

УДК 628.517.2

DOI: 10.24160/1993-6982-2020-4-81-88

## Акустическая эффективность экранов для снижения шума от газораспределительных пунктов и их газопроводов

В.Б. Тупов, С.А. Кузьмина

Цель настоящей работы — определение возможностей акустических экранов для снижения шума от газораспределительных пунктов (ГРП) и газопроводов после него.

Особенностью расчета от здания ГРП является то, что за основной источник шума можно принять шум, излучаемый от здания ГРП в месте вывода газопроводов. Исключительность расчета от газопроводов заключается в том, что шум излучается неравномерно по длине, а газопроводы проходят на разной высоте над уровнем земли.

Проведены расчеты с использованием вычислительной техники по акустической эффективности экранов разной высоты от здания ГРП, а также от газопроводов после ГРП, проходящих на разной высоте от земли при фиксированной высоте экрана. Построены трехмерные графики по определению затухания от высоты экрана и расстояния от экрана до расчетной точки при фиксированном расстоянии от ГРП до экрана. Выполненные расчеты показывают, что обеспечить допустимые санитарные нормы для производственных территорий использованием экрана от шума здания крупной ГРП с уровнем звука 110 дБА не представляется возможным. Показано, что максимальное затухание шума от шума здания ГРП будет при высоте экрана не меньше 7,4 м при расположении расчетной точки на расстоянии 300 м. Вычисления показали, что увеличение высоты прохождения газопровода ведет к уменьшению затухания экраном. При высоте меньше 2,5 м от газопровода до верхней кромки экрана использование экрана не рекомендуется. Доказано, что из-за уменьшения звука по длине газопровода применение экранов позволяет обеспечить допустимые санитарные нормы для производственных территорий.

*Ключевые слова:* снижение шума, газораспределительный пункт, газопровод, экран.

*Для цитирования:* Тупов В.Б., Кузьмина С.А. Акустическая эффективность экранов для снижения шума от газораспределительных пунктов и их газопроводов // Вестник МЭИ. 2020. № 4. С. 81—88. DOI: 10.24160/1993-6982-2020-4-81-88.

## The Acoustic Efficiency of Barriers for Reducing Noise from Gas Distribution Stations and Their Gas Pipelines

V.B. Tupov, S.A. Kuzminova

The aim of this study is to determine the capabilities of acoustic barriers to reduce noise from gas distribution stations (GDS) and gas pipelines outgoing from them. The specific feature relating to the calculation of noise from the GDS building is that the noise emitted from the GDS building at the gas pipelines exit place can be taken as the main source of noise. The uniqueness of the calculation of noise from gas pipelines is that the noise is emitted nonuniformly over the length, and that the gas pipelines go at different heights above the ground level. Computer-aided calculations are carried out for estimating the acoustic efficiency of barriers having different heights in terms of reducing noise from the GDS building and from the gas pipelines going from the GDS building at different heights from the ground at a fixed barrier height. Three-dimensional graphs for determining the attenuation as a function of the barrier height and distance from the barrier to the calculated point at a fixed distance from the GDS building to the barrier are plotted. The calculation results show that it is not possible to fulfill the permissible sanitary norms for industrial areas by using an acoustic barrier from the noise of a large GDS building with a sound level of 110 dBA. It is shown that the maximum attenuation of noise from the GDS building will be at a barrier height of not less than 7.4 m with the calculation point located at a distance of 300 m. The calculation results have shown that the larger the gas pipeline placement height, the less efficient the noise attenuation by the barrier is. If the height from the gas pipeline to the barrier top edge is less than 2.5 m, the use of the barrier is not recommended. It is shown that, owing to the reduction of sound along the gas pipeline, the application of barriers makes it possible to comply with the permissible sanitary norms for production areas.

*Key words:* noise reduction, gas distribution station, gas pipeline, barrier.

*For citation:* Tupov V.B., Kuzminova S.A. The Acoustic Efficiency of Barriers for Reducing Noise from Gas Distribution Stations and Their Gas Pipelines. Bulletin of MPEI. 2020;4:81—88. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2020-4-81-88.

### Состояние вопроса и постановка задачи

Шум в условиях современного мегаполиса и его развитой инфраструктуры — наиболее значимый из негативных факторов, воздействующих на человека [1].

