

УДК 628.517.2

DOI: 10.24160/1993-6982-2020-3-48-54

Влияние технологических проемов на акустическую эффективность экранов газорегуляторного пункта

С.А. Кузьмина, В.Б. Тупов

Один из источников шума на тепловых электростанциях (ТЭС) — газорегуляторный пункт (ГРП) и газопроводы после него. Шум, исходящий от них, может превышать санитарные нормы на территории станции и в окружающем ее районе на десятки децибел. Одним из мероприятий по снижению шума от здания ГРП является установка акустических экранов.

Рассмотрено влияние на акустическую эффективность экранов различных технологических проемов, необходимых для прохода обслуживающего персонала и проезда техники к ГРП. Исследовано влияние дополнительного прямого и Г-образного акустических экранов на снижение уровня шума. Для решения поставленной задачи использована программа Predictor, в которой моделировали экраны с различными характерными технологическими проемами вокруг здания ГРП. С помощью программы построены изолинии уровней звука, позволяющие наглядно представить распространение шума при ширине технологических проемов от 2 до 6 м и наличие дополнительных прямых и Г-образных экранов напротив них. Показано, что наличие технологических проемов для обслуживания здания ГРП и проезда специализированной техники существенно снижает акустическую эффективность экрана здания. Установка дополнительных экранов напротив технологических проемов позволяет снизить уровень шума при распространении по оси технологического проема. Разница в уровнях звука составляет десятки дБА. Шум, распространяющийся по обеим сторонам дополнительного прямого или с одной стороны Г-образного экранов, имеет ярко выраженную лучевую направленность. На основе выполненных расчетов сделан вывод, что расположение дополнительных экранов напротив технологических проемов должно выбираться индивидуально для каждого здания ГРП в зависимости от ширины технологического проема, а также расположения относительно зон жилой застройки.

Ключевые слова: снижение шума, газорегуляторный пункт, экран.

Для цитирования: Кузьмина С.А., Тупов В.Б. Влияние технологических проемов на акустическую эффективность экранов газорегуляторного пункта // Вестник МЭИ. 2020. № 3. С. 48—54. DOI: 10.24160/1993-6982-2020-3-48-54.

The Influence of Process Openings on the Acoustic Efficiency of Gas Control Point Barriers

S.A. Kuzminova, V.B. Tupov

The gas control point (GCP) and the gas pipelines outgoing from it represent one of the sources producing noise at thermal power plants (TPPs). The noise from this equipment can exceed the sanitary standards on the plant territory and in the surrounding area by tens of decibels. Installation of acoustic barriers is one of the measures to reduce the noise from the gas control point building.

The effect of various process openings necessary for the passage of maintenance personnel and passage of equipment to the GCP on the acoustic efficiency of barriers is considered. The influence of additional straight and L-shaped acoustic barriers on the reduction of the noise level is investigated. To solve this problem, the Predictor computer program was used, in which barriers with different characteristic process openings around the GCP building were modeled. Sound level isolines have been plotted using the Predictor computer program, which make it possible to visualize the propagation of noise with the process opening widths ranging from 2 to 6 m and with the presence of additional straight and L-shaped barriers in front of them. It is shown that the presence of process openings for maintenance of the GCP building and for passage of special equipment significantly degrades the acoustic efficiency of the GCP building barrier. The use of additional barriers installed in front of the process openings makes it possible to reduce the level of noise propagating along the process opening axis. The difference in sound levels makes tens of dBA. The noise that propagates on both sides of the additional straight barrier or on one side of the L-shaped barrier has a pronounced beam-like directivity. A conclusion has been drawn based on the accomplished calculations that the location of additional barriers in front of process openings should be selected individually for each GCP building depending on the process opening width and depending on the location with respect to apartment block areas.

Key words: noise reduction, gas control point, barrier.

For citation: Kuzminova S.A., Tupov V.B. The Influence of Process Openings on the Acoustic Efficiency of Gas Control Point Barriers. Bulletin of MPEI. 2020;3:48—54. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2020-3-48-54.

Введение

Излучение шума от оборудования тепловых электростанций (ТЭС) связано с превышением санитарных норм как для территории станции, так и окружающего района, и, в соответствии с законами Российской Федерации «Об охране окружающей среды» [1] и «Об охране атмосферного воздуха» [2], требует принятия мер

по доведению его до нормативных величин [3]. Интенсивными источниками шумового воздействия являются газорегуляторный пункт (ГРП) и газопроводы после него. Природный газ поступает к ГРП ТЭС от газораспределительной станции (ГРС) по газопроводам под большим давлением. В ГРП происходит снижение давления газа до заданного уровня, а вследствие большого

перепада давления при дросселировании газа возникает сильный шум, распространяющийся от регуляторов давления, находящихся в здании ГРП, и газопроводов после него [4].

