

УДК 534.833.522.4

OECD 01.03.AA

Расчет эффективности технологического шумозащитного экрана для снижения шума от воздухозаборных решеток компрессорных установок

Светлов В.В.

Начальник испытательной лаборатории, ООО «Институт акустических конструкций», г. Санкт-Петербург, ул. Промышленная, д. 19, лит. Р, оф. 444

Аннотация

Рассмотрена задача снижения уровней шума от технологического оборудования предприятия при помощи шумозащитного экрана. Приведены формулы, описывающие расчет эффективности шумозащитного экрана и результаты натурных измерений. Выбраны основные параметры шумозащитного экрана: длина, высота, звукопоглощение. Приведена формула определения эффективности технологического шумозащитного экрана, учитывающая все параметры экрана, а также нарушение диффузности звукового поля для его внутреннего объема.

Ключевые слова: технологический шумозащитный экран, шум технологического оборудования, шумозащитные мероприятия.

Calculations of the technological noise barrier efficiency of reducing noise from the air intake compressor plants

V.V. Svetlov

Head of the testing laboratory, ООО 'Acoustic Design Institute', Saint-Petersburg, office 444, 19 building 'R' Promyshlennaya str.

Abstract

This abstract considers the problem of reducing noise from the enterprise processing equipment using a noise screen. The formulas describing noise screen efficiency calculations and field measurements results are introduced. Main noise screen characteristics, such as length, height, sound absorption are selected. The formula for determining the technological noise screen efficiency, incorporating all screen characteristics, and also sound field diffusion irregularity for its internal volume is given.

Key words: technological noise barrier, processing equipment noise, noise mitigation measures.

Введение

Шум технологического оборудования зачастую является фактором негативного воздействия на прилегающую жилую застройку. Эффективным средством снижения являются, так называемые, технологические шумозащитные экраны (далее – ШЭ). Рассмотрена типичная ситуация, при которой уровни шума от технологического оборудования предприятия превышают нормативные значения для жилой застройки.

Целью выполнения расчетов является разработка шумозащитных мероприятий для снижения уровней шума, источником которых является компрессорное оборудование. Работа производилась в следующей последовательности:

1. Проведение исследований текущей акустической ситуации путем натурных измерений. Определение наличия превышения над нормативными значениями.

2. Определение необходимой эффективности шумозащитного экрана и подбор его основных параметров.

1 Проведение измерений уровней шума

Согласно предоставленным данным об источниках шума на территории объекта определены исследуемые источники шума: компрессорная установка. Излучение шума происходит от заборных воздухопроводов систем компрессоров.

Ближайшая жилая застройка находится в северо-западном направлении на расстоянии 80 м от производственного здания – многоэтажный жилой дом.

Для оценки уровней акустического воздействия на близлежащую жилую застройку были произведены замеры в ночное время суток (рис. 1).