Объекты энергетики (ТЭС, РТС, трансформаторные подстанции и т. д.) являются интенсивными источниками шума. Из-за высокой плотности городской застройки ТЭЦ часто находятся внутри больших жилых районов, что ведет к превышению действующих санитарных норм [2] по фактору шума. Один из источников шума на ТЭЦ — газораспределительный пункт (ГРП) и газопроводы после него.

Рассмотрена возможность снижения шума от ГРП и газопроводов после него с помощью акустических экранов, используемых для снижения автомобильного и железнодорожного шума [2 — 13]. В энергетике применение акустических экранов рассматривалось как для создания малошумного предприятия [14, 15], так и для снижения шума от отдельных источников [16 — 19]. Но не все вопросы достаточно изучены. Излучение шума от здания ГРП и газопроводов от него имеет свои особенности, которые ранее не рассматривались и впервые учтены в настоящей работе.

Согласно [20] объект считают барьером или экраном, если:

- его поверхностная плотность не менее  $10 \text{ кг/м}^2$ ;
- поверхность сплошная, без больших разрывов или просветов;
- горизонтальный размер экрана в направлении, перпендикулярном к линии, соединяющей источник и приемник, более длины звуковой волны  $\lambda$  с частотой, равной среднегеометрической частоте октавной полосы.

В соответствии с рекомендациями [20] в любой октавной полосе частот не следует принимать затухание более 20 дБ в случае дифракции на одной кромке (плоские экраны) и 25 дБ — на двух кромках (толстые экраны), что приблизительно соответствует максимальному превышению санитарных норм от здания ГРП и газопроводов после него.

Максимальное значение в спектре шума приходится на высокие частоты, особенно для октавных полос со среднегеометрическими частотами 1000 и 2000 Гц [21]. Шум от ГРП — высокочастотный, постоянный и широкополосный. Величина превышения санитарных норм для производственных зон в 80 дБА составляет около 30 дБА [22].

Для достижения поставленной цели выполнены расчеты с использованием вычислительной техники по определению затухания шума от экранов разной высоты здания ГРП, а также газопроводов после ГРП, проходящих на разной высоте от земли при фиксированной высоте экрана, а также влиянию изменения шума по длине газопровода.

### Использование экранов для снижения шума от здания газораспределительного пункта

Сделаны расчеты, в которых учитывали особенность излучения шума от здания ГРП, заключающуюся в том,

что уровни звука от боковых поверхностей и торца, куда входят газопроводы высокого давления, минимум на 10 дБА меньше, чем от стены здания, откуда они выходят. Поэтому здание ГРП можно рассматривать как точечный источник шума в месте выхода из него газопроводов.

Акустическая эффективность рассчитана согласно [20].

Затухание на экране  $D_z$  (в децибелах) для основного пути равно [20]:

$$D_z = 10 \lg \left[ 3 + \left( \frac{C_2}{\lambda} \right) C_3 z K_{мет} \right], \quad (1)$$

где  $C_2, C_3$  — константы, учитывающие эффект отражения от земли и дифракцию на верхних кромках,  $C_2 = 20$ ;  $\lambda$  — длина звуковой волны с частотой, равной среднегеометрической частоте октавной полосы, м;  $z$  — разность в длинах путей распространения звука через дифракционную кромку и прямого звука;  $K_{мет}$  — коэффициент, учитывающий влияние метеорологических условий.

Расстояние от отдельно стоящих ГРП по горизонтали до зданий и сооружений должно быть не менее 10 м в соответствии с [23], поэтому для расчетов примем, что расстояние от ГРП до экрана — 10 м.

На рисунке 1 показано затухание на экране  $D_z$  для высоты экрана от 6 до 10 м при высоте источника шума (выход газопровода после ГРП) — 1,5 м и расстоянии от источника шума до экрана — 10 м. Расчетная точка находится на высоте 1,5 м, а расстояние между расчетной точкой и экраном — 300 м. На рисунке 1 видно, что наибольшее затухание происходит на высоких частотах, наименьшее — на низких.

Для определения эффективности использования акустических экранов в зависимости от высоты экрана и расстояния до расчетной точки выполнен расчет в программе MathCad. Высота экрана  $H = 3, 5, 8$  м, расстояние от ГРП до экрана — 10 м. Расстояния от экрана до расчетной точки  $d = 3, 50, 100, 300$  и 500 м. Высота источника шума — 1,5 м, а расположения РТ — 1,5 м.