Газорегуляторный пункт на мощных станциях располагается в отдельном здании [5, 6], внутри которого уровень шума может достигать значения 125 дБА вместо установленного нормативами 80 дБА [7], и находится выше болевого порога (120 дБА) для человека. Поэтому актуальной задачей является снижение шума от этого объекта. Для снижения шума от здания ГРП используются акустические экраны [8, 9], которым посвящено большое количество публикаций [10 — 30]. Некоторые работы описывают использование экранов для снижения транспортного шума, что обусловлено простотой конструкции и акустической эффективностью, достигающей 20...25 дБА, в зависимости от характеристик экрана [9 — 11].

Рассмотрено влияние технологических проемов на акустическую эффективность экранов, необходимых для прохода обслуживающего персонала и проезда техники к ГРП. До настоящего времени эти вопросы не анализировались.

Выполнить акустические расчеты акустических экранов с технологическими проемами в соответствии с методикой [30] без вычислительной техники достаточно проблематично. Для решения поставленной задачи взята программа Predictor, в которой были созданы экраны с различными характерными технологическими проемами вокруг здания ГРП. Экспериментальные замеры шумов около ГРП показали, что основное излучение шума в окружающую среду происходит на выходе газопроводов из здания ГРП [13]. При этом шум, излучаемый от газопроводов до и после ГРП, не учитывался. В Predictor построена модель ГРП с характеристиками, аналогичными газорегуляторным пунктам на действующих ТЭС. Рассмотрено три случая технологических проемов: в первом случае проем находится в одной из сторон периметра вокруг ГРП, во втором и третьем случаях напротив проема устанавливали дополнительно прямой и Г-образный акустические экраны (рис. 1). Высота экрана принята равной $h = 5$ м, высота источника шума (выход газопровода после ГРП) — $H = 1,5$ м.

Технологические проемы в акустических экранах

Расстояние от отдельно стоящих ГРП по горизонтали до зданий и сооружений должно составлять не менее 10 м в соответствии с СП 62.13330.2011 [5]. Поэтому для расчетов примем, что расстояние от ГРП до экрана — 10 м, а ширина технологического проема — 2 м. По итогам расчетов получены изолинии значений уровней звука в зависимости от расстояния от источника шума (рис. 2). Результаты сравнивали со значениями, когда технологического проема не было (рис. 3). Данные представлены в табл. 1.

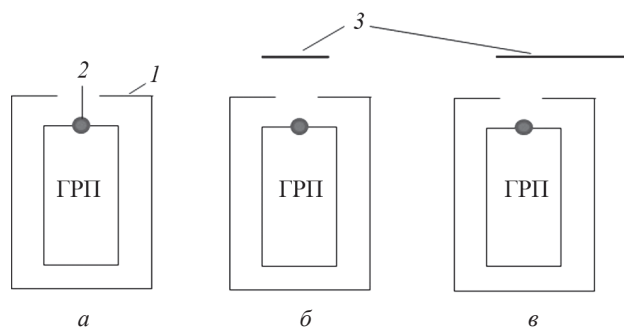


Рис. 1. Схемы расположения акустических экранов и технологических проемов:

а — акустический экран отсутствует; *б* — дополнительный акустический экран находится напротив технологического проема; *в* — дополнительный Г-образный акустический экран располагается напротив технологического проема; 1 — акустический экран; 2 — точка выхода газопровода из здания ГРП; 3 — дополнительные экраны

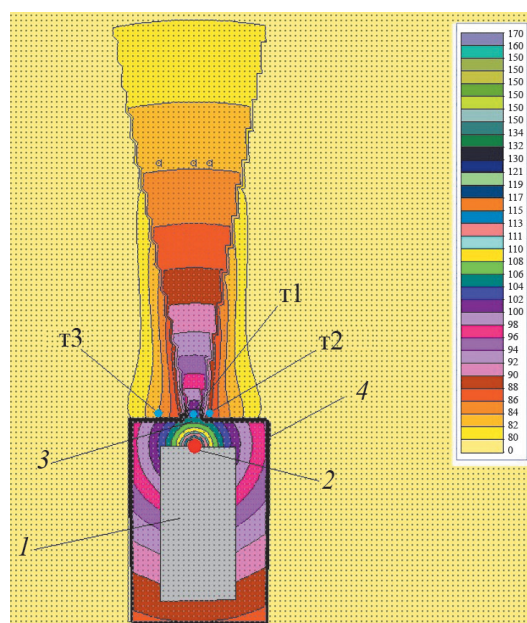


Рис. 2. Изолинии уровней звука при наличии технологического проема в экране шириной 2 м:

1 — ГРП; 2 — точка выхода газопровода из здания ГРП; 3 — технологический проем; 4 — акустический экран; т1 — т3 — точки

Как следует из табл. 1, наличие проема снижает акустическую эффективность экрана на 17,9 дБА рядом с экраном и на 14,5 дБА при расположении расчетной точки от экрана на расстоянии 300 м от него. Поэтому технологические проемы целесообразно делать в сторону, противоположную жилому району.