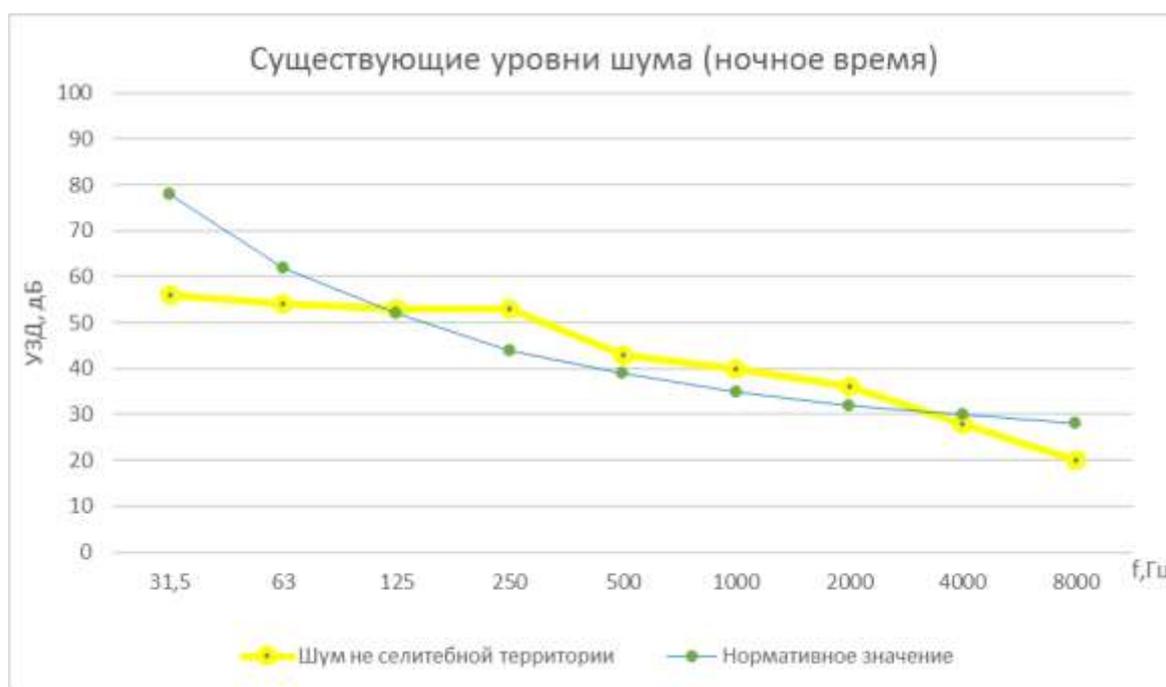


Рис. 1. Результаты измерений уровней шума на территории жилой застройки

Как видно из результатов измерений, наибольшее превышение уровней звукового давления наблюдается в среднечастотном диапазоне, что превышает допустимые уровни в дневное время суток согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [1].

Для проведения расчетов и оценки эффективности шумозащитных мероприятий были проведены измерения уровней шума от технологического оборудования.

Измерения проводились напротив одного из четырех воздухопроводов систем компрессоров. Результаты натурных замеров представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты натуральных замеров источника шума

№ п/п	Наименование источника шума	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах, со среднегеометрическими частотами, Гц									L _A , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Воздухозабор системы компрессора (8 м до оборудования)	74	71	73	75	75	70	64	55	50	75

В расчете учтена направленность источника шума, определенная на основании результатов натуральных измерений. Результаты измерений с целью определения направленности заборной решетки компрессора приведены в табл. 2. Поправки на направленность заборной решетки приведены в табл. 3.

Таблица 2

Результаты измерений с целью определения направленности заборной решетки компрессора

Примечание	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах, со среднегеометрическими частотами, Гц									L _A , дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Измерения с целью определения направленности в горизонтальной плоскости										
Напротив забора компрессора №1	74	71	73	75	75	70	64	55	50	75
45° от забора возд. компр. №1	74	71	73	69	73	69	62	55	50	73
90° от забора возд. компр. №1	74	71	70	68	70	64	58	50	50	70

Таблица 3

Поправки на направленность заборной решетки

Примечание	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах, со среднегеометрическими частотами, Гц									L _A , дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
0°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45°	0	0	0	-6	-2	-1	-2	0	0	-2
90°	0	0	-3	-7	-5	-6	-6	-5	0	-5

2 Определение необходимой эффективности шумозащитного экрана и подбор его основных параметров

В отличие от транспортных ШЭ, технологические ШЭ образуют полузамкнутое пространство, обусловленное наличием фронтального и двух боковых отгонов (П-образные экраны) или двух фронтальных и двух боковых ШЭ (□ – образные экраны). На практике такие экраны устанавливаются на отражающую поверхность (бетон, металл, асфальт и др.), что приводит к многочисленным отражениям звука в условном объеме, образованном ШЭ, отражаемой поверхностью и источником шума (далее – ИШ) (рис. 2).

Основное допущение, принимаемое в данном исследовании – образование диффузного или квазидиффузного звукового поля в указанном условном объеме.