Для оценки зависимости эффективности использования акустических экранов при высоких и низких частотах расчет проходил в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц (таблица). На рисунке 2 представлен график зависимости при среднегеометрической частоте  $f = 500$  Гц, а на рис. 3 — для  $f = 1$  кГц. Таким образом, с увеличением частоты акустическая эффективность экранов возрастает. Учитываем, что по [22] максимальное превышение санитарных норм имеет место на среднегеометрической частоте 1000 Гц. Несложно из (1) найти, что необходимая высота экрана для получения максимального затухания 20 дБ на среднегеометрической частоте 1000 Гц при расположении экрана на расстоянии 10 м от ГРП и 300 м от расчетной точки должна быть не меньше 7,4 м. Также следует отметить, что для разных частот в зависимости от расстояния акустическая эффективность меняется. Так, для среднегеометрической частоты 500 Гц макси-

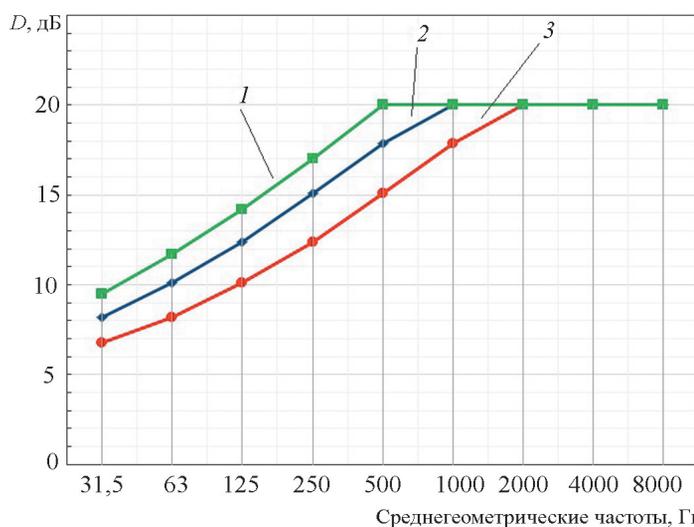


Рис. 1. Затухание от экрана в зависимости от его высоты  $h = 10$  (1),  $8$  (2),  $6$  (3) м

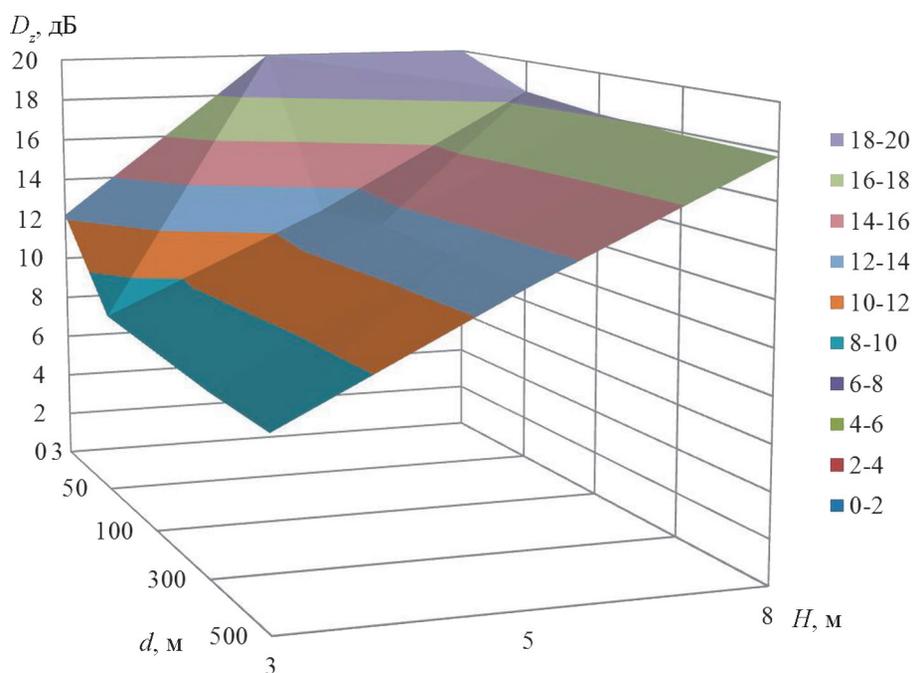


Рис. 2. Затухание от экрана в зависимости от его высоты и расстояния до него от расчетной точки при среднегеометрической частоте  $f = 500$  Гц

мальное затухание 20 дБ достигается только для расстояния 3 м от экрана.

