует условный объем. Это характерно, когда ИШ закрывался ограждениями, к которым относятся так называемые технологические шумозащитные экраны (рисунок 2).

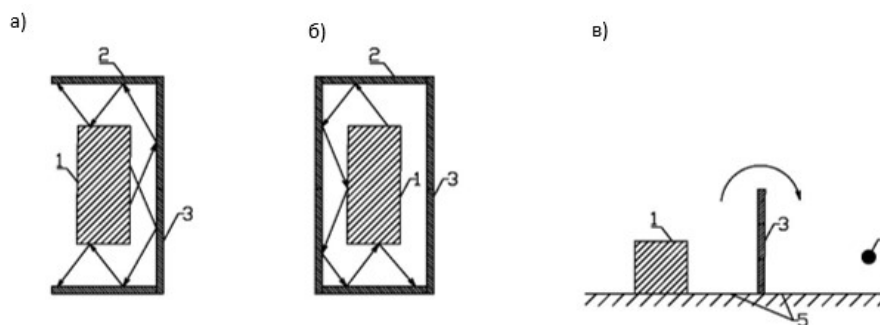


Рис. 2. Формируемые условные объемы технологических ШЭ

(а) и (б) – вид сверху; (в) – вид сбоку: 1 – ИШ, 2 – боковой ШЭ, 3 – фронтальный ШЭ, 4 – РТ, 5 – отражающая опорная поверхность, \rightarrow – отраженный звук в объеме, \curvearrowright – дифракция звука на свободном ребре ШЭ

Предложено к рассмотрению 5 основных расчетных схем и формул для расчета эффективности шумозащитных мероприятий:

В схеме №1 звук дифрагирует через фронтальную часть ограждения и с учетом дивергенции попадает в РТ, расположенную в условиях свободного звукового поля. В схеме №2 звук дифрагирует через боковой отгон. В схеме №3 особенность прохождения звука в РТ обусловлена учетом высоты расположения ИШ и ограждающей конструкции, от которой звук распространяется в условиях свободного звукового поля. В схеме №4 ограждающая конструкция также расположена на высоте, но РТ расположена вблизи отражающих конструкций. В схеме №5 шумозащитный кожух можно представить как замкнутый объем, через ограждающие конструкции которого в окружающую среду распространяется акустическая энергия.

При выводе формул для расчета по данным схемам приняты допущения:

- поле внутри капота квазидиффузное;
- стенки капота изготовлены из однородных стальных листов с единообразным креплением к каркасу;
- на звукоизоляционную способность стенок кожуха влияют резонансные явления.

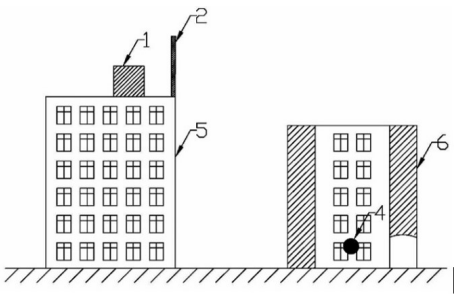
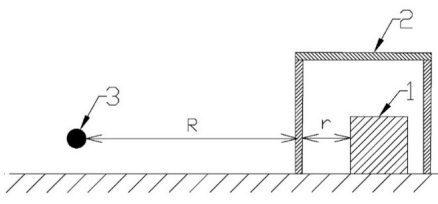
Результаты вывода формул для расчета эффективности шумозащитных мероприятий по предложенным схемам представлены в таблице 3.

