НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

1930

МЭИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

Скворцов Виталий Сергеевич

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ИЗЛУЧЕНИЯ ШУМА ОТ ГРП И ГАЗОПРОВОДОВ ОТ НЕГО С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Доклад по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Тупов В.Б.

Актуальность темы исследования

Газорегуляторный пункт является одним из источников шума для тепловых электрических станций и других энергетических объектов. Измерения уровней звукового давления в близи ГРП показывают, что при работе ГРП на станциях средней и большой мощности уровень звука может составлять 110 дБА и выше.

Многие энергетические объекты, особенно ТЭЦ, располагаются в близи жилой застройки в черте крупных городов, в которой может проживать тысячи людей.

Проблема снижения вредного воздействия шума от ГРП является актуальной задачей, так как ГРП может быть источником превышений значений уровня звукового давления и уровня звука.

Таблица 1. Превышение допустимых норм для рабочих зон от различного оборудования

Оборудование	**Превышение, дБА**
Аварийные сбросы пара	36-58
Газовые турбины	18-32
Тягодутьевые машины	5-15
ГРП	20-25
РОУ	28-32
Градирни	До 7
Трансформаторы	До 5

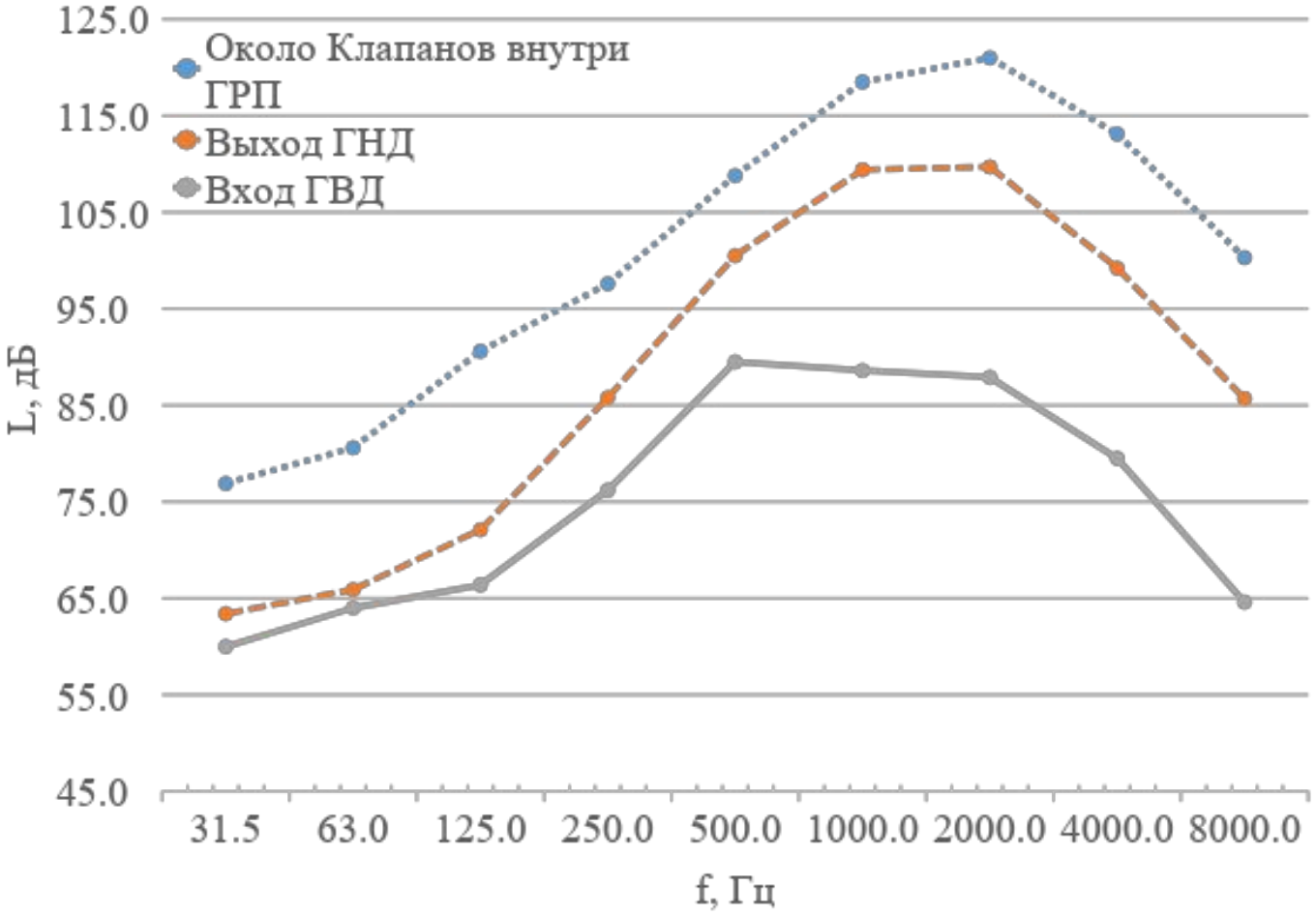
Научная новизна

1. Выведена формула, на основе экспериментальных данных, характеризующая изменение уровня шума по длине газопровода низкого давления от ГРП. Получен коэффициент, определяющий снижение шума по длине газопровода низкого давления.
2. Определены зависимости размера санитарно-защитной зоны ГРП от расхода пригодного газа, электрической мощности ТЭС и вида регулирующего клапана.
3. Получено изменение коэффициентов затухания звука в атмосфере, зависящего от региональных климатических факторов, для территории Российской Федерации для различных среднегеометрических частот.

Практическая значимость

1. Предложены для практического применения методы расчета от шума газопровода низкого давления ГРП для определения требуемого снижение шума и разработке мер по его шумоглушению.
2. Предложены для практического применения формулы расчета размеров санитарно-защитной зоны от расхода газа и/или электрической мощности ТЭС, типа клапана от ГРП.
3. Разработаны рекомендации по учету региональных климатических факторов для разработки мер по шумоглушению от ГРП и газопроводов от него. На основании предложенных рекомендаций с учетом переменных шумовых характеристик газопровода были осуществлены меры по шумоглушению на ООО «Теплоснабжающая компания Мосэнерго» Химкинский филиал, использование которых подтверждено Актом внедрения.

ГРП как источник шума. Результаты измерений вокруг ГРП



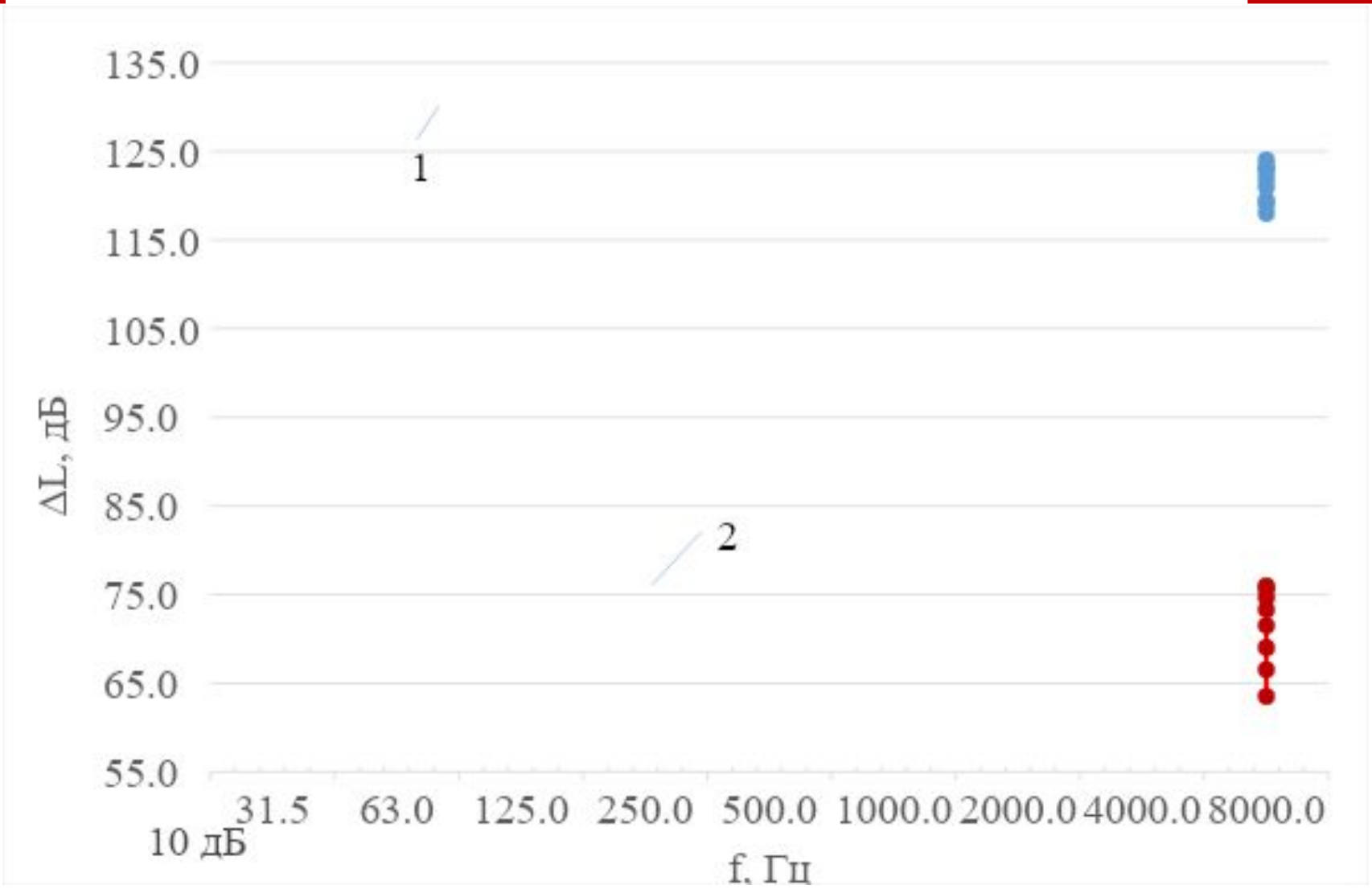
Характерные точки около здания ГРП и типичные спектры уровней звукового давления около ГРП.

ГРП как источник шума. Методы снижения шума, генерируемого на регулирующих клапанах ГРП

Таблица 2. Классификация глушителей в зависимости от величины снижения уровня звука, дБА:

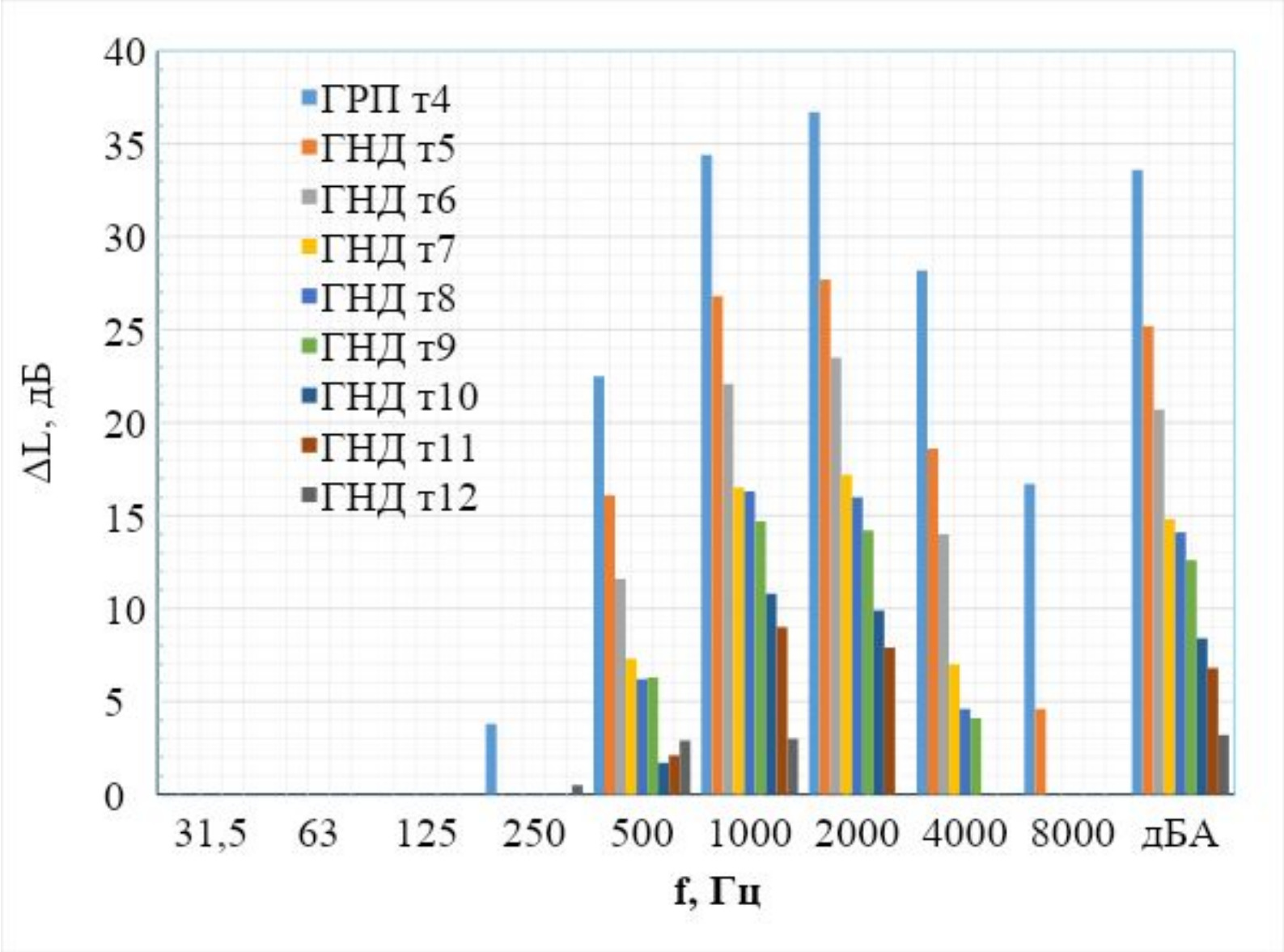
Наименование	Величина снижения уровня звука, дБА
ШГ (ГАЗПРОММАШ)	15-25
Глушители серии SR и SRII (Tartarini), FisherEWD (SteamForm), STR (Tartarini)	20
Глушители серии SRS и SRSII(Tartarini)	30

Газопроводы после ГРП как источник шума. Причины возникновения основного шума, излучаемого от газопроводов после ГРП.



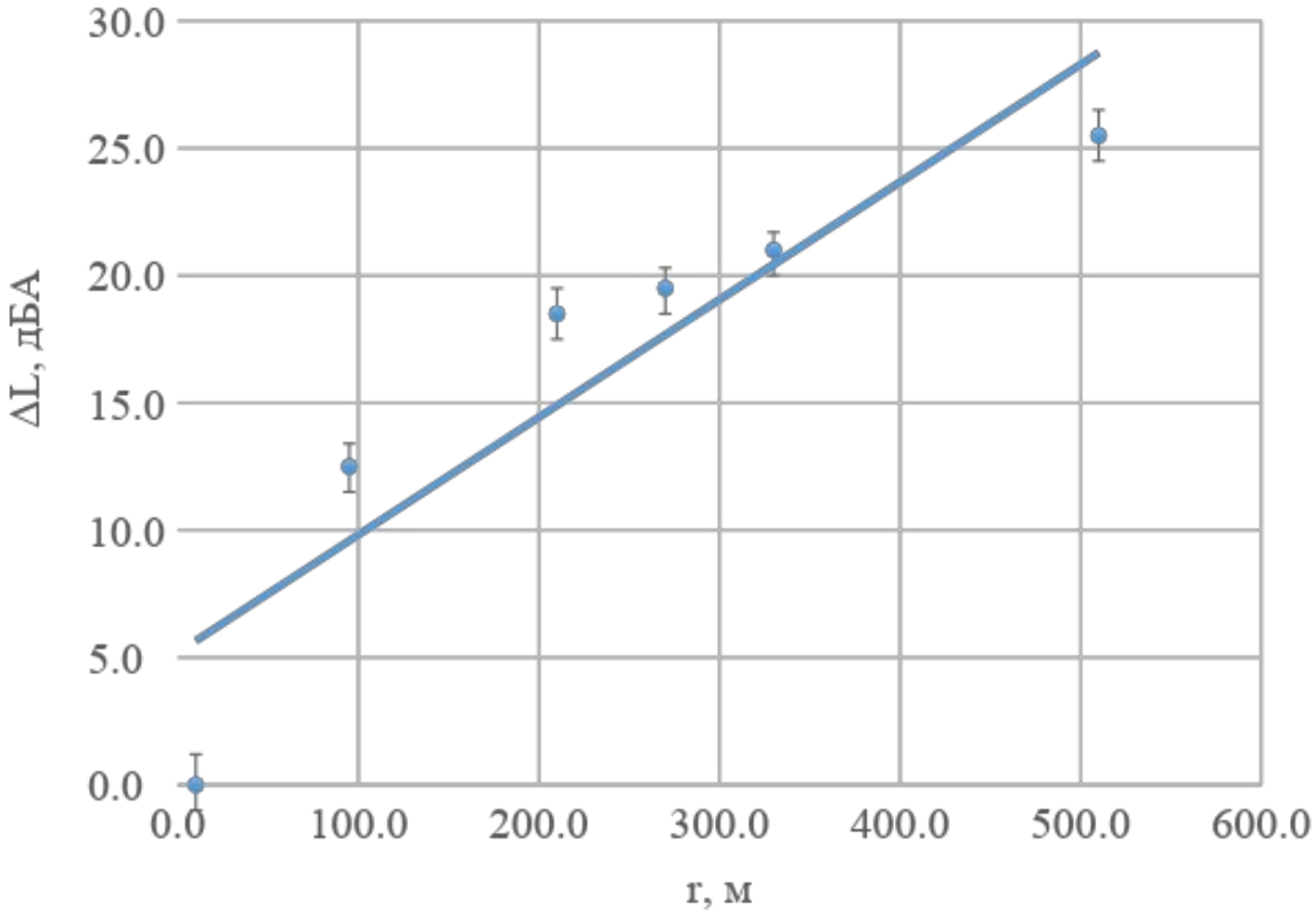
Уровни звуковой мощности для потока природного газа в газопроводе (2-красная) и уровни звуковой мощности потока на редуцирующем клапане (1-синяя).

Газопроводы после ГРП как источник шума. Результаты измерений уровней шума по длине газопроводов низкого давления.



Превышения ПДУ вдоль газопровода низкого давления

Газопроводы после ГРП как источник шума. Результаты измерений уровней шума по длине газопроводов низкого давления.



Снижение уровня звука по результатам измерений вдоль газопровода на расстоянии 10 м от него

С увеличением расстояния по длине газопровода r, м, от ГРП можно рассчитать снижение уровня звука:

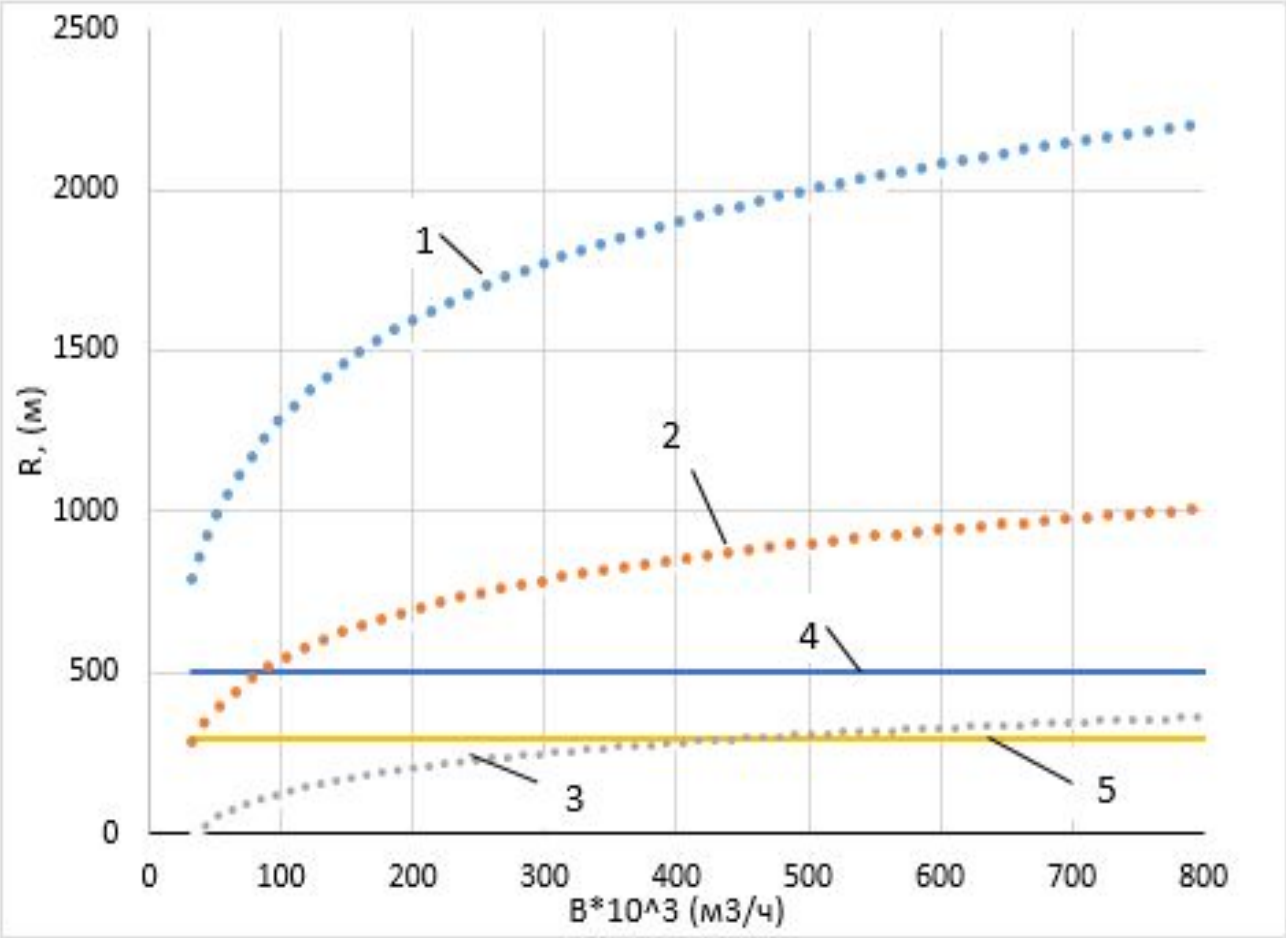
$$\Delta L = 14{,}7 \lg r - 14{,}7 \qquad (2)$$

Здесь r >10 м.

Из формулы характеризующей изменение звукового давления по всей длине газопровода и из (2) был получен коэффициент k, характеризующий снижение уровня шума по длине газопровода:

$$k = \frac{3{,}387}{l} \lg\left(\frac{l}{10}\right) \qquad (3)$$

Влияние мощности станции и типа клапана на уровень шума излучаемый ГРП и газопроводами низкого давления.



Ширина СЗЗ, соответствующая ночным санитарным нормам для жилой застройки в зависимости от расхода топлива и типа клапана.

Формула зависимости размера СЗЗ R, м, от расхода природного газа B, 103 м3/ч, и эмпирические коэффициенты для клапанов РДО, РДБК, Reval:

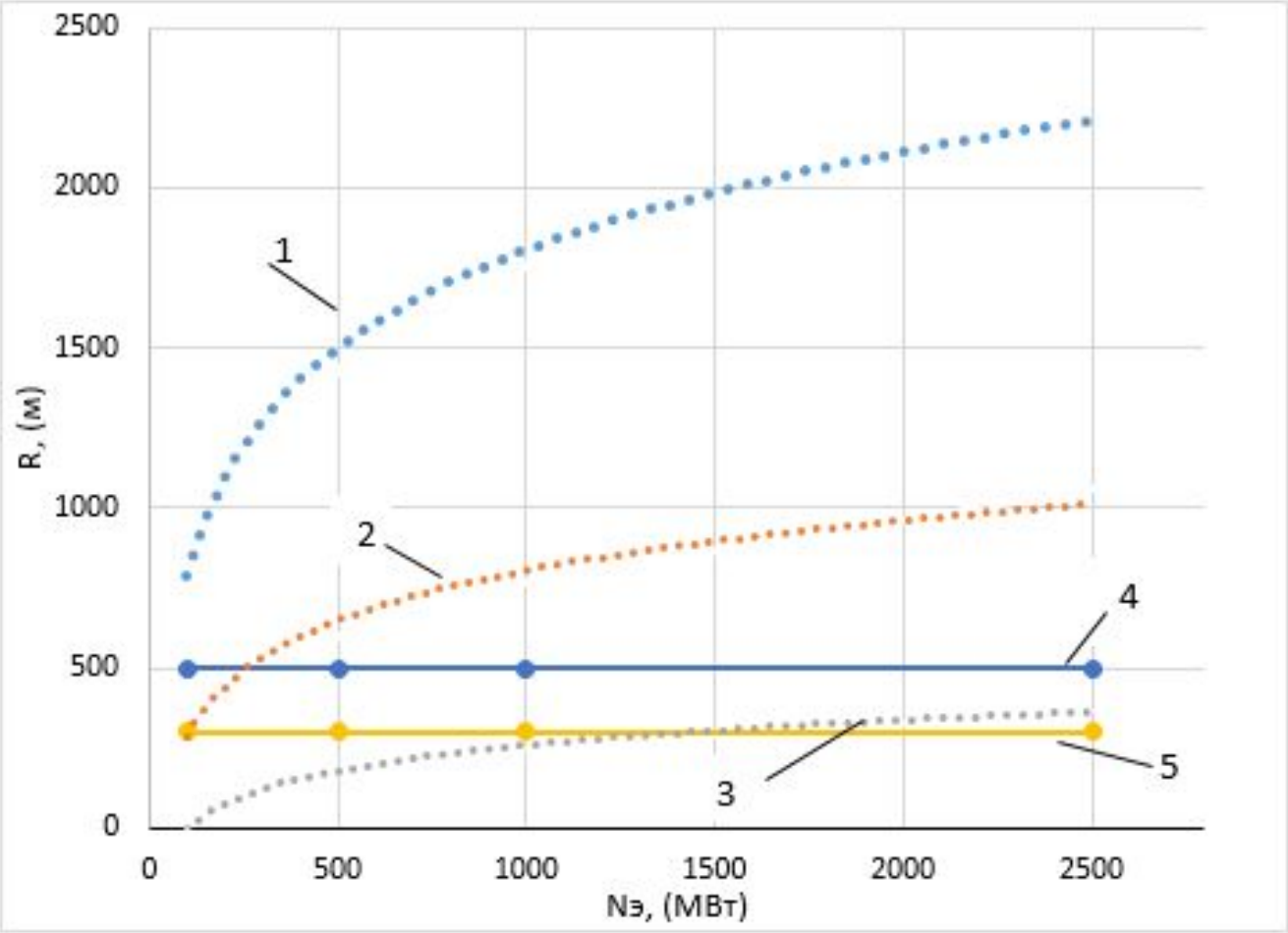
R(B)=Aln(B)+C, (4)

где B – расход топлива, тыс. м3/ч; A и C – эмпирические коэффициенты

Таблица 3:

Вид клапана	Коэффициент A	Коэффициент C	Величина достоверности R2
РДО	441	-741,65	0.98
РДБК	225	-497,38	0.97
Reval	114	-398,19	0.99

Влияние мощности станции и типа клапана на уровень шума излучаемый ГРП и газопроводами низкого давления.



Ширина СЗЗ, соответствующая ночным санитарным нормам для жилой застройки в зависимости от мощности станции и типа клапана.

Формула зависимости размера СЗЗ R, м, от электрической мощности станции Nэл, МВт, и эмпирические коэффициенты для клапанов РДО, РДБК, Reval:

R(Nэ)=Aln(Nэ)+C, (5)

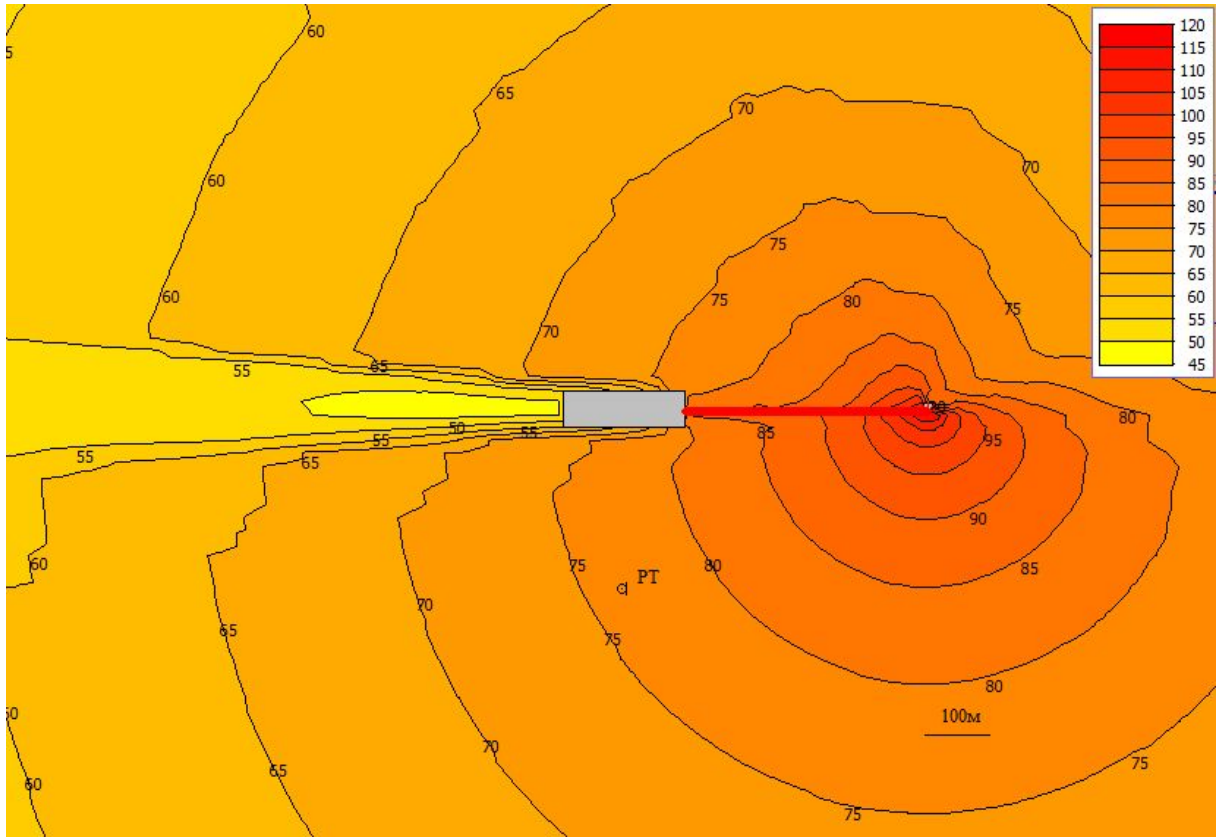
где Nэ – электрическая мощность станции, МВт; A и C – эмпирические коэффициенты

Таблица 4:

Вид клапана	Коэффициент A	Коэффициент C	Величина достоверности R2
РДО	441	-1240,2	0.98
РДБК	225	-751,46	0.97
Reval	113,7	-526,47	0.99

Влияние расположения оборудования относительно друг друга и окружающего района

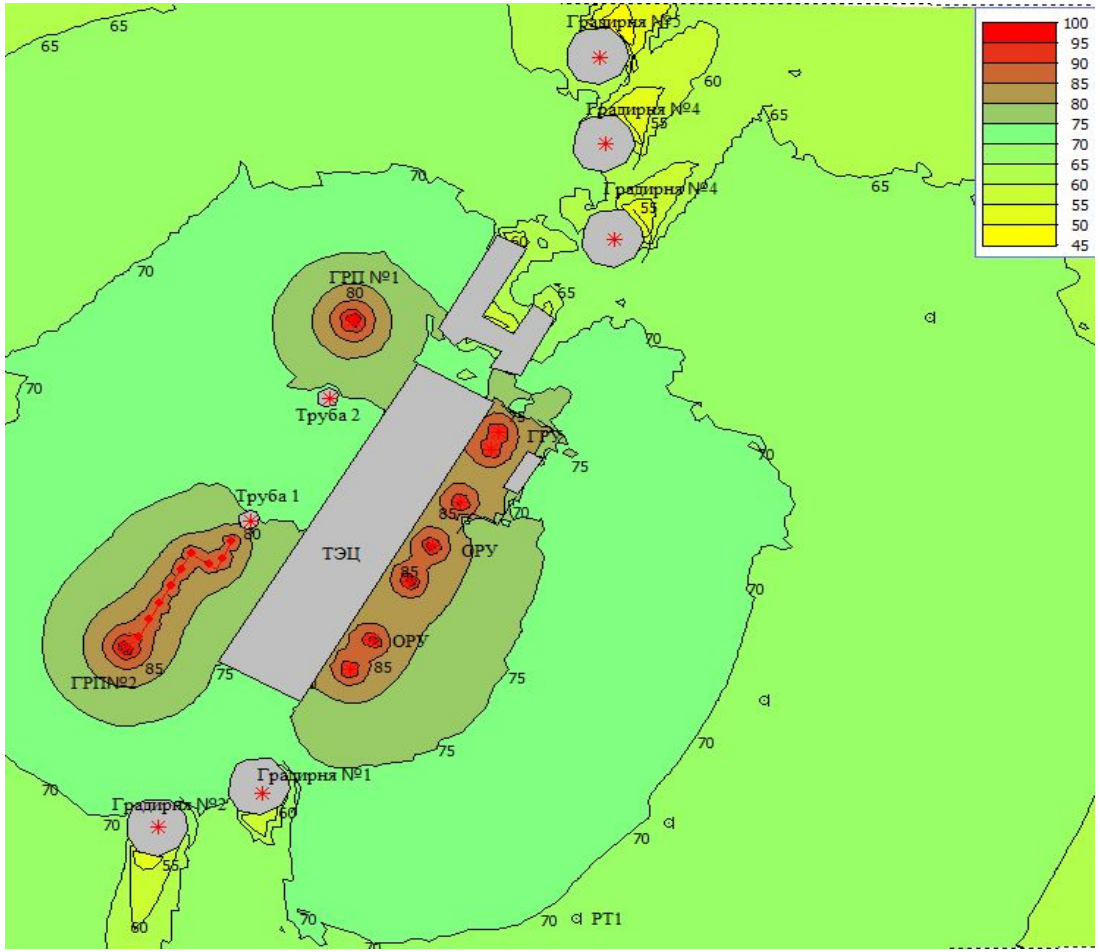
Изолинии уровня звука от ГРП и газопровода от него при расположении расчётной точки (РТ) в акустической тени здания ТЭС



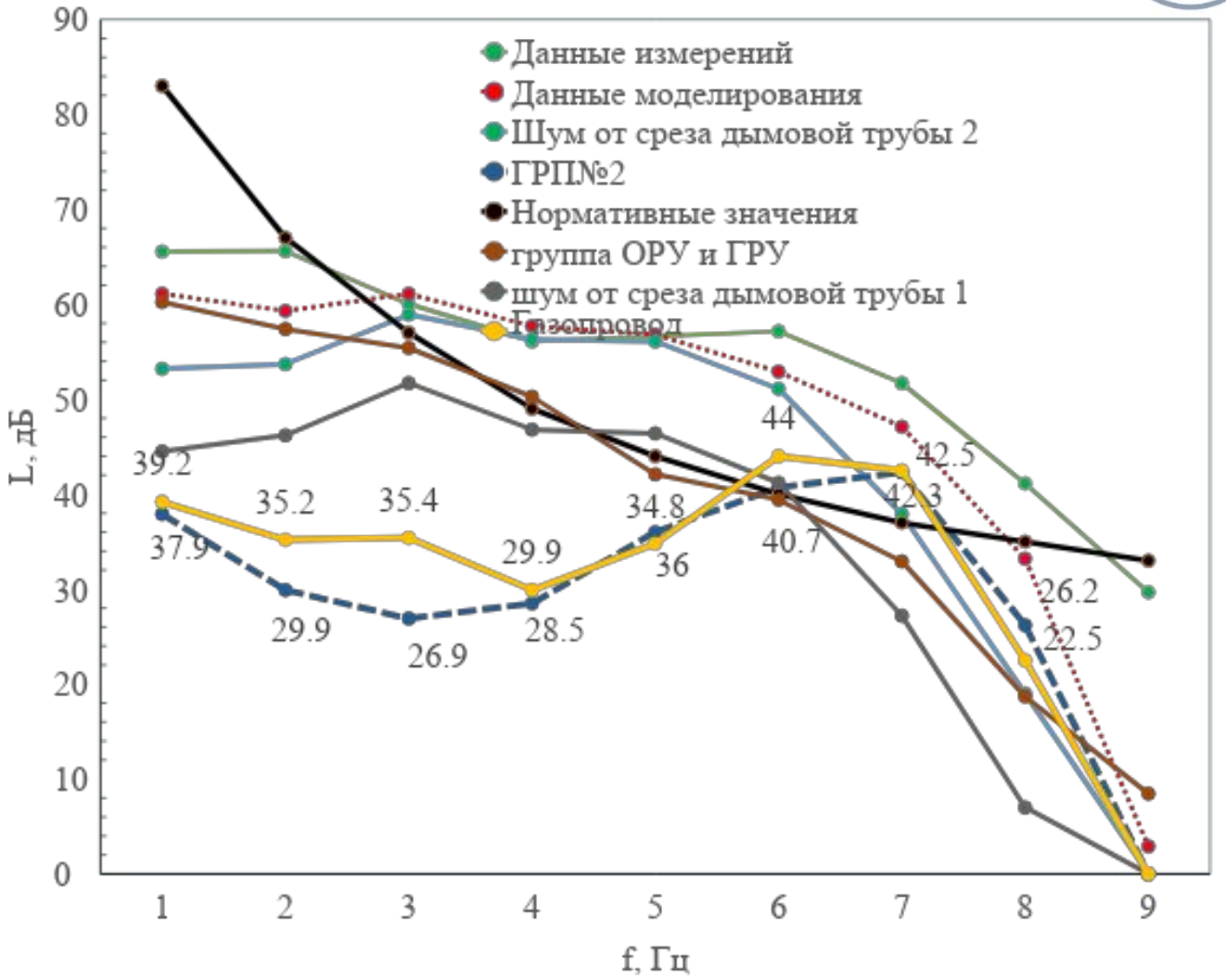
Изолинии уровня звука от ГРП и газопровода от него при расположении расчётной точки (РТ) не в акустической тени здания ТЭС.

Разница уровня звука в акустической тени и вне ее достигает 20 дБА и более

ГРП в составе источников шума ТЭС



Изолинии уровня звука вокруг ТЭЦ при работе различного оборудования



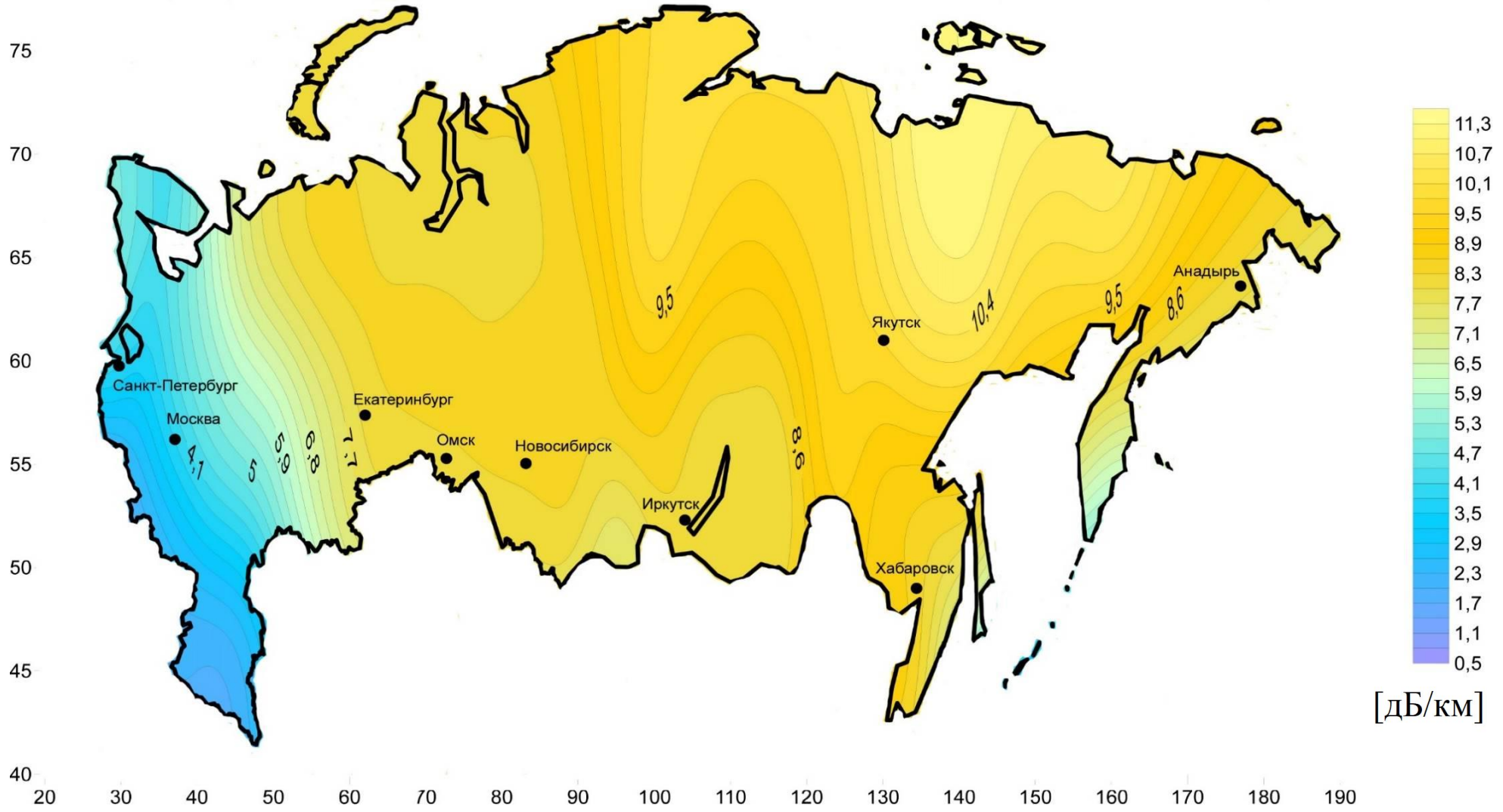
Уровни звукового давления в расчетной точке от различного оборудования ТЭС

Влияние региональных климатических факторов на распространение звука для территории России

Таблица 5. Диапазон изменения коэффициентов затухания звука в атмосфере на территории России для различных среднегеометрических частот:

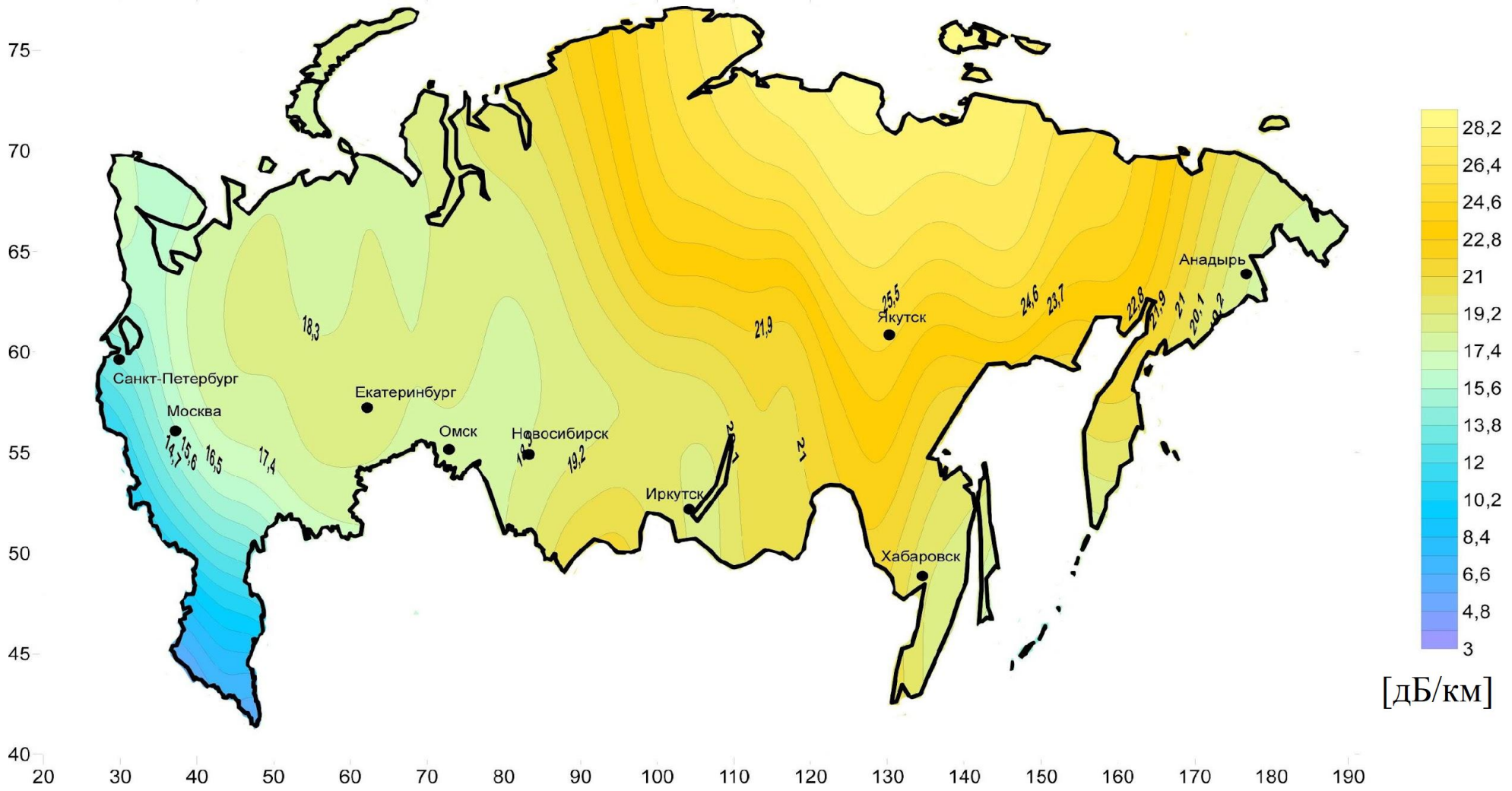
<table>
<tr><td rowspan="2">Наименование</td><td colspan="9">Среднегеометрическая частота, Гц</td></tr>
<tr><td>31.5</td><td>63</td><td>125</td><td>250</td><td>500</td><td>1000</td><td>2000</td><td>4000</td><td>8000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Δα, дБ/км для регионов с min изменением α</td><td rowspan="2">0.0
Дербент</td><td rowspan="2">0.0
Эльтон</td><td rowspan="2">0.0
Таганрог</td><td rowspan="2">0.2
Сочи</td><td rowspan="2">0.6
Териберка</td><td rowspan="2">1.2
Калининград</td><td>2.9</td><td>18.7</td><td rowspan="2">48.6
Эльтон</td></tr>
<tr><td colspan="2">Сочи</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Δα, дБ/км для регионов с max изменением α</td><td>0.1</td><td>0.3</td><td rowspan="2">0.7
Вилюйск</td><td rowspan="2">1.7
Верхоянск</td><td rowspan="2">4.5
Якутск</td><td rowspan="2">11.2
Оймякон</td><td rowspan="2">27.4
Жиганск</td><td rowspan="2">64.5
Чита</td><td rowspan="2">162.1
Кош-Агач</td></tr>
<tr><td colspan="2">Якутск</td></tr>
</table>

Влияние региональных климатических факторов на распространение звука для территории России



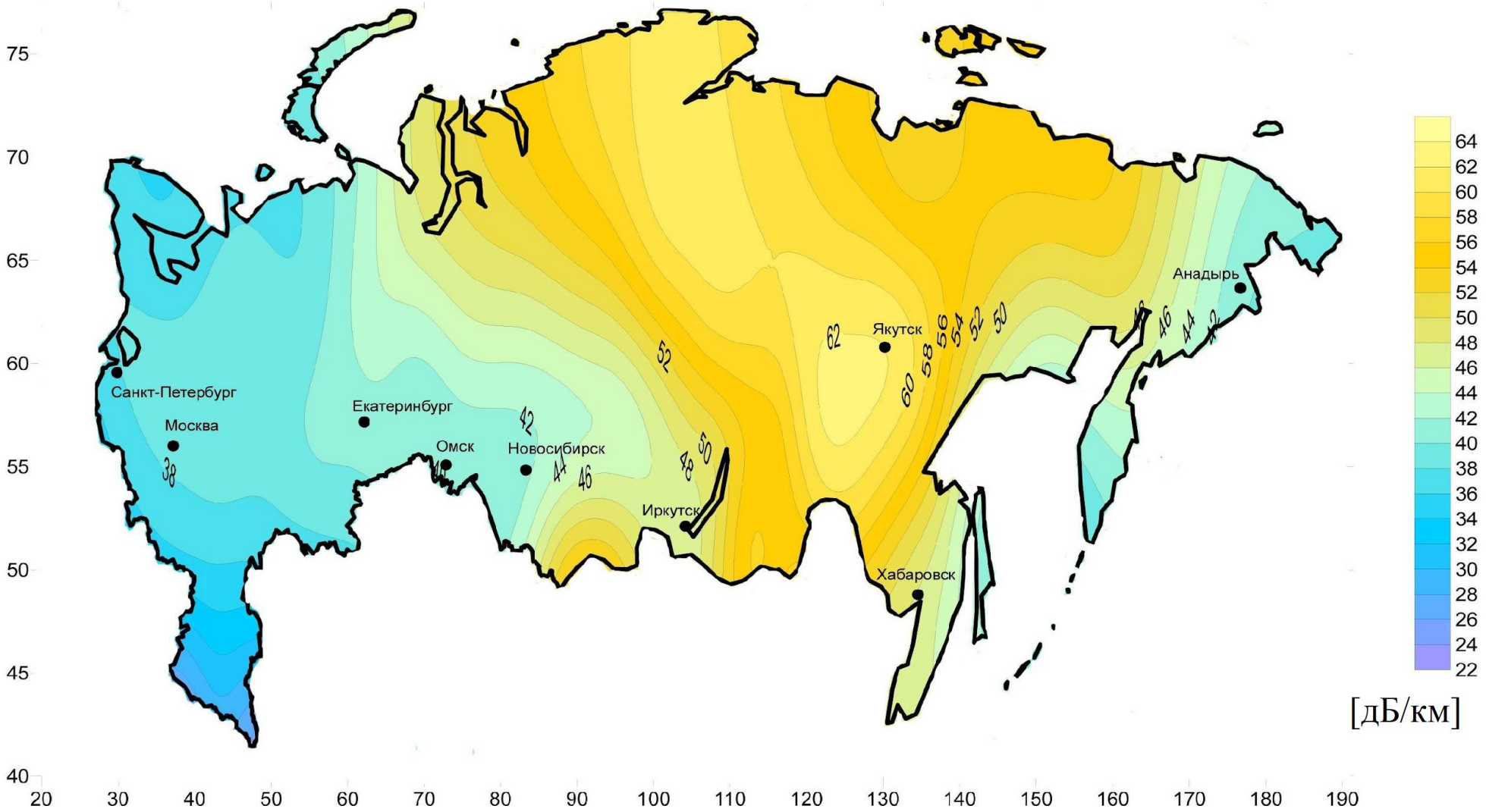
Изолинии с указанием разности между максимальным и минимальным значениями коэффициентов затухания звука в атмосфере в течение года на территории России для среднегеометрической часты 1000 Гц (**Широта и долгота, град, указаны по оси Ординат и Абсцисс соответственно*.)

Влияние региональных климатических факторов на распространение звука для территории России



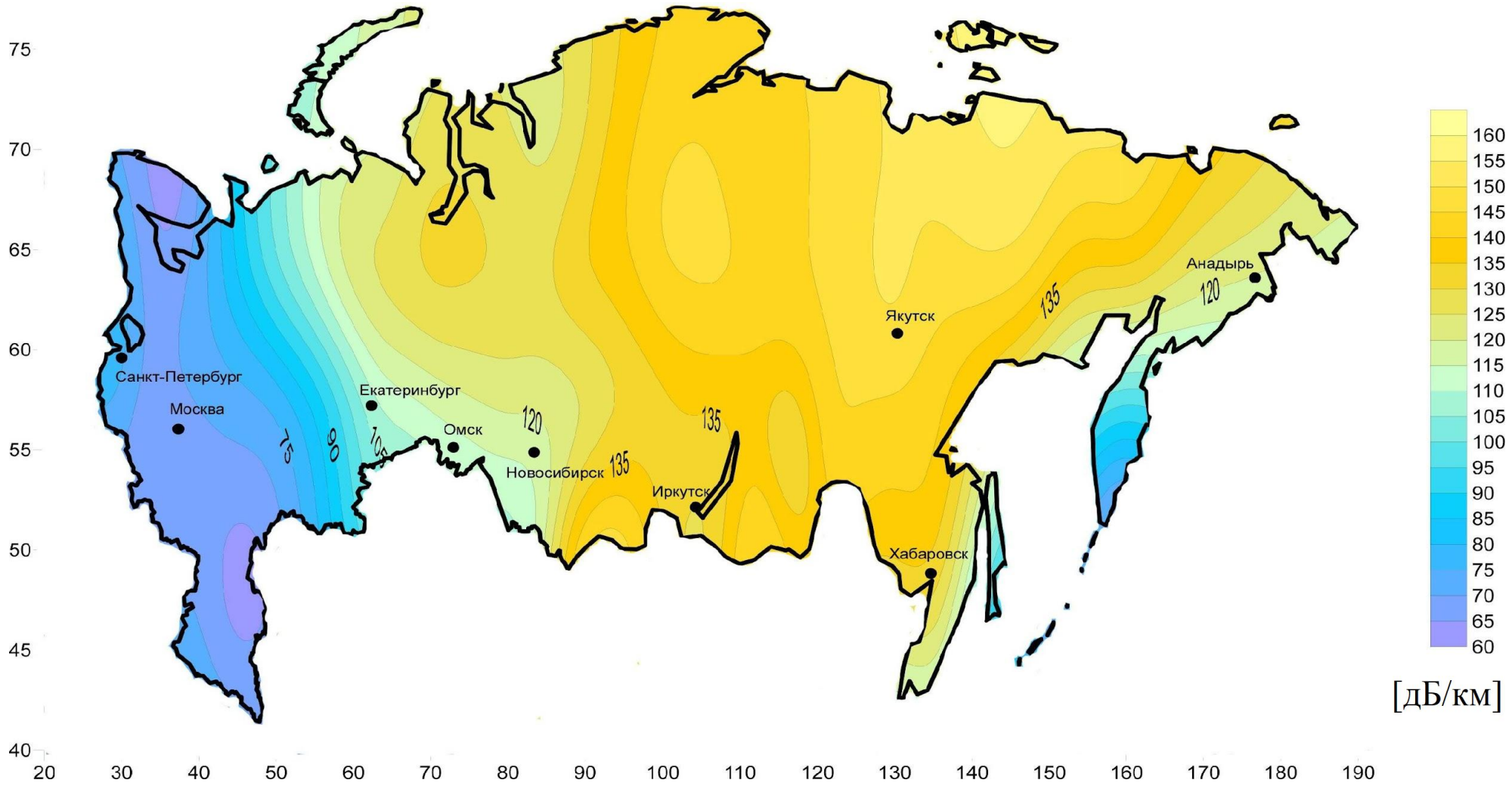
Изолинии с указанием разности между максимальным и минимальным значениями коэффициентов затухания звука в атмосфере в течение года на территории России для среднегеометрической часты 2000 Гц (*Широта и долгота, град, указаны по оси Ординат и Абсцисс соответственно.)

Влияние региональных климатических факторов на распространение звука для территории России



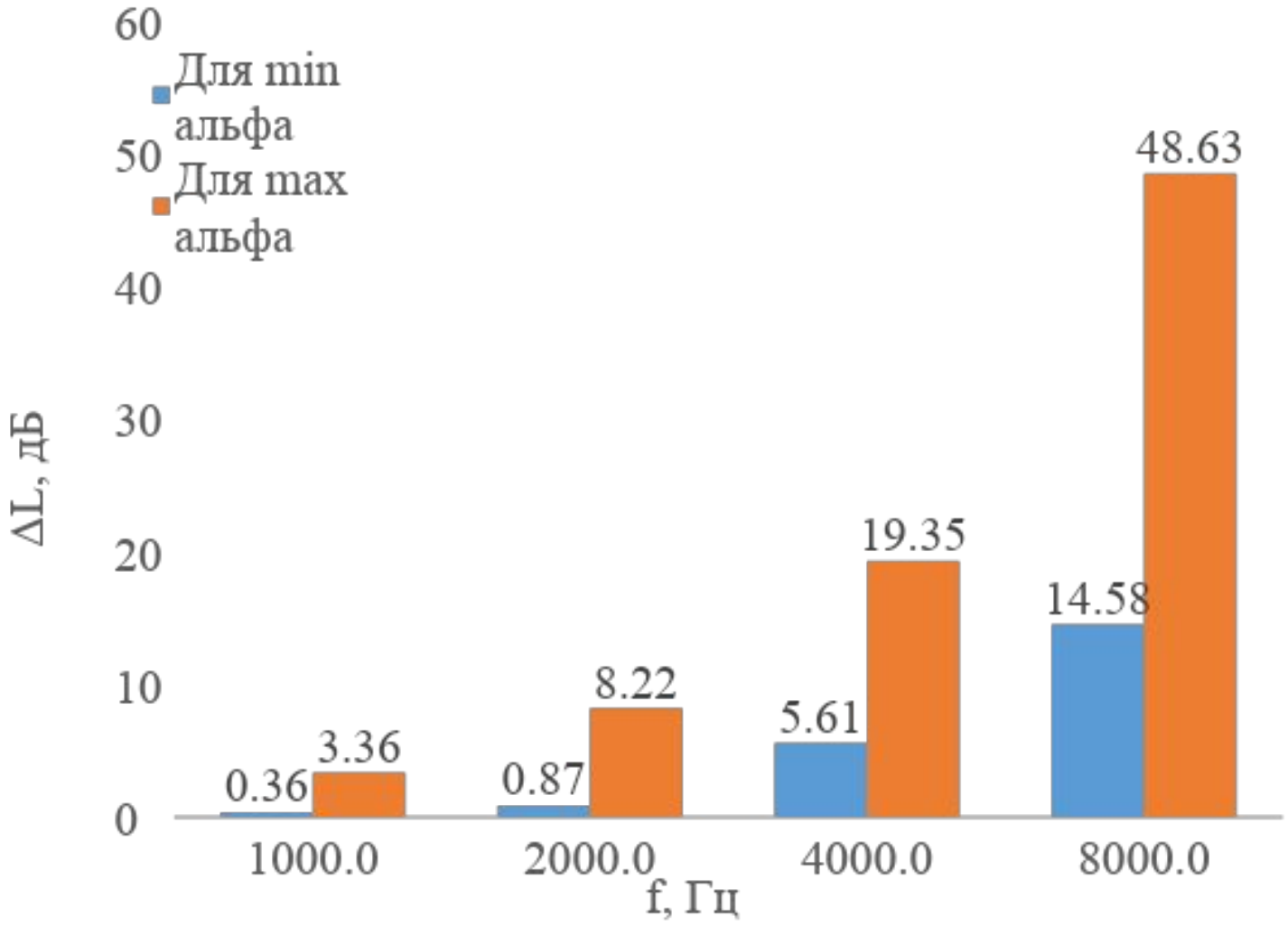
Изолинии с указанием разности между максимальным и минимальным значениями коэффициентов затухания звука в атмосфере в течение года на территории России для среднегеометрической часты 4000 Гц (**Широта и долгота, град, указаны по оси Ординат и Абсцисс соответственно*.)