Видно, что использование только экрана при обеспечении санитарных норм для производственных зон в 80 дБА около здания ГРП недостаточно.

**Использования экранов для снижения шума от газопроводов после газораспределительного пункта**

Для решения данной задачи составлена математическая модель, учитывающая особенности излучения шума от газопроводов после здания ГРП: прохождение газопроводов на разной высоте над землей и переменные шумовые характеристики по их длине [24].

**Результаты расчетов затухания в зависимости от высоты экранов и расположения расчетной точки**

f, Гц	d, м	H, м		
		3	5	8
500	3	12,2	20	20
	50	8,4	13	18,5
	100	8,2	13,4	18,1
	300	8	13,2	17,9
	500	8	13,1	17,8
1000	3	14,8	20	20
	50	10,3	16,5	20
	100	10,1	16,1	20
	300	9,9	15,9	20
	500	9,8	15,8	20

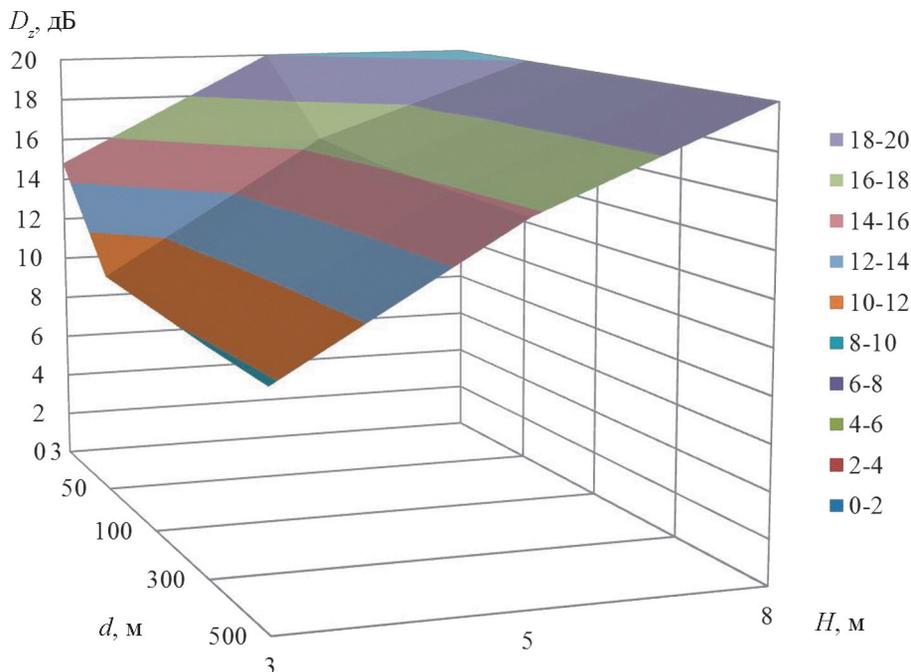


Рис. 3. Затухание от экрана в зависимости от его высоты и расстояния до него от расчетной точки при среднегеометрической частоте  $f = 1000$  Гц

Рассмотрим влияние высоты прохождения газопровода над землей на затухание шума экраном постоянной высоты. Для этого в программе Predictor выполнена математическая модель. Газопровод длиной 600 м принят как линейный источник шума с постоянными шумовыми характеристиками. Высота экрана — 10 м, расстояние от источника до экрана — 3 м. Расчетные точки находились на расстоянии 50, 100, 300 (на границе СЗЗ), 500 м (на границе зоны жилой застройки) и на расстоянии 3 м от экрана. Газопровод проходил на разной высоте над землей: 1,5; 3, 5, 8 м.