Таблица 3

Расчетные схемы и формулы

№ п/п	Расчетная схема	Обозначения на схеме	Формулы расчетов
1		1 – ИШ, 2 – боковой отгон, 3 – фронтальная часть, 4 – РТ, 5 – опорная поверхность между ИШ и ШЭ, 6 – дифракция звука.	$\Delta L_{PT} = L_{W_{ИШ}} +$ $+ 10 \lg [1 - \bar{\alpha}_{об}] -$ $- 10 \lg \left[\frac{h_{ЭКР}^{\text{эф}}}{\lambda} \right] -$ $- \text{ПД}^{\text{ФР}} -$ $- 10 \lg [\Psi_{об}] -$ $- 10 \lg \left[\frac{A_{об}}{A_0} \right] -$ $- 10 \lg \left[\frac{R_i}{R_0} \right] + K_1 +$ $+ K_2 - 7, \text{ дБ}$
2		1 – ИШ, 2 – боковой отгон, 3 – фронтальная часть, 4 – РТ, 6 – дифракция звука.	$\Delta L_{PT} = L_{W_{ИШ}} +$ $+ 10 \lg [1 - \bar{\alpha}_{об}] -$ $- 10 \lg \left[\frac{h_{бок}}{\lambda} \right] -$ $- \text{ПД}^{\text{бок}} -$ $- 10 \lg [\Psi_{об}] -$ $- 10 \lg \left[\frac{A_{об}}{A_0} \right] -$ $- 10 \lg \left[\frac{R_1}{R_0} \right] + K_3 +$ $+ K_4 - 7, \text{ дБ}$
3		1 – здание, 2 – ИШ, 3 – ШЭ, 4 – РТ, 5 – защищаемый объект, 6 – условная РТ для объекта, 7 – расположение на одной плоскости (8) с ШЭ, 9 – линия, соединяющая вершину ШЭ с ИШ, 10 – линия, соединяющая РТ (6) и вершину ШЭ, 11 – расстояние (линия) между вершиной ШЭ установленного на здании и РТ (4), φ_1 – угол между линией (9) и (11), φ_2 – угол между линией (9) и (10)	$\Delta L_{PT} = L_{W_{ИШ}} +$ $+ 10 \lg [1 - \bar{\alpha}_{об}] -$ $+ 10 \lg [1 - \bar{\alpha}_{ЭКР}] -$ $- 10 \lg \left[\frac{h_{ЭКР}^{\text{эф}}}{\lambda} \right] -$ $- \text{ПД}^{\text{ФР}} -$ $- 10 \lg [\Psi_{об}] -$ $- 10 \lg \left[\frac{A_{об}}{A_0} \right] -$ $- 10 \lg \left[\frac{R_i}{R_0} \right] + K_5 +$ $+ K_6 - 7, \text{ дБ}$

Таблица 3 (Продолжение)

№ п/п	Расчетная схема	Обозначения на схеме	Формулы расчетов
4		1 – ИШ, 2 – боковой экран, 3 – фронтальный экран, 4 – РТ, 5 – отражающие звук ограждения.	$\begin{aligned} \Delta L_{РТ} = & L_{W_{иш}} + \\ & + 10 \lg [1 - \overline{\alpha}_{об}] - \\ & + 10 \lg [1 - \overline{\alpha}_{экр}] - \\ & - 10 \lg \left[\frac{h_{экр}^{\Phi}}{\lambda} \right] - \\ & - ПД^{\Phi p} - 10 \lg [\Psi_{об}] - \\ & - 10 \lg \left[\frac{A_{об}}{A_0} \right] - \\ & - 10 \lg \left[\frac{R_i}{R_0} \right] - \\ & - 10 \lg \left[\frac{A_{об}^{grp}}{A_0} \right] + \\ & + 10 \lg \left[\arctg \frac{l_{фр}}{2h_{экр}^{\Phi}} \right] + \\ & + K_5 + K_6 - 7, \text{ дБ} \end{aligned}$
5		1 – ИШ, 2 – шумозащитный экран, 3 – фронтальный экран, 4 – РТ.	$\begin{aligned} \Delta L_{РТ} = & L_{W_{иш}} - \\ & - 20 \lg (R) + \\ & + 10 \lg \left(\frac{\chi}{2\pi r^2} + \right. \\ & \left. + \frac{4}{kV_{кож}} \right) - 3И + \\ & + 10 \lg (S) - \\ & - 10 \lg (2\pi) - \Delta L_{рез} \end{aligned}$