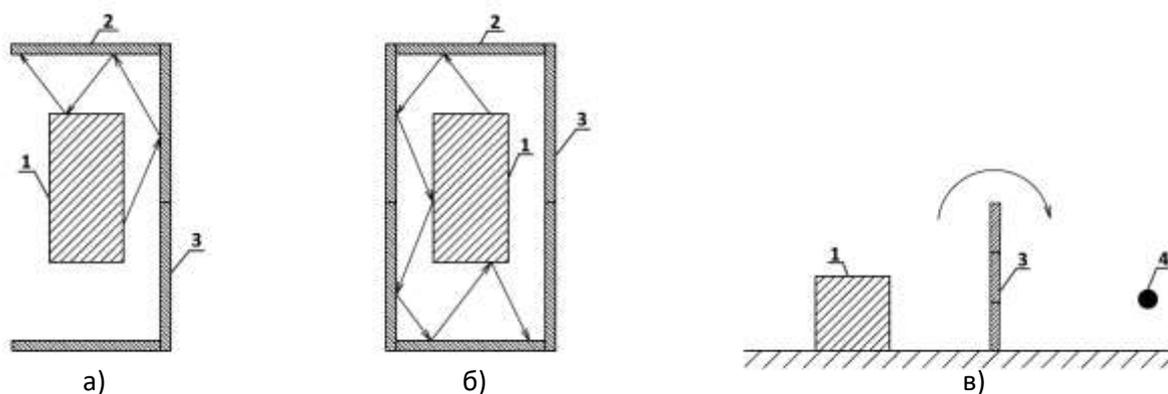


Рис. 2. Формируемые объемы технологических ШЭ (а) и (б) – вид сверху (в) – вид сбоку: 1 – ШЭ, 2 – боковой ШЭ, 3 – фронтальный ШЭ, 4 – РТ, 5 –отражающая опорная поверхность, → – отраженный звук в объеме, \curvearrowright – дифракция звука на свободном ребре ШЭ

Акустическая эффективность ШЭ, определяемая согласно действующей нормативной документации [3], не учитывает образование квазидиффузного поля внутри технологического шумозащитного экрана, а также влияния звукопоглощения на его эффективность. Предложена новая формула на основании допущений из [2], описывающая все важные параметры технологического шумозащитного экрана:

$$\begin{aligned} \Delta L_{\text{экр}} = & 10 \lg \left[\frac{A_{\text{об}}}{A} \right] - 10 \lg \left[\frac{R}{R_0} \right] + 10 \lg [\Psi_{\text{об}}] - 10 \lg [1 - \bar{\alpha}_{\text{об}}] - 10 \lg \left[\beta_{\text{дифр}}^{\text{экр}} \right] - \\ & - 10 \lg \left[\arctg \frac{i_{\text{бок}} i_{\text{фр}}}{2 h_{\text{экр}} \sqrt{4 h_{\text{экр}}^2 + i_{\text{бок}}^2 + i_{\text{фр}}^2}} \right] - 10 \lg \left[\arctg \frac{i_{\text{фр}}}{2R} \right] + 10 \lg \left[\frac{\pi}{4} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

где:

$A_{\text{об}}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения, м^2 ;

R – расстояние от ШЭ до расчетной точки (РТ), м;

$\Psi_{\text{об}}$ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности в условном объеме;

$\bar{\alpha}_{об}$ – средний коэффициент звукопоглощения условного объема;

$\beta_{дифр}^{экр}$ – коэффициент дифракции на свободном ребре фронтального ШЭ;

$h_{экр}$ – высота экрана, м;

$l_{бок}$ – длина боковых ШЭ, м;

$l_{фр}$ – длина фронтальных ШЭ, м.

Расчеты в дБ выполняются в принятом частотном диапазоне со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц. Расчетное значение в дБА принимается по полученной величине на частоте со среднегеометрическим значением 1000 Гц.

Рассмотрена возможность установки шумозащитного экрана, прилегающего к стене компрессорной действующего завода. Конструкция экрана выбрана из звукопоглощающих панелей, обращенных стороной со звукопоглощающим материалом в сторону источников шума предприятия. Примерная схема расположения экрана представлена на рис. 3.