Исследовано влияние ширины технологического проема на акустическую эффективность экрана. В Predictor создан экран вокруг здания ГРП с характеристиками, аналогичными предыдущей модели. Ширина технологического проема менялась от 2 до 6 м. Расчетные точки располагались напротив середины

Таблица 1

Результаты расчетов акустической эффективности экранов в зависимости от расстояния от проемов

Точки измерений	Уровни звукового давления (дБ) на среднегеометрических частотах (Гц)									Уровень звука, дБА
	31,5	62	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Наличие технологического проема										
У проема	83,3	75,3	72,4	74,5	83,0	88,8	94,9	86,2	74,1	96,8
100 м	59,0	51,0	48,1	50,1	58,4	64,0	69,7	59,2	40,7	71,6
300 м	53,6	45,5	42,6	44,5	52,6	57,9	63,0	50,5	23,8	65,1
Отсутствие технологического проема										
У экрана	74,5	64	58,4	57,4	63,4	69	75	66,2	54,1	78,9
Снижение эффективности экрана	8,8	11,3	14	17,1	19,6	19,8	19,9	20	20	17,9
100 м	53,3	43,6	38,6	38,1	43,7	46,5	49,8	39,3	20,7	56,2
Снижение эффективности экрана	5,7	7,4	9,5	12	14,7	17,5	19,9	19,9	20	15,4
300 м	48	38,4	33,5	33	38,5	41	43,2	30,5	3,9	50,6
Снижение эффективности экрана	5,6	7,1	9,1	11,5	14,1	16,9	19,8	20	19,9	14,5

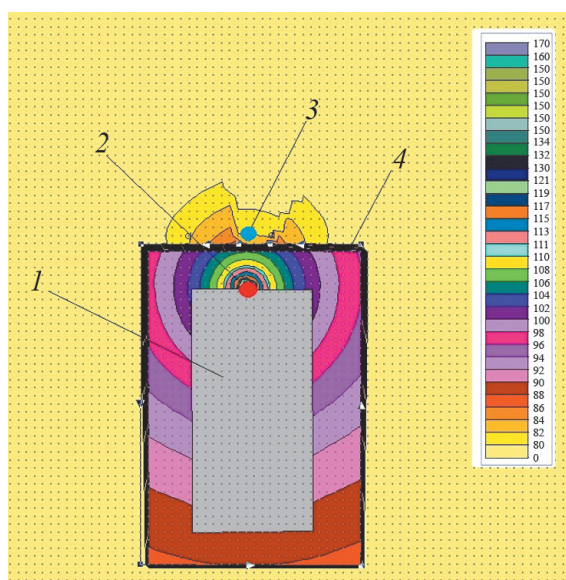


Рис. 3. Изолинии уровней звука при отсутствии технологического проема в экране:

1 — ГРП; 2 — точка выхода газопровода из здания ГРП; 3 — расчетная точка у экрана; 4 — акустический экран

проема (т1), на расстоянии 3 м справа от центра проема (т2) и на расстоянии 7 м от центра проема (т3). На рис. 4 изображены изолинии значений уровней звука при ширине технологического проема 6 м.

Видно, что увеличение ширины технологического проема ведет к увеличению уровней звука на большей площади после технологического проема экрана (см. рис. 2, 4). На рисунке 5 дана характеристика изменения направленности шума от технологических проемов различной ширины в зависимости от угла излу-

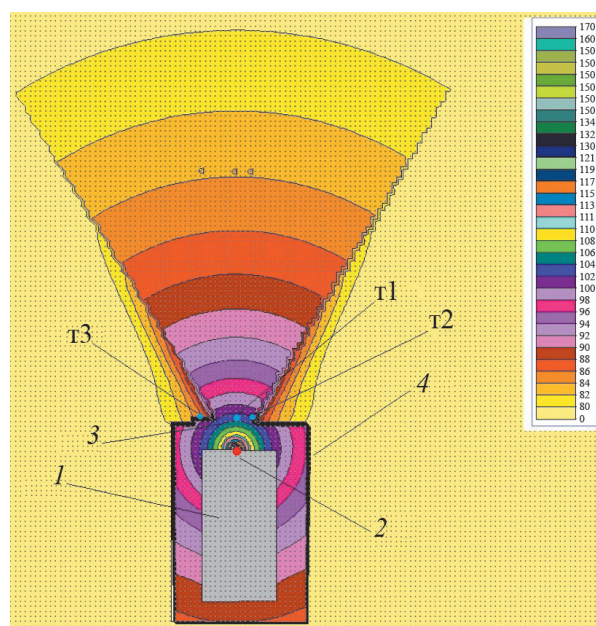


Рис. 4. Изолинии уровней звука при наличии технологического проема в экране шириной 6 м:

1 — ГРП; 2 — точка выхода газопровода из здания ГРП; 3 — технологический проем; 4 — акустический экран; т1 — т3 — точки

ния. Видно, что ширина проема существенно меняет направленность шума по сравнению с источником со свободным излучением.

В программе Predictor сделаны варианты с дополнительными прямым и Г-образным экранами напротив технологических проемов от здания ГРП. При этом ширина технологического проема составила 6 м, расстояние от технологического проема до дополни-

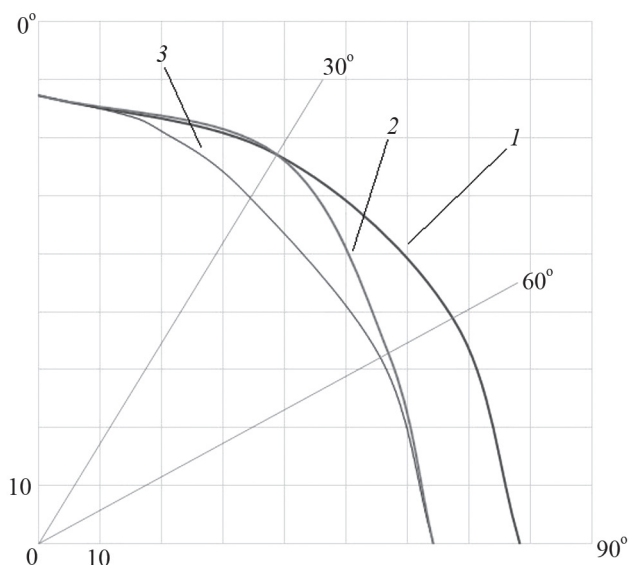


Рис. 5. Направленность шума в зависимости от ширины проема:
1 — свободное излучение; 2, 3 — проемы 6 и 2 м

тельного экрана — 9 м, а его высота — 5 м. Указанное расстояние взято для возможности проезда крупногабаритной техники к зданию ГРП.

Для первого случая с прямым дополнительным акустическим экраном напротив технологического проема изолинии уровней звука продемонстрированы на рис. 6, из которого следует, что установка дополнительного экрана позволяет существенно снизить уровень звука по оси его установки. Так, уровень звука в точке 1 на расстоянии 1 м от дополнительного прямого экрана меньше на 22,4 дБА, чем в точке 0, которая находится в технологическом проеме. При этом шум, распространяющийся по сторонам дополнительного экрана, имеет ярко выраженную лучевую направленность и является причиной превышения норм. Разница в уровнях звука в точке 1, расположенной в области акустической тени экрана, по сравнению с точкой 2 из зоны прямого уровня звука от шума ГРП составляет около 10 дБА при расстояниях как 50, так и 100 м от источника. Данная разница существенно увеличивается с ростом среднегеометрических частот. Для расстояния 50 м разница для указанных точек увеличивается от 1,9 до 16,7 дБ для среднегеометрических частот от 63 Гц до 8000 Гц. Полученные данные представлены в табл. 2.

Для второго случая с дополнительным Г-образным акустическим экраном напротив технологического проема изолинии уровней звука показаны на рис. 7. В данном случае лучевое распространение шума имеет место только с одной стороны дополнительного Г-образного экрана (см. рис. 7). Это может быть важно при ориентации технологического проема по отношению к жилому району. Разница в уровнях звука в точке 1 за Г-образным экраном по сравнению с точкой 2, находящейся вне зоны звукового луча, но напротив проема,

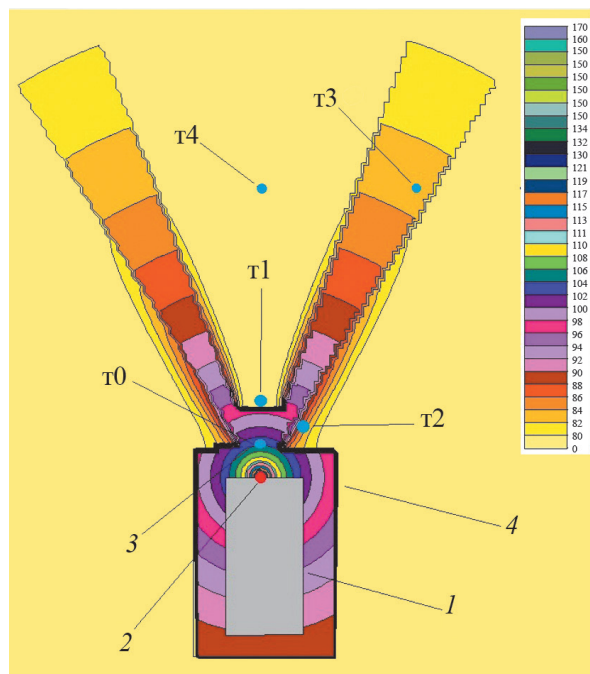


Рис. 6. Изолинии уровней звука при наличии дополнительного экрана, расположенного напротив технологического проема:

1 — ГРП; 2 — точка выхода газопровода из здания ГРП; 3 — технологический проем; 4 — акустический экран ГРП; 5 — дополнительный акустический экран напротив технологического проема; t0 — t4 — точки

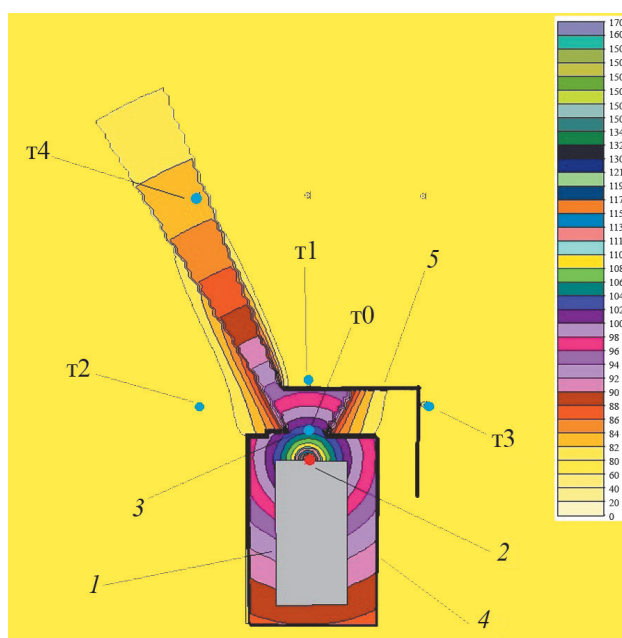


Рис. 7. Изолинии уровней звука при наличии дополнительного Г-образного экрана, расположенного напротив технологического проема:

1 — ГРП; 2 — точка выхода газопровода из здания ГРП; 3 — технологический проем; 4 — акустический экран; 5 — Г-образный акустический экран напротив проема; t0 — t4 — точки

Таблица 2

Уровни звукового давления в расчётных точках в зависимости от наличия дополнительных экранов

Точки	Среднегеометрическая частота f , Гц									Уровень звука L_i , дБА
	31,5	62	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Дополнительный прямой экран (рис. 6)										
0	83,3	75,3	72,4	74,5	83	88,8	94,9	86,2	74,1	96,8
1	71,1	60,8	55,4	54,7	60,2	64,2	69,1	59,6	46,6	74,4
2	74,1	65,4	61,6	62,6	69,5	73,4	77,5	66,5	52,1	81
3	63,3	55,3	52,4	54,5	62,8	68,5	74,4	64,7	49,1	76,3
4	62,6	53,4	48,8	48,6	54,5	57,5	60,5	48,6	32,4	66,3
100 м	57,5	48,3	43,9	43,8	49,7	52,6	55,4	42,2	22,4	61,2
Дополнительный Г-образный экран (рис. 7)										
0	83,3	75,3	72,4	74,5	83	88,8	94,9	86,2	74,1	96,8
1	68	57,7	52,3	51,6	57,2	61,6	67,1	57,9	45	71,7
2	67,2	57,7	52,9	52,6	58,4	61,4	64,7	54,7	40,9	70,6
3	62,3	51,7	45,3	43,1	47,6	51,5	57,3	48,1	34,8	64,3
4	63,7	55,7	52,8	54,8	63,2	68,9	74,8	65,2	49,7	76,7

образованного этим экраном, составляет только около 1,1 дБА. Уровень звука во второй точке, располагающейся вне зоны звукового луча, но рядом с проемом экрана, меньше на 6 дБА уровня звука в точке 4, размещающейся на расстоянии 50 м от экрана, но в зоне звукового луча.

Изменения для различных среднегеометрических частот в этих точках носит сложный характер. Для среднегеометрических частот 31,5...125 Гц имеет место снижение на 3,1...0,1 дБ, а для других среднегеометрических частот — повышение уровня звукового давления от 2,2 до 10,5 дБ.

Для точки 3 (см. рис. 7), помещающейся за прямым углом Г-образного экрана, отмечены минимальные уровни звука и звукового давления.

Полученные данные показали, что расположение дополнительных экранов напротив технологических проемов должны выбираться индивидуально для каждого здания ГРП в зависимости от ширины технологического проема, а также расположения относительно зон жилой застройки.

Литература

1. **Федеральный закон № 7-ФЗ** Российской Федерации. «Об охране окружающей среды».
2. **Федеральный закон № 96-ФЗ** Российской Федерации. «Об охране атмосферного воздуха».
3. **СН 2.2.4/2.1.8.562—96**. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
4. **Тупов В.Б.** Снижение шума от энергетического оборудования. М.: Изд-во МЭИ, 2005.
5. **СП 62.13330.2011**. Газораспределительные системы.

Заключение

Наличие технологических проемов для обслуживания здания ГРП и проезда специализированной техники существенно снижает акустическую эффективность экрана, которая составляет 17,9 дБА рядом с экраном и 14,5 дБА — при расположении расчетной точки от экрана на расстоянии 300 м от него.

Установка дополнительных экранов напротив технологических проемов позволяет снизить уровень шума при распространении по оси технологического проема. Разница в уровнях звука составляет десятки дБА.

Шум, распространяющийся по сторонам дополнительного прямого экрана или с одной стороны Г-образного экрана, имеет ярко выраженную лучевую направленность.

Расположение дополнительных экранов напротив технологических проемов должно быть индивидуальным для каждого здания ГРП в зависимости от ширины технологического проема, а также положения относительно зон жилой застройки.

References

1. **Federal'nyj Zakon № 7-FZ** Rossijskoj Federacii. «Ob Ohrane Okruzhayushchej Sredy». (in Russian).
2. **Federal'nyj Zakon № 96-FZ** Rossijskoj Federacii. «Ob Ohrane Atmosfernogo Vozduha». (in Russian).
3. **SN 2.2.4/2.1.8.562—96**. Shum na Rabochih Mestah, v Pomeshcheniyah Zhilyh, Obshchestvennyh Zdanij i na Territorii Zhiloy Zastrojki. (in Russian).
4. **Tupov V.B.** Snizhenie Shuma ot energeticheskogo Oborudovaniya. M.: Izd-vo MEI, 2005. (in Russian).
5. **SP 62.13330.2011**. Gazoraspredeletel'nye Sistemy. (in Russian).

6. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
7. **Тупов В.Б.** Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду. М.: Издат. дом МЭИ, 2012.
8. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03—2003.
9. **Борьба** с шумом на производстве / под ред. Е.Я. Юдина. М.: Машиностроение, 1985.
10. **Иванов Н.И., Шушарин А.Е.** Защита от шума и вибрации. СПб.: Печатный цех, 2019.
11. **Шубин И.Л., Цукерников И.Е., Николов Н.И., Писарски А.** Основы проектирования транспортных шумозащитных экранов. М.: Издат. дом «Бастет», 2015.
12. **Маекава З.** Акустические экраны // Снижение шума в зданиях и жилых районах. М.: Стройиздат, 1987. С. 426—448.
13. **Тупов В.Б., Тупов Б.В., Скворцов В.С.** Особенности излучения шума от ГРП и газопроводов после него // Электрические станции. 2018. № 6 (1043). С. 55—58.
14. **Тупов V.** The Theory of a Low-noise Power Facility // Proc. XXIV Intern. Congress on Sound and Vibration. London, 2017. Pp. 1—4.
15. **Тупов V.B.** Increasing Safety of Thermal and Nuclear Power Stations Energy Equipment by Reducing Noise // J. Physics. Conf. Series. 2017. V. 891 (1). P. 012186.
16. **Тупов В.Б., Семин С.А., Тупов Б.В., Тараторин А.А., Розанов Д.А.** Акустические экраны для снижения шума от энергетического оборудования // Электрические станции. 2016. № 10. С. 48—52.
17. **Чувирова С.А., Тупов В.Б.** Возможности акустических экранов для снижения шума ГРП и газопроводов после него // Защита от повышенного шума и вибрации: Сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. СПб., 2019. С. 726—732.
18. **Скворцов В.С., Тупов В.Б.** Излучение шума газораспределительным пунктом и газопроводом после него // Акустика среды обитания: Сб. трудов III Всерос. конф. молодых ученых и специалистов. М., 2018. С. 213—216.
19. **Тупов В.Б., Семин С.А., Тупов Б.В., Тараторин А.А., Розанов Д.А.** Применение акустических экранов для снижения шума от энергетического оборудования // Новое в российской электроэнергетике. 2016. № 11. С. 39—48.
20. **Тупов V.B.** Calculation of Noise Level from a Linear Source with Variable Noise Characteristics Along the Length // Akustika. 2019. V. 32. Pp. 64—66.
21. **Светлов В.В., Шашурин А.Е.** Связь эффективности шумозащитных экранов с их конструктивными особенностями // Акустика среды обитания: Сб. трудов III Всерос. конф. молодых ученых и специалистов. М., 2018. С. 198—206.
6. **SP 4.13130.2013.** Sistemy Protivopozharnoj Zashchity. Ogranichenie Rasprostraneniya Pozhara na Ob'ektah Zashchity. Trebovaniya k Ob'emno-planirovochnym i Konstruktivnym Resheniyam. (in Russian).
7. **Tupov V.B.** Faktory Fizicheskogo Vozdejstviya TES na Okruzhayushchuyu Sredu. M.: Izdat. dom MEI, 2012. (in Russian).
8. **SP 51.13330.2011.** Zashchita ot Shuma. Aktualizirovannaya Redakciya SNiP 23-03—2003. (in Russian).
9. **Bor'ba** s Shumom na Proizvodstve. Pod red. E.Ya. Yudina. M.: Mashinostroenie, 1985. (in Russian).
10. **Ivanov N.I., Shusharin A.E.** Zashchita ot Shuma i Vibracii. SPb.: Pечатnyj Tsekh, 2019. (in Russian).
11. **Shubin I.L., Tsukernikov I.E., Nikolov N.I., Pisarski A.** Osnovy Proektirovaniya Transportnyh Shumozashchitnyh Ekranov. M.: Izdat. dom «Bastet», 2015. (in Russian).
12. **Maekava Z.** Akusticheskie Ekrany. Snizhenie Shuma v Zdaniyah i Zhilyh Rajonah. M.: Strojizdat, 1987: 426—448. (in Russian).
13. **Tupov V.B., Tupov B.V., Skvortcov V.S.** Osobennosti Izlucheniya Shuma ot GRP i Gazoprovodov Posle Nego. Elektricheskie stancii. 2018;6 (1043):55—58. (in Russian).
14. **Tupov V.** The Theory of a Low-noise Power Facility. Proc. XXIV Intern. Congress on Sound and Vibration. London, 2017:1—4.
15. **Tupov V.B.** Increasing Safety of Thermal and Nuclear Power Stations Energy Equipment by Reducing Noise. J. Physics. Conf. Series. 2017;891 (1): 012186.
16. **Tupov V.B., Semin S.A., Tupov B.V., Taratorin A.A., Rozanov D.A.** Akusticheskie Ekrany dlya Snizheniya Shuma ot Energeticheskogo Oborudovaniya. Elektricheskie stancii. 2016;10:48—52. (in Russian).
17. **Chuvirova S.A., Tupov V.B.** Vozmozhnosti Akusticheskikh Ekranov dlya Snizheniya Shuma GRP i Gazoprovodov Posle Nego. Zashchita ot Povyshennogo Shuma i Vibracii: Sb. Dokl. Vseros. Nauch.-prakt. Konf. s Mezhdunarodnym Uchastiem. SPB., 2019:726—732. (in Russian).
18. **Skvortcov V.S., Tupov V.B.** Izluchenie Shuma Gazoraspredeitel'nym Punktom i Gazoprovodom Posle Nego. Akustika Sredy Obitaniya: Sb. Trudov III Vseros. Konf. Molodyh Uchenyh i Spetsialistov. M., 2018: 213—216. (in Russian).
19. **Tupov V.B., Semin S.A., Tupov B.V., Taratorin A.A., Rozanov D.A.** Primenenie Akusticheskikh Ekranov dlya Snizheniya Shuma ot Energeticheskogo Oborudovaniya. Novoe v Rossijskoj Elektroenergetike. 2016;11:39—48. (in Russian).
20. **Tupov V.B.** Calculation of Noise Level from a Linear Source with Variable Noise Characteristics Along the Length. Akustika. 2019;32:64—66.
21. **Svetlov V.V., Shashurin A.E.** Svyaz' Effektivnosti Shumozashchitnyh Ekranov s Ih Konstruktivnymi Osobennostyami. Akustika Sredy Obitaniya: Sb. trudov III Vseros. Konf. Molodyh Uchenyh i Specialistov. M., 2018: 198—206. (in Russian).

22. **Tyurina N.V., Ivanov N.I., Shashurin A.E.** Investigation of Acoustic Barriers for Transport Noise Control // Proc. XXII Intern. Congress on Sound and Vibration. Auburn: Curran Associates Inc., 2015. Pp. 1—39.

23. **Тюрина Н.В., Бобровских В.П.** Новые методики расчета эффективности акустических экранов // Защита населения от повышенного шумового воздействия: Сб. докладов Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. СПб., 2015. С. 323—325.

24. **Тюрина Н.В., Минина Н.Н.** Снижение шума акустическими экранами, установленными на эстакадах // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 6 (38). С. 26—27.

25. **Wilson P.** Innovations that Make Infrastructure and Construction Noise Control More Effective // Proc. XLV Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016. Pp. 4227—4231.

26. **Шашурин А.Е., Тюрина Н.В., Корнилов В.А.** Шумозащитные экраны с надстройкой на свободном ребре // Защита от повышенного шума и вибрации: Сб. докл. V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. СПб., 2015. С. 580—583.

27. **Reiter P., Wehr R., Ziegelwanger H, Conter M.** Optimization of Noise Barrier Reflection Properties // Proc. XLV Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016. Pp. 4261—4265.

28. **Тюрина Н.В.** Применение акустических экранов для снижения шума в жилой застройке // Защита населения от повышенного шумового воздействия: Сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. СПб, 2015. С. 97—112.

29. **Ziegelwanger H., Conter M., Fuchs A., Reiter P., Wehr R.** Optimization of an Acoustic Resonator for Noise Barrier Top Elements // Proc. XLV Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016. Pp. 4203—4210.

30. **ГОСТ 31295.2—2005 (ИСО 9613-2:1996).** Шум. Затухание звука при распространении на местности. Ч. 2. Общий метод расчета.

22. **Tyurina N.V., Ivanov N.I., Shashurin A.E.** Investigation of Acoustic Barriers for Transport Noise Control. Proc. XXII Intern. Congress on Sound and Vibration. Auburn: Curran Associates Inc., 2015:1—39.

23. **Tyurina N.V., Bobrovskih V.P.** Novye Metodiki Rascheta Effektivnosti Akusticheskikh Ekranov. Zashchita Naseleniya ot Povyshennogo Shumovogo Vozdejstviya: Sb. Dokladov Vseros. Nauch.-prakt. Konf. s Mezhdunarodnym Uchastiem. SPb., 2015:323—325. (in Russian).

24. **Tyurina N.V., Minina N.N.** Snizhenie Shuma Akusticheskimi Ekranami, Ustanovlennymi na Estakadah. Bezopasnost' Zhiznedeyatel'nosti. 2012;6 (38):26—27. (in Russian).

25. **Wilson P.** Innovations that Make Infrastructure and Construction Noise Control More Effective. Proc. XLV Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016: 4227—4231.

26. **Shashurin A.E., Tyurina N.V., Kornilov V.A.** Shumozashchitnye Ekran s Nadstrojkoj na Svobodnom Rebre. Zashchita ot Povyshennogo Shuma i Vibracii: Sb. Dokl. V Vseros. Nauch.-prakt. Konf. s Mezhdunar. Uchastiem. SPb., 2015:580—583. (in Russian).

27. **Reiter P., Wehr R., Ziegelwanger H, Conter M.** Optimization of Noise Barrier Reflection Properties. Proc. XLV Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016: 4261—4265.

28. **Tyurina N.V.** Primenenie Akusticheskikh Ekranov dlya Snizheniya Shuma v Zhiloy Zastrojke. Zashchita Naseleniya ot Povyshennogo Shumovogo Vozdejstviya: Sb. Dokl. Vseros. Nauch.-prakt. Konf. s Mezhdunar. Uchastiem. SPb, 2015:97—112. (in Russian).

29. **Ziegelwanger H., Conter M., Fuchs A., Reiter P., Wehr R.** Optimization of an Acoustic Resonator for Noise Barrier Top Elements. Proc. XLV Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016:4203—4210.

30. **GOST 31295.2—2005 (ISO 9613-2:1996).** Shum. Zatushanie Zvuka pri Rasprostranении na Mestnosti. Ch. 2. Obshchij Metod Rascheta.

Сведения об авторах:

Кузьминова Светлана Андреевна — аспирант кафедры тепловых электрических станций НИУ «МЭИ», e-mail: KuzminovaSA@mpei.ru

Тупов Владимир Борисович — доктор технических наук, профессор кафедры тепловых электрических станций НИУ «МЭИ», e-mail: TupovVB@mpei.ru

Information about authors:

Kuzminova Svetlana A. — Ph.D.-student of Thermal Power Plants Dept., NRU MPEI, e-mail: KuzminovaSA@mpei.ru

Tupov Vladimir B. — Dr.Sci. (Techn.), Professor of Thermal Power Plants Dept., NRU MPEI, e-mail: TupovVB@mpei.ru

Работа выполнена при поддержке: РФФИ (научный проект № 19-38-90093)

The work is executed at support: RFBR (Scientific Project No. 19-38-90093)

Статья поступила в редакцию: 22.10.2019

The article received to the editor: 22.10.2019