Обозначения в рассматриваемых формулах для представленных расчетных схем: $\Delta L_{РТ}$ - эффективность в расчетной точке (дБ); $L_{W_{иш}}$ - уровень звуковой мощности источника шума (дБ); $\overline{\alpha}_{об}$ - средний коэффициент звукопоглощения в условном объеме, образованном опорной поверхностью, боковым и фронтальными экранами и свободными проемами условного объема; $h_{экр}^{\Phi}$ - эффективная высота экрана (м); λ - длина волны (м); ПД - показатель дифракции (дБ); $\Psi_{об}$ - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности в условном объеме; $A_{об}$ - эквивалентная площадь звукопоглощения объема (m^2); $A_0 = 1 m^2$; R - расстояние от ШЭ до РТ (м); $R_0 = 1 m$; $K_1 = 10 \lg \left[\arctg \frac{l_{фр}}{h_{экр}^{\Phi}} \right]$, $l_{фр}$ - длина фронтальной части ШЭ (м); $K_2 = 10 \lg \left[\arctg \frac{l_{фр}}{2R} \right]$, $K_3 = 10 \lg \left[\arctg \frac{h_{экр}}{2l_{бок}} \right]$, $l_{бок}$ - длина бокового отгона (м); $K_4 = 10 \lg \left[\arctg \frac{h_{экр}}{2R_1} \right]$, R_1 - расстояние от бокового отгона ШЭ до РТ (м); R_i - расстояние от верхней кромки ШЭ до РТ (м); $K_5 = 10 \lg \left[\arctg \frac{l_{фр}}{2h_{экр}^{\Phi}} \right]$, $K_6 = 10 \lg \left[\arctg \frac{l_{фр}}{2R_i} \right]$, χ - коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля; r - расстояние от источника шума до стенки кожуха (м); k - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в объеме кожуха; $V_{кож}$ - акустическая постоянная кожуха (m^2); 3И - звукоизоляция стенок кожуха (дБ); S - площадь стенки кожуха, обращенной на РТ (m^2); $\Delta L_{рез} = 67 + 30 \lg(h) - 20 \lg(S) - 20 \lg(\eta) - 10 \lg(f_{qn})$, h - толщина стенки кожуха (м); η - коэффициент потерь; f_{qn} - резонансная частота изгибных колебаний стенки кожуха (Гц).

Для рассматриваемых схем разработаны математические модели: акустическая эффективность ШЭ определяется его формой и расположением в пространстве,

акустическими свойствами условного объема, эффективной высотой, расположением расчетной точки, а также величиной дифракции звука на свободном ребре ШЭ. Для расчетной схемы №5 учтено влияние резонансных явлений в стенках на ослабление эффективности шумозащитного кожуха.

Результаты расчета по предложенным формулам для ШЭ дают сходимость с результатами натуральных измерений до 3 дБ в нормируемом диапазоне октавных полос частот. Расчетная эффективность ШЭ по предложенным формулам достигает 24 дБА.

Отличие предложенных формул по схемам 1-4 от изложенных в действующей нормативной документации [10] и работах [4-7] состоит в уточнении расчета за счет учета свойств условного объема, образованном опорной поверхностью, боковым и фронтальными экранами и свободными проемами, учета наличия отражающих поверхностей, учета влияния боковых отгонов ШЭ, а также учета особенностей места установки ШЭ. Отличием предложенной формулы по схеме 5, является учет влияния резонансных явлений на стенки кожуха.

Уточнение в расчетах эффективности средств шумозащиты от инженерно-технологического оборудования, а также его классификация по уровню звуковой мощности позволяет рассмотреть различные схемы и варианты их реализации.