Анализ полученных данных позволил сделать вывод, что акустическая эффективность экрана существенно зависит от высоты расположения источника шума и расстояния от источника до расчетной точки (рис. 4). Она снижается при увеличении высоты прохождения газопровода. Из графика рис. 4 следует, что наилучшее затухание наблюдается при высоте газопровода 1,5 м. При определении необходимой высоты экрана следует учитывать, что акустическая эффективность выше при минимальной высоте прохождения газопровода. Однако после определенной высоты экрана его эффективность остается неизменной. Максимальное затухание наблюдается для расчетной точки, расположенной на расстоянии 300 м, при среднегеометрической частоте 2000 Гц для газопроводов высотой 1,5 и 2 м. С увеличением расстояния от газопровода до расчетной точки акустическая эффективность уменьшается на 3 дБА.

Для определения минимального расстояния расположения оси газопровода от верхней кромки экрана, при котором использование экрана будет неэффективным, сделан расчет, демонстрирующий разность между за-

туханием экрана при минимальной высоте газопровода 1,5 м и заданными высотами (2, 3, 4 м). Итоги изображены на рис. 5. На графике видно, что для среднегеометрической частоты 1000 Гц разность между затуханием шума экранов составляет больше 9 дБ. Использование акустического экрана при расстоянии меньше 2,5 метров от газопровода до кромки экрана, малоэффективно.

Для определения влияния изменения уровня шума по длине газопровода построена математическая модель. Длина газопровода равна 100 м. По всей его длине и на расстоянии 3 м от него располагается акустический экран высотой 5 м. Газопровод проходит на высоте 1,5 м над землей и смоделирован как линейный источник шума с переменными характеристиками по длине. Заданы начальные характеристики уровня звукового давления в точке выхода газопровода из здания ГРП, аналогичные данным, полученным на станциях. Снижение уровней звука по длине газопровода вычисляется по формуле [24]:

$$\Delta L = 14,7 \lg r - 14,7,$$

где  $r > 10$  м.

Для удобства газопровод разбит на десять линейных источников шума длиной  $R = 10$  м каждый. Данное допущение позволяет учесть переменные шумовые характеристики газопровода для 100 м участка с погрешностью  $\pm 0,6$  дБ. На рисунке 6 показаны полученные данные уровней звука по мере удаления от здания ГРП. Они были занесены в программу Predictor. По результатам расчетов построены изолинии, показывающие снижение уровней звука с удалением газопровода от ГРП (рис. 7).

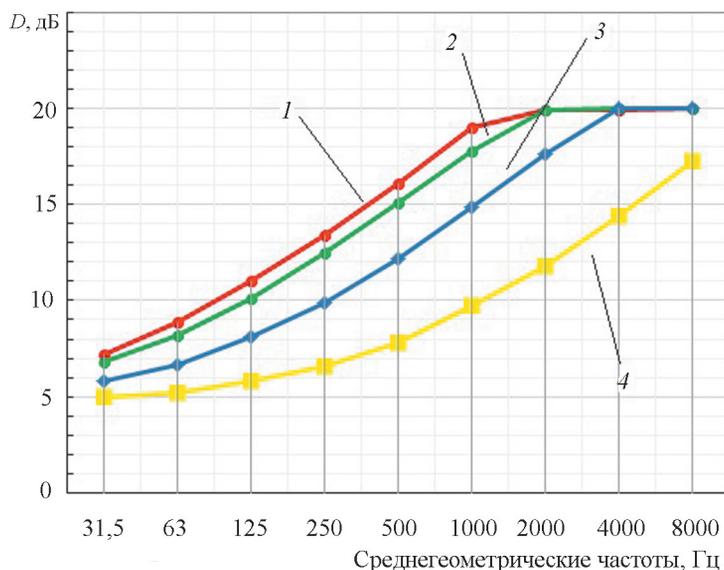


Рис. 4. Затухание от экрана на расстоянии 300 м при высоте прохождения газопровода над землей, равной 1,5 (1), 2 (2), 3 (3) и 4 (4) м

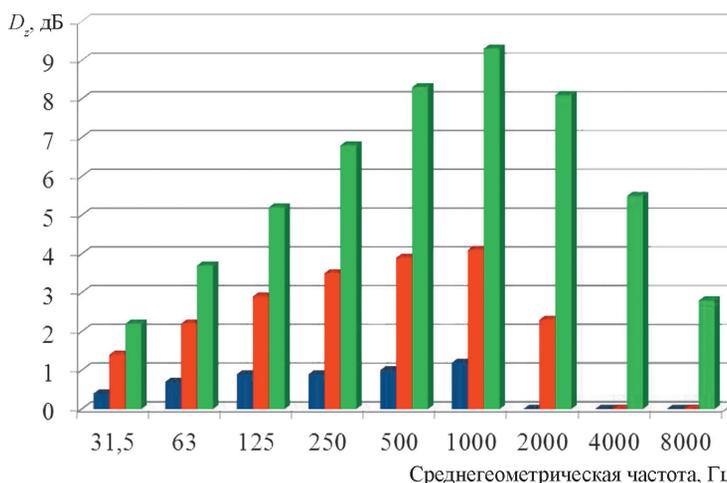


Рис. 5. Разность в затуханиях от экрана высотой 5 м на расстоянии 3 м и высоте 1,5 м и при прохождении газопровода:

■ — 3,5 м от кромки экрана; ■ — 2,5 м от кромки экрана; ■ — 1 м от кромки экрана

Из рисунка 7 следует, что с увеличением расстояния от ГРП уровень шума от газопровода снижается. Построенные изолинии доказывают, что акустический экран с постоянными характеристиками по длине не позволяет обеспечить требуемые величины возле точки выхода газопровода из здания ГРП, но по мере удаления (более 100 м) уровни звука уменьшаются более чем на 15 дБА. На таких расстояниях уровень звука от газопровода ГРП не будет превышать допустимые нормы для территории производственных зон.

### Заключение

Акустические экраны являются одним из способов снижения шума от энергетического оборудования, в том числе от здания ГРП и газопроводов от него.

Построены трехмерные графики по определению затухания от высоты экрана и расстояния от экрана до рас-

четной точки при фиксированном расстоянии от ГРП до экрана. Проведенные расчеты показывают, что обеспечить допустимые санитарные нормы для производственных территорий использованием экрана от шума здания крупной ГРП с уровнем звука 110 дБА невозможно.

Максимальное затухание шума от здания ГРП будет достигнуто при высоте экрана не меньше 7,4 м и расположении расчетной точки на расстоянии 300 м.

Проведенные расчеты показали, что увеличение высоты прохождения газопровода приводит к уменьшению затухания экраном. При высоте меньше 2,5 м от газопровода до верхней кромки экрана использование экрана не рекомендуется.

Продемонстрировано, что из-за уменьшения звука по длине газопровода использование экранов позволяет обеспечить допустимые санитарные нормы для производственных территорий.

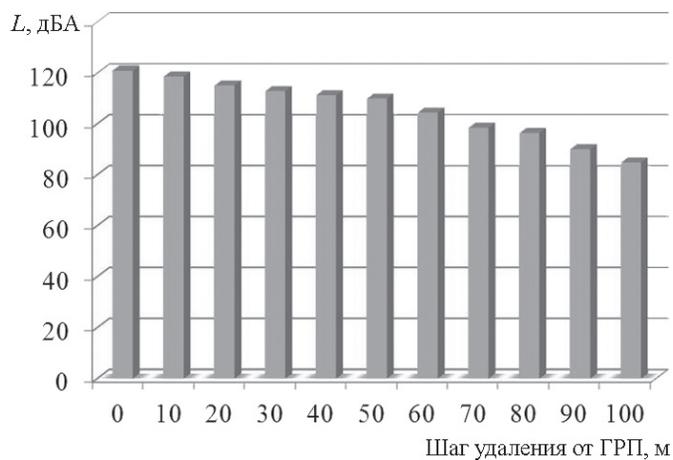


Рис. 6. Значения уровня звука по мере удаления от ГРП при расстоянии 10 м от него

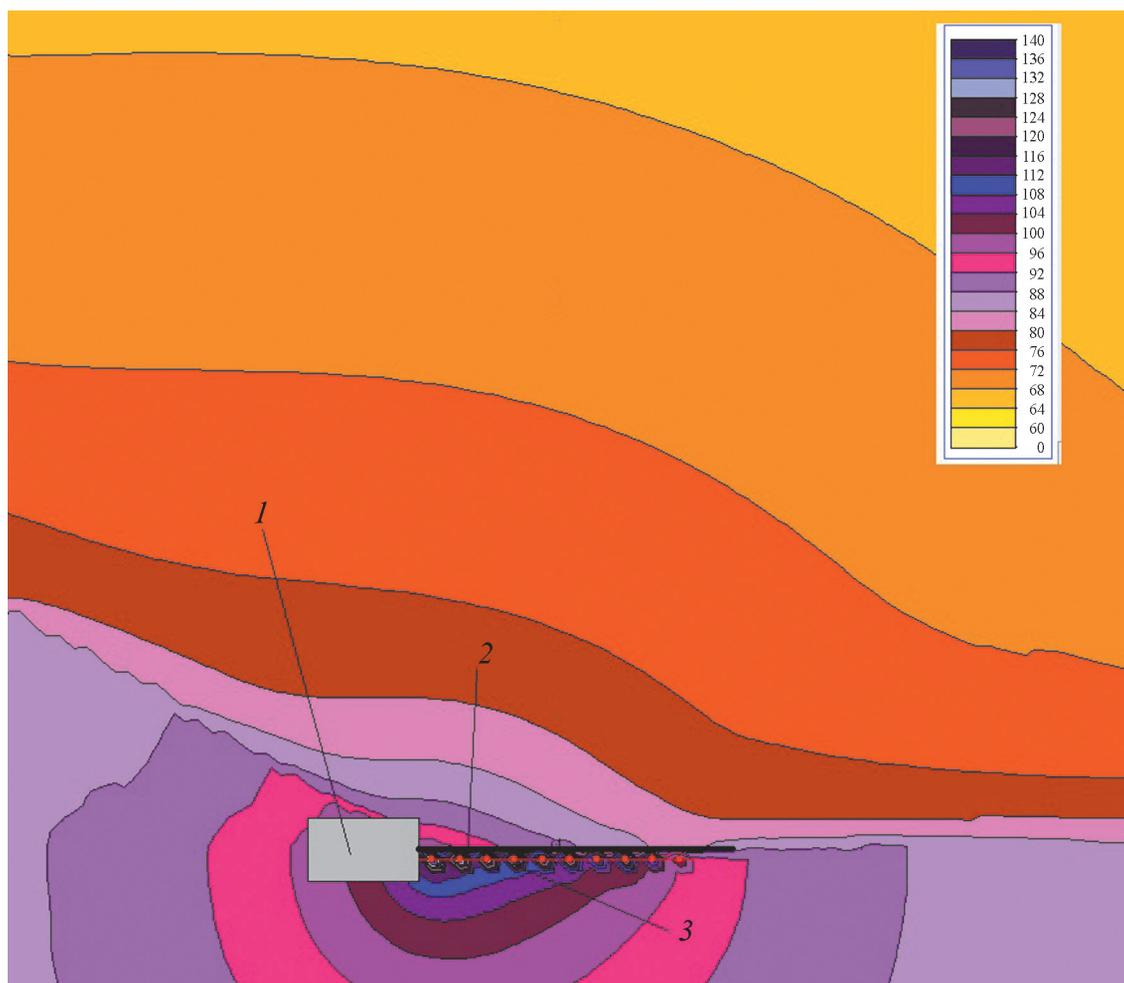


Рис. 7. Изолинии уровня звука по длине газопровода:  
1 — ГРП; 2 — акустический экран; 3 — газопровод

## Литература

## References

1. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2016 году. М.: Управление Роспотребнадзора по г. Москве, 2017.

2. **СН 2.2.4/2.1.8.562—96.** Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

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

4. **Wilson P.** Innovations that Make Infrastructure and Construction Noise Control More Effective // Proc. of 45<sup>th</sup> Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016. Pp. 4227—4231.

5. **СП 51.13330.2011.** Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03—2003.

6. **Иванов Н.И., Шушарин А.Е.** Защита от шума и вибрации. СПб.: Печатный Цех, 2019.

7. **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.

8. **Маекава З.** Акустические экраны // Снижение шума в зданиях и жилых районах. М.: Стройиздат, 1987. С. 426—448.

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

10. **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.

11. **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.

12. **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.

13. **Reiter P., Wehr R., Ziegelwanger H., Conter M.** Optimization of Noise Barrier Reflection Properties // Proc. of 45<sup>th</sup> Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016. Pp. 4261—4265.

14. **Tupov V.B.** The Theory of a Low-noise Power Facility // Proc. of 24<sup>th</sup> Intern. Congress Sound and Vibration. London, 2017.

15. **Tupov 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.

1. **O Sostoyanii** Sanitarno-epidemiologicheskogo Blagopoluchiya Naseleniya v RF v 2016 Godu. M.: Upravlenie Rospotrebnadzora po g. Moskve, 2017. (in Russian).

2. **SN 2.2.4/2.1.8.562—96.** Shum na Rabochih Mestah, v Pomeshchennyah Zhilyh, Obshchestvennyh Zdanij i na Territorii Zhiloy Zastrojki. (in Russian).

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

4. **Wilson P.** Innovations that Make Infrastructure and Construction Noise Control More Effective. Proc. of 45<sup>th</sup> Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016: 4227—4231.

5. **SP 51.13330.2011.** Zashchita ot Shuma. Aktualizirovannaya Redakciya SNiP 23-03—2003. (in Russian).

6. **Ivanov N.I., Shusharin A.E.** Zashchita ot Shuma i Vibratsii. SPb.: Pechatnyy Tsekh, 2019. (in Russian).

7. **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).

8. **Maekava Z.** Akusticheskie Ekran. Snizhenie Shuma v Zdaniyah i Zhilyh Rajonah. M.: Strojizdat, 1987: 426—448. (in Russian).

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

10. **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).

11. **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).

12. **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).

13. **Reiter P., Wehr R., Ziegelwanger H., Conter M.** Optimization of Noise Barrier Reflection Properties. Proc. of 45<sup>th</sup> Intern. Congress Noise Control Eng. Hamburg, 2016:4261—4265.

14. **Tupov V.B.** The Theory of a Low-noise Power Facility. Proc. of 24<sup>th</sup> Intern. Congress Sound and Vibration. London, 2017.

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. **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. **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

18. **Чувирова С.А., Тупов В.Б.** Возможности акустических экранов для снижения шума ГРП и газопроводов после него // Защита от повышенного шума и вибрации. СПб., 2019. С. 726—732.

19. **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.

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

21. **Тупов В.Б.** Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду. М.: Издат. дом МЭИ, 2012.

22. **Тупов В.Б.** Снижение шума от энергетического оборудования. М.: Изд-во МЭИ, 2005.

23. **СП 62.13330.2011.** Газораспределительные системы.

24. **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—57.

16. **Tupov V.B., Semin S.A., Tupov B.V., Taratorin A.A., Rozanov D.A.** Akusticheskie Ekраны dlya Snizheniya Shuma ot Energeticheskogo Oborudovaniya. Elektricheskie stancii. 2016;10:48—52. (in Russian).

17. **Tupov V.B., Semin S.A., Tupov B.V., Taratorin A.A., Rozanov D.A.** Primenenie Akusticheskikh Ekранov dlya Snizheniya Shuma ot Energeticheskogo Oborudovaniya. Novoe v Rossijskoj Elektroenergetike. 2016;11:39—48. (in Russian)

18. **Chuvirova S.A., Tupov V.B.** Vozmozhnosti Akusticheskikh Ekранov 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).

19. **Skvortcov V.S., Tupov V.B.** Izluchenie Shuma Gazoraspredeitel'ny'm Punktom i Gazoprovodom Posle Nego. Akustika Sredy Obitaniya: Sb. Trudov III Vseros. Konf. Molodyh Uchenyh i Spetsialistov. M., 2018: 213—216. (in Russian).

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

21. **Tupov V.B.** Faktory Fizicheskogo Vozdejstviya TES na Okruzhayushchuyu Sredu. M.: Izdat. dom MEI, 2012. (in Russian).

22. **Tupov V.B.** Snizhenie Shuma ot energeticheskogo Oborudovaniya. M.: Izd-vo MEI, 2005. (in Russian).

23. **SP 62.13330.2011.** Gazoraspredeitel'nye Sistemy. (in Russian).

24. **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).

#### Сведения об авторах:

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

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

#### Information about authors:

**Tupov Vladimir B.** — Dr.Sci. (Techn.), Professor of Thermal Power Plants Dept., NRU MPEI, e-mail: TupovVB@mpei.ru  
**Kuzminova Svetlana A.** — Ph.D.-student of Thermal Power Plants Dept., NRU MPEI, e-mail: KuzminovaSA@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)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

**Статья поступила в редакцию:** 03.12.2019

**The article received to the editor:** 03.12.2019