Влияние региональных климатических факторов на распространение звука для территории России



Изолинии с указанием разности между максимальным и минимальным значениями коэффициентов затухания звука в атмосфере в течение года на территории России для среднегеометрической часты 8000 Гц (*Широта и долгота, град, указаны по оси Ординат и Абсцисс соответственно)

Влияние региональных климатических факторов на распространение шума от ГРП и газопроводов от него



Диапазон изменения уровней звукового давления для среднегеометрических частот 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц, 8000 Гц для расстояния 300 м

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Результаты натурных измерений показывают, что ГРП может быть источником шума для жилых районов на границе СЗЗ тепловой станции. Шум от ГРП имеет высокочастотную характеристику, с максимумом на среднегеометрических частотах 1000-2000 Гц.
2. На основании результатов акустического исследования ГРП на тепловых электрических станциях, теплоэлектроцентралях и районных тепловых станциях было выявлено, что основным источником шумового излучения от ГРП является место выхода газопроводов низкого давления из здания ГРП. При этом уровень звука в 10 метрах от этой точки может достигать 110 дБ(А) и более. Установлено, что уровень звука в месте выхода газопроводов низкого давления на 10 дБ(А) больше чем в точке входа газопроводов высокого давления в здание ГРП.
3. Показано, что на шум, излучаемый ГРП влияют три основных фактора, а именно:

- Мощность станции (расход природного газа)
- Расположение ГРП относительно жилого района и строений на территории станции
- Вид регулирующего клапана, в котором происходит процесс снижения давления газа.

При этом установлено, что увеличение мощности станции в 2 раза, приводит к увеличению уровня шума от ГРП на 3 дБ. А смена регулирующего клапана на менее шумный может уменьшать уровень шума на 20 дБ и более.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

4. Установлено, что воздействие ГРП как источника шума на жилые районы зависит от его расположения на территории станции из-за вероятной близости к границе СЗЗ и от удаленности от потребителя природного газа, потому что источником шума является не только ГРП, но и газопровод низкого давления после него.
5. Доказано, что шум от газопровода низкого давления после ГРП определяется шумом регулирующего клапана. При этом шум от регулирующего клапана превалирует над шумом потока и может быть больше на 40 дБ. Поэтому шумом потока газа в газопроводе низкого давления ГРП можно пренебречь.
6. Получена формула (2) изменения уровня звука вдоль газопровода низкого давления на расстоянии 10 м от него, которая имеет логарифмический характер. Она показывает, что уровень звука в 10 метрах от ГРП будет на 20 дБ больше, чем уровень звука на удалении 230 м по длине газопровода.
7. Выполнена классификация клапанов- глушителей некоторых производителей, которая показывает, что эффективность шумоглушения данными устройствами составляет 20-30 дБ и, соответственно, не может полностью устранить шум от регулирующего клапана, так как уровень звука в близи регулирующего клапана может достигать 130 дБА на мощных ТЭС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

8. По результатам акустических расчетов получены зависимости требуемой ширины СЗЗ от вида регулирующего клапана и расхода газа (электрической мощности ТЭС). При этом показано, что шумовая характеристика клапана играет определяющее значение для излучения шума от ГРП. Использование некоторых регулирующих клапанов на ГРП не требуют дополнительных мер по шумоглушению для выполнения санитарных норм на границе 300 метровой и 500 метровой СЗЗ, в частности использование низкошумных клапанов типа Reval позволяет соблюсти нормы по шуму для СЗЗ 300 метров практически для всех станций с электрической мощностью до 1600 МВт. Для других регулирующих клапанов необходимы дополнительные меры по снижению шума для выполнения санитарных норм, в частности для клапанов РДО и РДБК, которые рассматривались в данной работе.
9. Рекомендуется использование формул (3.3) и (3.4) для определения ширины СЗЗ ГРП, зависящей от расхода газа и эклектической мощности ТЭС, для определения необходимости применения мер по шумоглушению на ГРП при использовании различных регулирующих клапанов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

10. Показана важность учета региональных климатических факторов для территории России. Построены изолинии, характеризующие разницу между минимальным и максимальным значением коэффициента затухания звука в атмосфере, в зависимости от региональных климатических факторов для территории России. Показано, что для разных регионов страны изменение коэффициента затухания звука в течении года может быть значительным. Для среднегеометрической частоты 1000 Гц от 1,2 до 11,2 дБ/км, для 2000 Гц от 2,9 до 27,4 дБ/км, для среднегеометрических частот 4000 и 8000 Гц от 18,7 до 64,5 дБ/км и 48,6 до 162,1 дБ/км соответственно. Для низких частот региональным климатическим фактором можно пренебречь.
11. Рассчитан диапазон изменения уровней звукового давления на среднегеометрических частотах 1000, 2000, 4000, 8000 Гц с учетом наибольшего и наименьшего коэффициентов затухания звука в атмосфере для различных регионов на расстоянии 300 м от ГРП. Изменения коэффициента затухания звука в течении года для разных регионов оказывает влияние на распространение шума от ГРП от 0,36 до 3,36 дБ для 1000 Гц и от 0,87 до 8,22 дБ для 2000 Гц на расстоянии 300 м от ГРП.
12. Рекомендуется учет региональных климатических факторов при разработке мер по шумоглушению от ТЭС вообще, и ГРП в частности, особенно, для высокочастотной части спектра для регионов с резко континентальным климатом.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные статьи, опубликованные в изданиях по списку ВАК:

1. Тупов В.Б., Тараторин А.А., Скворцов В.С., Влияние региональных климатических факторов на снижение уровня, шума от энергетического оборудования. Теплоэнергетика. 2018. № 11. С. 72-77.
2. 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.
3. Тупов В.Б., Скворцов В.С., Влияние климатических факторов на распространение шума от газораспределительных пунктов. Вестник МЭИ. 2020. № 5. С. 79- 82.
4. Тупов В.Б., Тараторин А.А., Кузьминова С.А., Скворцов В.С., Результаты мероприятий по снижению шума от газораспределительного пункта и газопроводов после него. Электрические станции. 2021. № 2 (1075). С. 48-51.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных издания, входящих в перечень Scopus и Web of science:

5. Tupov, V.B. Tupov, B.V., Skvortsov V.S., Features of Noise Emission from Gas Distribution Stations and Gas Pipelines. Power Technology and Engineering. Volume 52, Issue 4, 1 November 2018, Pages 448-45 SCOPUS Q3 DOI: 10.1007/s10749-018-0973-6
6. V.B. Tupov, A.A. Taratorin, V. S. Skvortsov., Effect of Regional Climatic Factors of Reducing Noise Level from Power Equipment/ Thermal Engineering, 65 (11), 841-845 DOI 10.1134/S0040601518110071
7. Tupov V., Kuzminova S., Skvortsov V., Results of calculations from a linear source with variable noise characteristics along the length. Journal of Physics: Conference Series, №1683, 2020 DOI 10.1088/1742-6596/1683/2/022091

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в других научных изданиях:

8. Скворцов В.С., Тупов В.Б., Излучения шума газораспределительным пунктом и газопроводом после него. Акустика среды обитания. Третья Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов. 2018. С. 213-216.
9. Скворцов В.С., Тупов В.Б., Шум от ГРП тепловых электростанций в суммарном уровне шума на границе СЗЗ. Акустика среды обитания. Четвертая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов. 2019. С. 201-207.
10. Скворцов В.С., Тупов В.Б., Классификация глушителей газоредуцирующих клапанов на газорегуляторных пунктах ТЭС. Пятая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов (АСО-2020), 24 апреля 2020 г., с.211-216
11. Тупов В.Б., Скворцов В.С., Кузьминова С.А., Результаты расчетов от линейного источника с переменными шумовыми характеристиками по длине. Современные проблемы теплофизики и энергетики. III международная конференция. Москва, 2020. С. 676-677.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

12. Тупов В.Б., Тараторин А.А., Кузьминова С.А., Скворцов В.С., Новые решения для повышения безопасности энергетического оборудования снижением шума Современные проблемы теплофизики и энергетики. III международная конференция. Москва, 2020. С. 680-682.
13. Скворцов В.С., Тупов В.Б., Акустический анализ регулирующих клапанов различных конструкций. Двадцать пятая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электроника и энергетика» 14-15 марта, 2019. С. 840.
14. Скворцов В.С., Тупов В.Б., Численное моделирование распространения шума от ГРП. Двадцать четвертая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электроника и энергетика»15-16 марта, 2018 С. 854.
15. V. S. Skvortsov., V. B. Tupov., Classification of gas reduction valve silencers at TPP gas distribution points. MATEC Web Conf. Volume 320, 2020 V All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists “Acoustics of the Environment” (ASO-2020), 2020 DOI 10.1051/matecconf/202032000020

Благодарю за внимание!