Согласно действующей нормативной документации, при рассмотрении возможности применения шумозащитных мероприятий следует отдавать предпочтение способам снижения шума в источнике возникновения. Следующим этапом, необходимо применять мероприятия на пути распространения шума от источника до защищаемого объекта. На последнем этапе должны рассматриваться мероприятия, направленные на снижение шума устанавливаемые непосредственно в жилой застройке. Рекомендации по применению средств шумозащиты в зависимости от класса источника шума представлены в таблице 4.

Таблица 4

Рекомендации по снижению зоны акустического дискомфорта от стационарных источников шума

Класс шумности	Наименование класса	УЗМ, дБА	Шумозащитные мероприятия
I	Малозумные	до 70	• Не требуются
II	Шумные	от 70 до 75	• Изменение направленности • Виброизоляция и вибродемпфирование • Установка глушителей шума • Установка технологических шумозащитных экранов (только фронтальная часть)
III	Повышенной шумности	от 75 до 80	• Изменение направленности + виброизоляция или вибродемпфирование • Установка глушителей шума • Изменение частоты вращения • Установка технологических шумозащитных экранов (минимум с одним боковым отгоном)

Таблица 4 (Продолжение)

Класс шумности	Наименование класса	УЗМ, дБА	Шумозащитные мероприятия
IV	Очень шумные	от 80 до 85	<ul style="list-style-type: none"> ● Изменение направленности + установка глушителей шума ● Изменение направленности + изменение частоты вращения ● Установка технологических шумозащитных экранов (с боковыми отгонами) ● Изменение направленности + технологические шумозащитные экраны (с боковыми отгонами) ● Шумозащитное остекление ● Виброизоляция или вибродемпфирование + шумозащитное остекление
V	Сверхшумные	от 85 до 90	<ul style="list-style-type: none"> ● Установка глушителей шума + установка технологических шумозащитных экранов (с боковыми отгонами) ● Установка глушителей шума + шумозащитное остекление ● Изменение частоты вращения + шумозащитное остекление
VI	Опасно шумные	свыше 90	<ul style="list-style-type: none"> ● Возможность рассмотрения замены оборудования на малошумный аналог ● Совокупность вышеперечисленных мероприятий

Заключение

Стационарные источники шума различного назначения могут заметно влиять на акустическое загрязнение окружающей среды.

Определены акустические характеристики основных стационарных ИШ: вентиляции, аспирационных систем, тягодутьевых машин, систем кондиционирования, холодильных систем, трансформаторов, дизель-генераторных установок. Корректированные уровни звуковой мощности лежат в широких пределах: от 59 до 125 дБА и в большинстве случаев эти ИШ при расположении около жилой застройки излучают шум, превышающий допустимые значения на расстояниях от 25 до 800 и более метров.

Для всех рассматриваемых ИШ определена зона акустического дискомфорта, предложена классификация исследованных стационарных ИШ в зависимости от класса шумности и зоны акустического дискомфорта.

Разработано 5 расчетных схем позволяющих уточнить существующие методы расчета эффективности шумозащитных мероприятий: П-образный в плане шумозащитный

экран; шумозащитный экран: расчет при условии распространения звука через фронтальную часть; П-образный в плане шумозащитный экран; шумозащитный экран: расчет при условии распространения звука через боковой отгон; замкнутый шумозащитный экран, установленный на кровле здания: распространение звука на малоэтажную жилую застройку, установленный на кровле здания: распространение звука во двор многоэтажной жилой застройки; шумозащитный кожух.

Для каждой из категорий стационарных источников шума приведены рекомендации по снижению зоны акустического дискомфорта до нормативных значений.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.

2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. - М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020.– 299 с.

3. Иванов Н.И., Светлов В.В., Шашурин А.Е. Снижение шума стационарных источников в жилой застройке технологическими шумозащитными экранами // Безопасность жизнедеятельности. – 2018. - № 6. – С. 16-22.

4. Шашурин, А. Е Снижение шума стационарного оборудования акустическими экранами / А. Е. Шашурин, Н. Г. Семёнов // Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 50-летию первого полета человека в космос и 75-летию регулярных исследований ионосферы в России. – Томск: Томское университетское издательство, 2011. – С. 199-203.

5. Тупов В.Б. Снижение шума от энергетического оборудования: учеб. пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2005.

6. Иванов, Н. И. Акустические экраны для снижения шума в жилой застройке / Н. И. Иванов, Н. Г. Семёнов, Н. В. Тюрина // Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности». 2012. – №4 – С. 1-24.

7. Калиниченко, М.В. Разработка шумозащитных мероприятий урбанизированной территории / М.В. Калиниченко // Вестник ТГУ. – 2013 -№3 – С. 875-878.

8. МУК 4.3.2194-07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях».

9. V.V. Svetlov, V.A. Sannikov, Determination of the main source of external noise caused by the enterprise engineering and technological equipment in the residential development area // AKUSTIKA, VOLUME 32/ March 2019 - С. 50-53.

10. ГОСТ 31295.2-2005 (ИСО 9613-2:1996) «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета».

11. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Санитарные нормы «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

12. СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003».

13. Шашурин А.Е. Научное обоснование и применение новых технических и технологических решений для снижения акустического загрязнения основными типами шумозащитных экранов: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 01.04.06 / Шашурин Александр Евгеньевич. – Санкт-Петербург, 2018. – 420 с.

References

1. State report "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2018». M.: Minprirody Rossii; NPP «Kadastr», 2019. 844 p.
2. On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2019: State report.– M.: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelej i blagopoluchiya cheloveka, 2020.– 299 P.
3. Ivanov N.I., Svetlov V.V., SHashurin A.E. Noise reduction of stationary sources in residential buildings with technological noise protection screens // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2018. - № 6. – P. 16-22.
4. SHashurin A.E. Reducing the noise of stationary equipment with acoustic screens / A. E. SHashurin, N. G. Semyonov // Proceedings of the all-Russian conference with international participation dedicated to the 50th anniversary of the first human spaceflight and the 75th anniversary of regular ionospheric research in Russia. – Tomsk: Tomskoe universitetskoe izdatel'stvo, 2011. – P. 199-203.
5. Tupov V.B. Noise reduction from power equipment: a textbook for universities. M.: Izdatel'stvo MEI, 2005.
6. Ivanov, N. I. Noise barriers for noise reduction in residential buildings / N. I. Ivanov, N. G. Semyonov, N. V. Tyurina // Appendix to the magazine « Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti ». 2012. – №4 – P. 1-24.
7. Kalinichenko, M.V. Development of noise protection measures for urbanized areas / Kalinichenko, M.V.// Vestnik TGU. – 2013 -№3 – P. 875-878.
8. MUK 4.3.2194-07 «Noise level monitoring in residential buildings, residential and public buildings».
9. V.V. Svetlov, V.A. Sannikov, Determination of the main source of external noise caused by the enterprise engineering and technological equipment in the residential development area // AKUSTIKA, VOLUME 32/ March 2019 –P. 50-53.
10. GOST 31295.2-2005 (ICO 9613-2:1996) « Noise. Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 2. General method of calculation».
11. SN 2.2.4/2.1.8.562-96 Sanitary standards " Noise in the workplace, in the premises of residential and public buildings and on the territory of residential development».
12. СП 51.13330.2011 «Noise protection. Updated version SNiP 23-03-2003».
13. SHashurin A.E. Scientific justification and application of new technical and technological solutions to reduce acoustic pollution by the main types of noise screens: dissertation for the degree of doctor of technical Sciences: 01.04.06 / SHashurin Aleksandr Evgen'evich. – Saint-Petersburg, 2018. – 420 P.