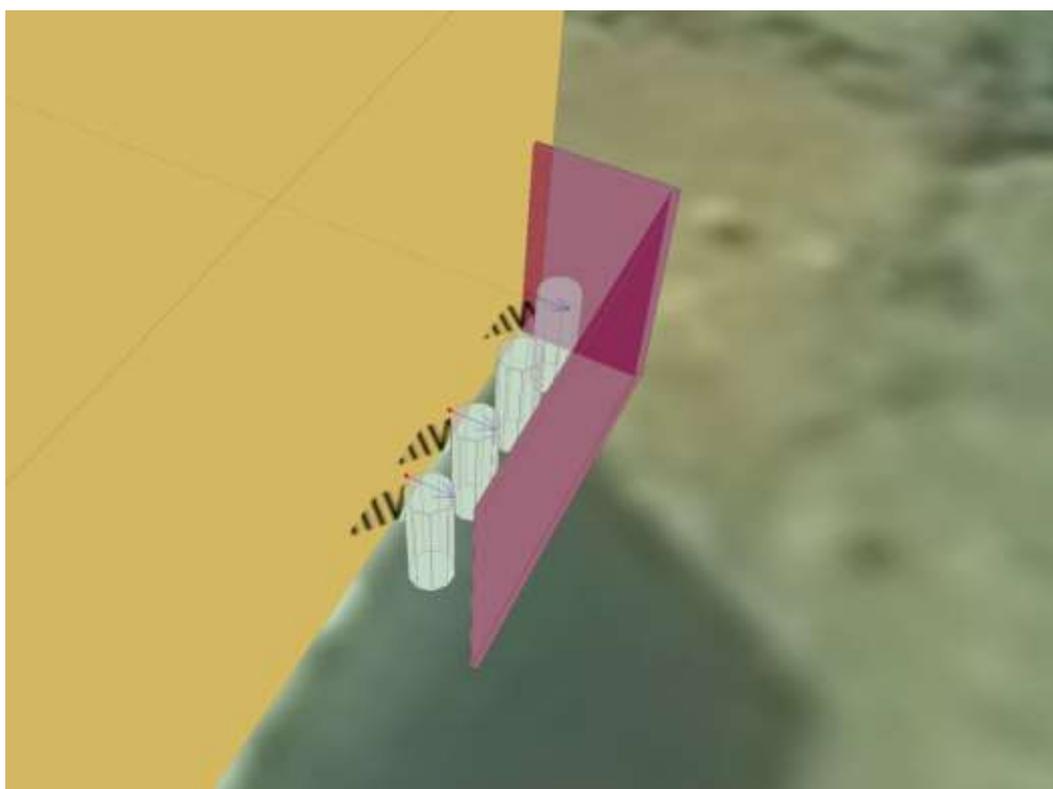


Рис. 3 Возможный вид на территорию с установленными ШЭ

Ввиду того, что экран является преградой между источником излучения шума и расчетной точкой начальная высота принята равной 4 м.

Расчетные значения эффективности шумозащитных экранов представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты расчета эффективности шумозащитного экрана

Наименование	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах среднегеометрических частот, Гц								УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$A_{об}$	120,8	141,6	172	179,2	179,2	174,4	168	164,8	179,2
R	80	80	80	80	80	80	80	80	80
$\Psi_{об}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\bar{\alpha}_{об}$	0,54	0,63	0,77	0,80	0,80	0,78	0,75	0,74	0,80
$\beta_{дифр}^{экр}$	5	6	8	9	14	15	19	21	14
$h_{экр}$	4	4	4	4	4	4	4	4	4
$l_{бок}$	4	4	4	4	4	4	4	4	4
$l_{фр}$	12	12	12	12	12	12	12	12	12
$\Delta L_{экр}$	8,2	10,9	9,7	10,2	11,2	16,6	17,9	23,1	11,2
Требуемое снижение в жилой застройке	-	1	9	4	5	4	-	-	5

Проведенные расчеты эффективности выбранного шумозащитного экрана показали, что ожидаемая эффективность шумозащитного экрана будет выше требуемого снижения. Общий вид установленного шумозащитного экрана приведен на рис. 4.



Рис. 4. Вид на территорию без установленного и с установленным технологическим шумозащитным экраном



Рис. 5. Фотография вида сверху на установленный ШЭ

Экран выполнен из сэндвич-панелей со звукопоглощением. Конструкция экрана предполагала «Г-образную» форму в плане с примыканием к существующему производственному зданию. В местах соприкосновения шумозащитного экрана с производственным зданием и опорной поверхностью примыкания организованы плотно с исключением образования щелей и неплотностей.

С целью контроля уровней шума на нормируемой территории были проведены натурные измерения после установки спроектированного шумозащитного экрана. Результаты измерений уровней шума до и после установки шумозащитного экрана представлены на рис 6.

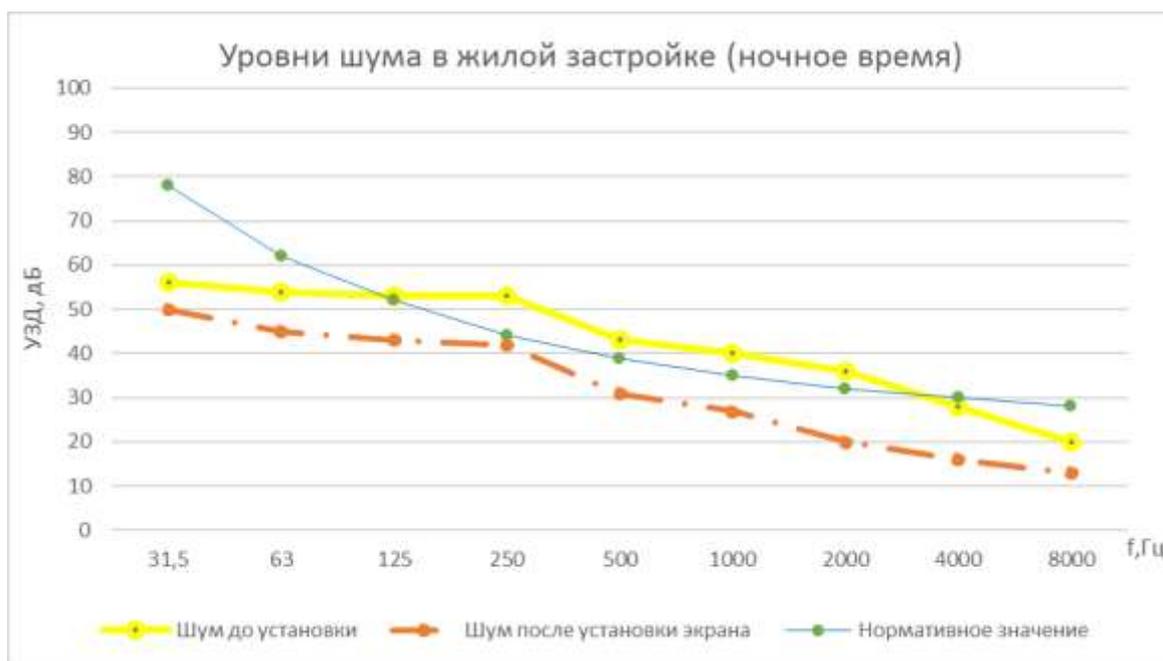


Рис. 6. Результаты измерений УЗД до и после установки шумозащитного экрана

Проведенные испытания показывают достаточность применяемой модели для расчета эффективности шумозащитного экрана. Расхождение расчетной и измеренной эффективности не превысило 4 дБ в средне-низкочастотном диапазоне, что указывает на высокую сходимость результатов расчета с экспериментом (табл. 5). Разница для высокочастотного диапазона, вероятнее всего, обусловлена фоновыми УЗД и внутренним шумом прибора для низких измеряемых УЗД.

Таблица 5

Результаты расчета эффективности шумозащитного экрана

Примечание	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах, со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Расчетная эффективность шумозащитного экрана	8	11	10	10	11	17	18	23
Измеренная эффективность шумозащитного экрана	6	9	10	12	13	16	12	7

Заключение

Рассмотрен технологический шумозащитный экран как отдельный тип шумозащитных экранов. Предложена новая формула для расчета эффективности технологического шумозащитного экрана, учитывающая: нарушение диффузности звукового поля, влияние звукопоглощения, коэффициента дифракции и формы, что является нововведением, которое помогает принимать в расчет их реальные особенности, влияющие на эффективность. Результаты измерений показали правомерность принятых допущений и высокую сходимость с расчетами. Эффективность спроектированного шумозащитного экрана достигла 13 дБА, что позволило снизить уровень шума от воздухозаборных решеток компрессорных установок на защищаемой территории до нормативных значений [1].

Список литературы

1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»
2. Иванов Н.И. – Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник, 4-е изд. перераб. и доп. – М.: ЛОГОС, 2015. – 432 с.
3. ГОСТ 31295.2-2005 (ИСО 9613-2:1996) – Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета.