

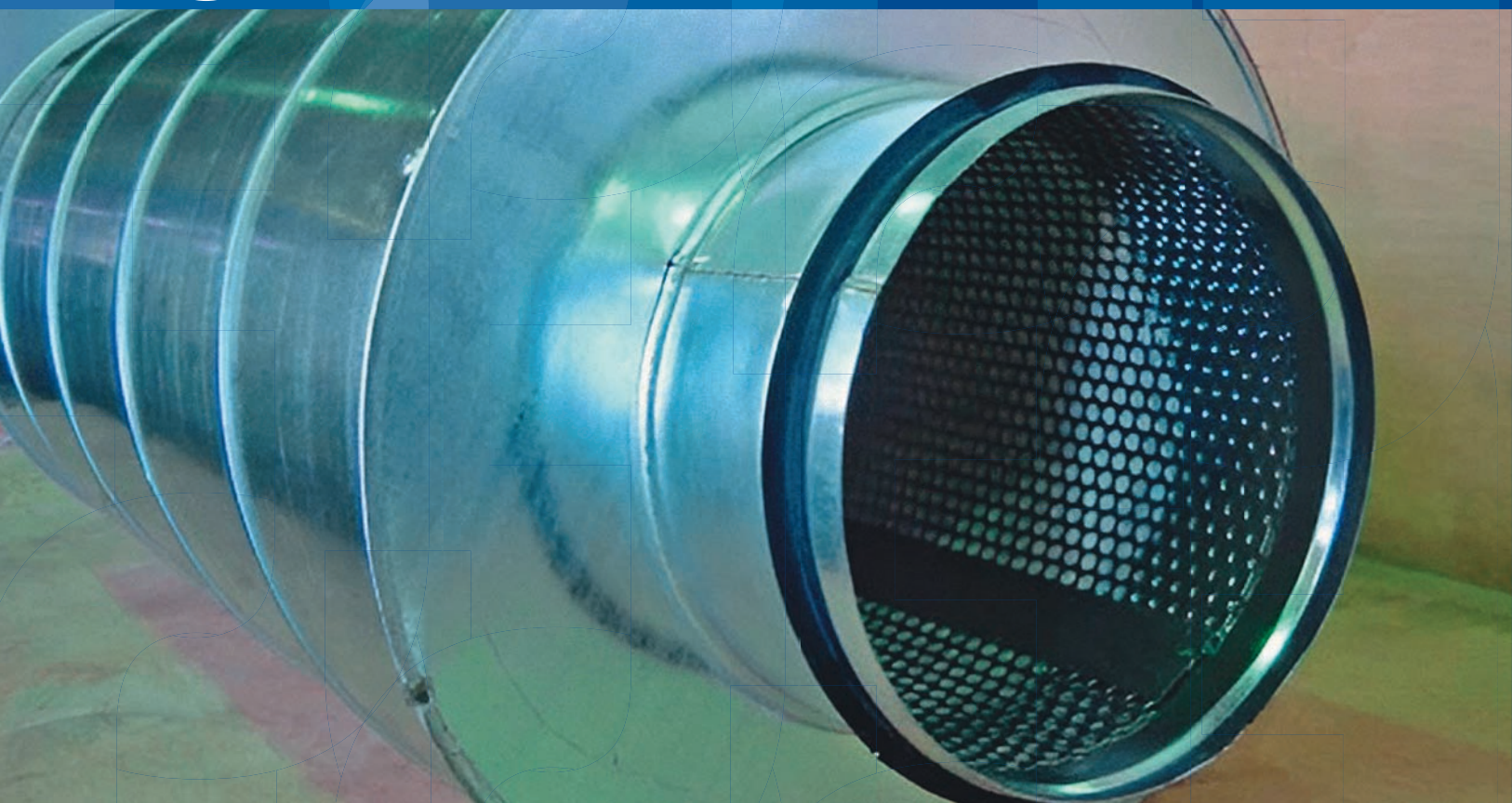


ЭНЕРГЕТИКА

ЭКОЛОГИЯ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Информационно-аналитический
бюллетень
ПАО «Мосэнерго»



Выпуск № 1 / 2026

ИСТОЧНИКИ ШУМА НА ТЭС И СПОСОБЫ
ЗАЩИТЫ ОТ НЕГО

УДК 620.9:502/504
ББК 31+20.1
Э 40

Издание выходит с 2022 года

Главный редактор академик РАН **А.В. Клименко**

Э 40

Энергетика, экология, энергосбережение : бюллетень / под редакцией академика РАН А.В. Клименко. — Москва : ПАО «Мосэнерго», 2026. —

ISBN 978-5-383-01750-0

Вып. 1. Источники шума на ТЭС и способы защиты от него / [В.Б. Тупов]. — 2026. — 41 с.

ISBN 978-5-383-01751-7

В настоящей работе выполнен обзор современной научно-технической и нормативной литературы, а также рассмотрен отечественный и зарубежный опыт снижения шума от оборудования ТЭС и РТС. Штатная эксплуатация энергетического оборудования может приводить к превышению допустимых санитарных норм на рабочих местах и на границе санитарно-защитной зоны. Рассмотрены основные источники шума современных ТЭС и РТС. Показано, как ширина санитарно-защитной зоны зависит от мощности блоков ПТУ, ГТУ, ПГУ и их числа. Основная часть работы посвящена мероприятиям и устройствам, позволяющим снизить уровень шума в районах, прилегающих к ТЭС и РТС, и обеспечить выполнение санитарных норм путем применения комплекса мер по шумоглушению в соответствии с ИТС38-2024.

Источник фото на обложке: https://avatars.mds.yandex.net/i?id=8dbf82301cb0c9d3bb8709c21b9af725_l-5451357-images-thumbs&n=13

**УДК 620.9:502/504
ББК 31+20.1**

ISBN 978-5-383-01751-1 (вып. 1)
ISBN 978-5-383-01750-0

© ПАО «Мосэнерго», 2026
© Тупов В.Б., 2026

ИСТОЧНИКИ ШУМА НА ТЭС И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕГО

СОДЕРЖАНИЕ

Основные определения	2
Введение	3
1. Нормативные документы, регламентирующие уровень шума	5
2. Уровни шума от энергетического оборудования ТЭС и РТС	7
3. Снижение шума от оборудования ТЭС и РТС	17
Заключение	39
Список использованных источников	40

ОБ АВТОРЕ



ТУПОВ
Владимир Борисович

Лауреат премии Правительства РФ
в области науки и техники,
доктор технических наук,
профессор НИУ «МЭИ»

Основные определения

Вносимые потери глушителем (эффект установки) — разность уровней звукового давления в определенной точке пространства до установки глушителя и после него.

Децибел (дБ) — умноженный на 10 десятичный логарифм отношения двух значений одной и той же физической величины.

Децибел А (дБА) — единица измерения уровня звука, применяемая в шумомерах (шкала А). Измерение по шкале А позволяет скорректировать оценку уровня звукового давления с учетом слухового восприятия шума человеком. С помощью анализа по шкале А одним числом характеризуют весь спектр шума, что очень удобно для практических оценок.

Октавная полоса — полоса частот, в которой верхняя граничная частота f_v в 2 раза превышает нижнюю f_n .

Среднегеометрическая частота — частота, служащая для номинального обозначения полосы, рассчитывается как квадратный корень из произведения граничных частот.

Тональный шум — шум, характеризуемый единственной частотой или сосредоточенный в узкой полосе частот, который различим на слух на фоне общего шума. Тональные составляющие определяются при спектральном анализе в треть-октавных полосах частот по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ. Тональный шум требует более строгого нормирования, так как воспринимается человеком как более дискомфортный.

Уровень звукового давления, дБ, — умноженный на 10 десятичный логарифм отношения квадратов звукового давления в точке к пороговому звуковому давлению, равному $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Шум — любой нежелательный звук (физиологическое определение) или совокупность звуков с частотами и фазами, распределенными нерегулярно (случайно) во времени (физическое определение).

Эффективность глушителя — отношение в децибелах падающей на вход глушителя звуковой мощности $W_{пад}$ к прошедшей через глушитель мощности $W_{пр}$.

Транспорт

Громкая музыка и развлекательные мероприятия



Введение

Уменьшение шумового воздействия рассматривается как важнейшее в комплексе экологических проблем современности. В большинстве стран существуют законы по ограничению негативного воздействия шума на окружающую среду. В России законы «Об охране атмосферного воздуха» и «Об охране окружающей природной среды» обязывают осуществлять меры по шумоглушению. Эксплуатация энергетического оборудования связана с повышенным излучением шума от него. Уровни шума от тепловых электростанций (ТЭС) и районных тепловых станций (РТС) могут превышать санитарные нормы на территории как этих предприятий, так и окружающих их районов. Повышенный шум от энергетического оборудования влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы, репродуктивную функцию человека, вызывает раздражение, нарушение сна, утомление, агрессивность, способствует психическим заболеваниям. Шум от объектов энергетики может превышать санитарные нормы в радиусе нескольких

километров от ТЭС и РТС. Поэтому он представляет серьезную социальную проблему для жителей окружающего района. Воздействие шума имеет также важный экономический аспект, так как влияет на производительность труда, а ликвидация последствий болезней от него требует значительных социальных выплат. Исследования показали, что заболевания, связанные с шумовым воздействием, занимают первое место среди других профессиональных заболеваний работников ТЭС. Увеличение уровня шума на 1—2 дБА приводит к снижению производительности труда на 1 % (при уровнях звука больше 80 дБА). Доказано, что шум уменьшает зрительную реакцию, что вместе с утомляемостью резко увеличивает вероятность ошибок при работе операторов. Это особенно недопустимо для энергетического производства, где важную роль играет надежность.

Представленные ниже материалы показывают пути решения снижения шума от ТЭС и РТС.





https://static.tildacdn.com/tild3838-3431-4439-a662-343734653633/Selentum_website_shu.jpg

Согласно российским санитарным нормам различают предельно допустимый уровень (ПДУ) шума, допустимый уровень шума и максимальный уровень звука

1 Нормативные документы, регламентирующие уровень шума



Согласно российским санитарным нормам различают предельно допустимый уровень (ПДУ) шума, допустимый уровень шума и максимальный уровень звука. В последние годы были введены новые нормативные документы (СанПиН 1.2.3865-21 [1] и СП 51.13330.2011 [2]), которые уточняют нормируемые параметры шума для различных территорий.

Особенности источников шума от тепловых электрических станций и районных тепловых станций (ТЭС и РТС) по сравнению с другими источниками обусловлены круглосуточным циклом работы станций и наличием тональных составляющих в спектре излучения некоторого энергетического оборудования. Использование парогазовых и газотурбинных установок (ПГУ и ГТУ), а также оборудования более высоких технических параметров связано с увеличением уровней звукового давления в окружающем районе.

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц являются нормируемыми параметрами постоянного шума. Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума принимать уровень звука L_A , дБА.

В России нормирование производится в зависимости от видов трудовой деятельности и рабочих мест. В настоящее время действуют следующие санитарные нормы, охватывающие весь диапазон частот:

1. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3865-21 определяют допустимые уровни шума в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки, а также на границе санитарно-защитных зон, отдельно указаны допустимые значения для постоянного и непостоянного шума и пр. Санитарные нормы устанавливают также гигиенические нормы для инфразвука на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки и допустимые уровни ультразвука для рабочих мест.

2. Свод правил СП 51.13330.2011 определяет предельно допустимые октавные уровни звукового давления, дБ, уровни звука, дБА, эквивалентные и максимальные уровни звука для основных видов трудовой деятельности.

Следует отметить, что СанПиН 1.2.3865-21 и СП 51.13330.2011, его последняя редакция от 12.12.2023 (с изменениями № 1—4), были введены в действие в последние 5 лет. В отраслевой документации допускается устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности и тяжести труда.

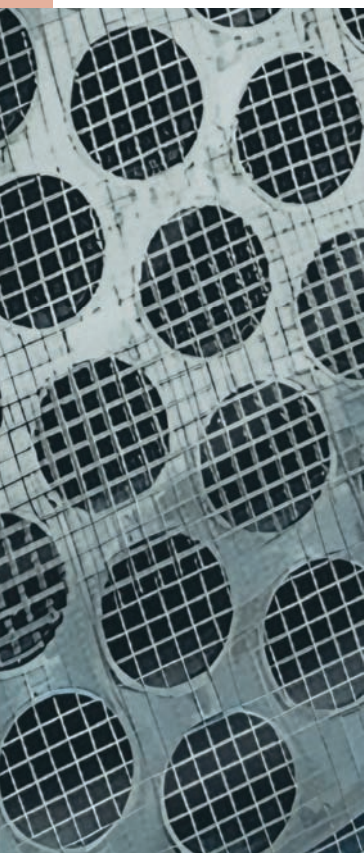
Запрещается даже кратковременное пребывание в рабочих зонах ограниченных и замкнутых пространств, например рядом с воздухозабором ГТУ, если уровни звукового давления превышают 135 дБ в любой октавной полосе.



https://static.tildacdn.com/tild6531-6462-4333-a235-393939656663/Selentum_website_shu.jpg

Энергетическое оборудование при работе в нормальных эксплуатационных режимах возбуждает постоянный широкополосный и непостоянный, колеблющийся во времени шум с непрерывным спектром в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц

2 Уровни шума от энергетического оборудования ТЭС и РТС



Основные источники шума ТЭС и РТС

Штатная эксплуатация оборудования связана с излучением шума, причем шум от различных технологических участков ТЭС и РТС имеет разную значимость для соблюдения нормативных требований по шуму на рабочих местах и на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия.

В табл. 1 для выполнения предварительных расчетов даны ориентировочные шумовые характеристики оборудования ТЭС, расположенного внутри помещений (СТО 70238424.13.140.001-2008 [3]). Здесь приведен диапазон значений для парового оборудования электрической мощностью от 100 до 800 МВт; для газового оборудования электрической мощностью от 15 до 300 МВт для среднегеометрических частот от 31,5 до 8000 Гц. Отдельно указан характер шума.

В табл. 2 для выполнения предварительных расчетов даны ориентировочные шумовые характеристики оборудования ТЭС на открытом воздухе (СТО 70238424.13.140.001-2008). Основными источниками шума при работе ТЭС являются устья дымовых труб, воздухозаборы дутьевых вентиляторов, корпуса тягодутьевого оборудования, компрессорные установки, трансформаторы, здания ТЭС, а также установки для сброса пара. В табл. 2 приведен не только характер излучаемого шума, но и расположение источника по отношению к земле. Шум, излучаемый от высотного источника, слабо снижается естественными и искусственными препятствиями. Шум от энергетических газозовдухопроводов имеет тональные составляющие в спектре шума и излучается с большой высоты. Допустимая норма для рабочих зон по уровню звука — 80 дБА. Превышения допустимых норм для рабочих зон по уровню звука при работе различного энергетического оборудования при работе ТЭС по результатам измерений на расстоянии 1 м следующие [4, 5]:

- аварийные сбросы пара в атмосферу — 36—58 дБА;
- паровые турбины — до 20 дБА;
- тягодутьевые машины — 5—15 дБА;
- редуционно-охладительные установки (РОУ) — 28—32 дБА;
- градирни башенные с естественной циркуляцией — до 7 дБА;
- сухие вентиляторные градирни (СВГ) — до 19 дБА
- трансформаторы — до 5 дБА;
- насосы — 9—17 дБА;
- компрессоры — 6—15 дБА;
- газораспределительные пункты (ГРП) — 20—25 дБА.

Таблица 1

Ориентировочные шумовые характеристики оборудования ТЭС, расположенного внутри помещений, для выполнения предварительных расчетов (СТО 70238424.13.140.001-2008)

Оборудование	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Характер шума
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Турбина: газовая паровая РОУ	105-115	110-120	105-120	105-120	100-115	100-115	100-120	100-120	95-125	Широкополосный, с тональными составляющими То же	
	125-130	125-130	120-125	120-125	120-125	115-120	115-120	110-115	100-105		
	100-105	100-105	95-100	95-100	95-105	110-115	110-120	110-120	110-120		
Углеразмольное оборудование	110-120	110-120	115-125	115-125	115-125	110-120	105-115	105-110	100-110	То же	
Котлы: паровые котлы-утилизаторы	120-125	115-125	115-125	115-125	115-125	110-120	105-115	105-115	95-105	То же »	
	110-115	105-115	105-115	105-115	105-115	100-110	95-105	95-105	85-95		
	100-110	100-110	110-120	100-110	95-105	100-110	95-105	95-105	95-105		
Компрессор	100-110	100-110	110-120	100-110	95-105	100-110	95-105	95-105	95-105	Широкополосный, с тональными составляющими	
Насосы: питательный конденсатный сетевой циркуляционный багерный	95-105	95-105	95-105	115-125	110-120	110-120	105-115	90-100	90-100	То же » » » »	
	95-105	90-100	90-100	90-100	95-105	90-100	90-100	90-95	90-95		
	100-110	100-110	100-110	100-110	100-110	105-115	100-110	95-105	90-100		
	80-90	80-90	85-95	95-105	100-105	90-100	90-100	85-95	75-85		
	100-110	100-110	100-110	95-105	90-100	100-105	95-100	80-90	80-90		
Деаэрационная установка	80-85	80-85	85-90	90-95	95-100	100-105	105-110	100-105	95-100	Широкополосный, постоянный	
Паропроводы	80-85	85-90	90-95	90-95	100-105	105-110	110-115	105-110	100-105	То же	
Синхронный компенсатор	110-115	100-105	105-115	90-95	85-95	85-95	85-95	80-90	80-90	То же	
Вентилятор приточно- вытяжной вентиляции	100-105	100-105	100-105	100-110	100-110	95-105	95-105	90-100	80-90	Широкополосный, с тональными состав- ляющими, постоянный	

Примечание. Диапазоны значений приведены для парового оборудования электрической мощностью от 100 до 800 МВт, для газового оборудования электрической мощностью от 15 до 300 МВт.

Таблица 2
Ориентировочные шумовые характеристики оборудования ТЭС для предварительных расчетов для территорий на открытом воздухе (СТО 70238424.13.140.001-2008)

Источник шума	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Отметка над уровнем земли, м	Характер шума
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
Сброс пара в атмосферу	130-135	140-145	145-150	150-155	155-160	160-165	160-165	155-160	150-155	30-50	Непостоянный, прерывистый	
Воздухозабор (без глушителя): газовой турбины	100-130	105-125	105-120	110-135	115-135	120-150	120-150	130-150	135-145	15-25	Широкополосный, с тональными составляющими, постоянный	
дутьевого вентилятора	90-95	90-95	80-85	70-75	65-70	65-70	60-65	60-65	60-65	15-25	То же	
Устье трубы (без глушителя) с металлическими стволами: от газовой турбины	130-140	130-145	130-150	130-145	135-145	135-145	135-150	135-150	130-145	120-250	То же	
котла-утилизатора ГТУ или ПГУ	120-130	120-135	120-140	120-135	125-135	125-135	120-135	115-130	105-120	То же	»	
осевых дымососов	120-125	120-125	125-130	125-130	125-135	125-135	125-130	120-125	105-115	То же	»	
центробежных насосов	110-120	110-120	105-110	110-115	110-115	105-110	100-105	95-100	90-95	То же	»	
водогрейных котлов	115-120	115-120	115-120	105-110	100-105	90-95	80-85	70-75	60-65	50-100	»	
Устье трубы (без глушителя), футерованной внутри кирпичом: от осевых дымососов	100-115	100-115	105-110	105-110	95-105	95-105	90-100	80-90	70-80	120-250	То же	
центробежных насосов	100-105	100-105	90-95	80-90	70-85	70-80	70-75	60-70	55-60	То же	»	
Газораспределительный пункт (ГРП)	90-95	85-95	90-100	90-100	95-105	105-115	110-120	105-115	100-110	0	Широкополосный, постоянный	

Окончание табл. 2

Источник шума	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Отметка над уровнем земли, м	Характер шума
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	0		
	75-85	80-90	85-95	85-95	95-105	100-110	105-115	100-110	95-105			
Газопроводы после ГРП												То же
Корпус тягодутьевой машины: осевой (без изоляции) осевой (с изоляцией) центробежной (без изоляции) центробежной (с изоляцией)	105-115	105-115	110-120	110-120	110-120	110-120	105-115	100-110	95-105	0	Широкополосный, с тональными составляющими, постоянный	
	95-105	95-105	100-110	90-100	90-100	90-100	85-95	70-80	65-75	0	То же	
	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	90-100	80-90	0	»	
	80-90	80-90	80-90	70-80	70-80	70-80	70-80	60-70	60-70	0	»	
Силовые трансформаторы открытых распределительных устройств	95-100	95-100	100-105	90-100	85-95	85-95	80-90	80-85	70-75	3-5	То же	
Градирия	90-95	90-95	90-95	95-100	95-100	100-105	100-105	100-105	100-105	0	То же	
Шум, проникающий из помещений: котлотурбинного цеха угледробилки компрессорной	80-85	75-80	75-80	70-75	65-70	65-70	50-55	45-50	40-45	3-30	Широкополосный, постоянный, имеет направленный характер	
	115-120	115-120	105-110	105-110	105-110	105-110	100-105	90-95	75-80	0-15	Широкополосный, постоянный	
	95-100	95-100	105-110	95-100	90-95	95-100	90-95	90-95	90-95	0	Широкополосный, постоянный, с тональными составляющими, прерывистый	

Примечание. Диапазон значений дан для оборудования электрической мощностью от 15 до 300 МВт.

Энергетическое оборудование при работе в нормальных эксплуатационных режимах возбуждает постоянный широкополосный и непостоянный, колеблющийся во времени шум с непрерывным спектром в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц.

В аварийных и прочих ситуациях, связанных с выбросами пара в атмосферу, возбуждается непостоянный прерывистый шум. В аварийных ситуациях, связанных с образованием свищей, возбуждается тональный шум. Оборудование механических мастерских возбуждает импульсный и прерывистый шум [4, 5].

Уровни шума от энергетического оборудования на границе СЗЗ

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [6], ТЭС эквивалентной электрической мощностью 600 МВт и выше должны иметь размеры санитарно-защитной зоны не менее 1000 м, если в качестве топлива используют уголь и мазут, и не менее 500 м, если работают на газовом и газо-мазутном топливе; для ТЭЦ и районных котельных (РТС) тепловой мощностью 233 МВт (200 Гкал) и выше СЗЗ должны быть также не менее 500 м; ТЭЦ и районные котельные тепловой мощностью 200 Гкал и выше, работающие на газовом и газомазутном топливе (последний — как резервный), должны иметь размеры СЗЗ не менее 300 м.

Следует отметить, что для котельных тепловой мощностью менее 200 Гкал, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе, размер СЗЗ устанавливается в каждом конкретном случае на основании расчетов как рассеивания загрязнений атмосферного воздуха, так и физического воздействия на атмосферный воздух, а также на основании результатов натурных исследований и измерений.

СанПиН 1.2.3685-21 [1] устанавливают на границе санитарно-защитных зон следующие допустимые значения уровня звука: днем 55 дБА, ночью 45 дБА. ТЭС и РТС имеют круглосуточный цикл работы, поэтому на границе СЗЗ уровни шума не должны превышать ночные санитарные нормы для территории жилой застройки (45 дБА).

Ниже дано превышение ночных санитарных норм, дБА, для территории жилой застройки на расстоянии 500 м от различных источников шума ТЭС с оборудованием на сверхкритические параметры пара:

Сбросы пара в атмосферу30—45

Газовая турбина (100 МВт):

от воздухозабора (без глушителя) до 35

от среза дымовой трубы
(без глушителя) до 20

Тягодутьевые машины:

кожух2—17

воздухозабор дутьевого
вентилятора8—14

От среза дымовой трубы:

футерованной внутри кирпичом0—4

с металлическим газоотводящим
стволом10—24

Оборудование угольного хозяйства10—15

Градирни башенные с естественной
циркуляцией1—3

Сухие вентиляторные градирни
(на расстоянии 300 м от СЗЗ) до 28

Трансформаторы1—6

Водогрейные котлы РТС:

типа ПТВМ-504—6

типа ПТВМ-1006—9

Шум из помещений:

котельного и турбинного цехов4—7

ГРП12—17

компрессорной установки5—10

насосной установки3—5

Из приведенных данных видно, что превышение норм от постоянных источников шума может достигать 35 дБА, а от временных источников — 45 дБА. Очевидно, что на любых крупных станциях, особенно ТЭЦ, которые находятся вблизи жилых районов, необходимо осуществлять мероприятия по шумоглушению.

На превышение санитарных норм в районах, окружающих ТЭС или РТС, влияют в основном следующие факторы:

- расстояние до источников шума и их количество;
- размещение источников (внутри помещений или на открытом воздухе);
- уровень излучаемой звуковой мощности;
- характер шума (тональный или широкополосный);
- временная характеристика излучаемого шума (постоянный, импульсный или прерывистый);
- характер направленности шума от источника;
- расположение над уровнем земли для источников, находящихся на открытом воздухе;
- эффективность устройств по шумоглушению.

Как правило, энергетический объект излучает шум от целой группы источников. Суммарный уровень звукового давления, дБ, при совместном действии нескольких источников различной интенсивности определяется по формуле

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right), \quad (1)$$

где L_i — уровень звукового давления от i -го источника, дБ; n — число источников шума.

Из формулы становится очевидным, что осуществление мероприятий по шумоглушению должно начинаться с наиболее интенсивных источников, при этом надо принимать во внимание, что шум от всех источников в определенной точке не должен превышать допустимый уровень $L_{\text{доп}}$, дБ. Наибольшее шумовое воздействие на людей оказывают источники, шум от которых более чем на 5 дБ превышает уровни звукового давления в расчетной точке от других источников. Мероприятия по шумоглушению от источников шума с разницей уровней звукового давления менее 5 дБ должны проводиться одновременно. В самом деле, если полностью заглушить источник, создающий уровни звукового давления менее 10 дБ [см. (1)], суммарный уровень практически не изменится. Порядок осуществления мероприятий по шумоглушению определяется

на основе акустических расчетов и обследования ТЭС и РТС. Таким образом, снижение шума от ТЭС и РТС до санитарных норм является комплексной задачей, при решении которой требуется, как правило, осуществление мер по шумоглушению от нескольких групп источников.

Результаты расчетов СЗЗ от ПТУ, ГТУ и ПГУ

С учетом требований ИТС 38-2024 при превышении установленных нормативов по уровню шума рекомендуется рациональное размещение энергетического оборудования по отношению к прилегающей селитебной территории [4, п. 7.6].

Для акустических расчетов используют специализированные программы, которые позволяют:

- смоделировать расположение зданий ТЭС или РТС с их габаритными размерами и основными источниками шума;
- определить уровень шума как от всех основных источников шума, так и отдельных источников или групп источников на расстоянии от объекта.

Акустические расчеты производятся в соответствии с ГОСТ 31295.2—2005 (ИСО 9613-2:1996) [7].

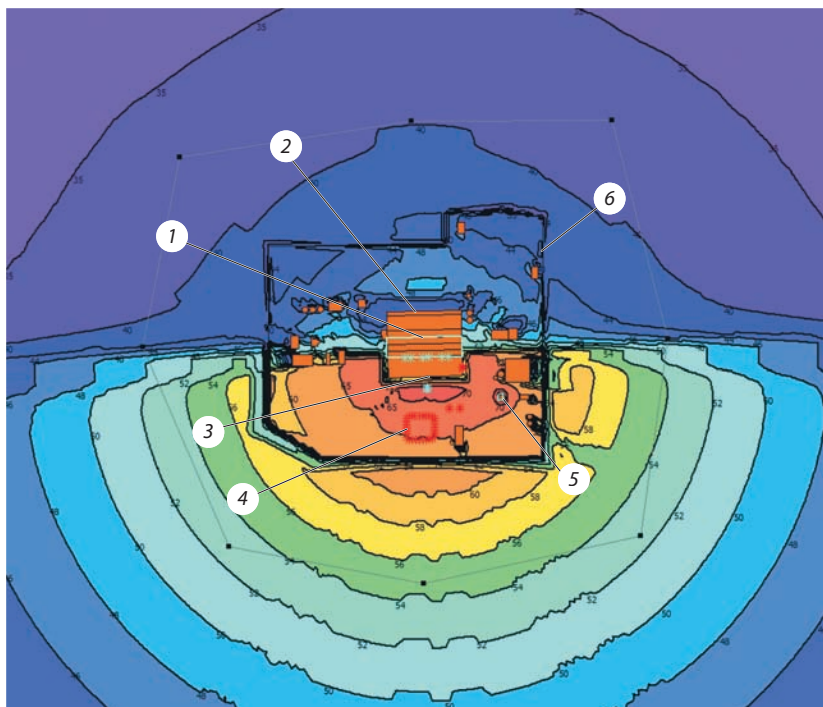
Для примера в табл. 3 приведены результаты расчетов ширины санитарно-защитной зоны

Таблица 3
Результаты расчетов СЗЗ для ТЭС с паротурбинными, газотурбинными и парогазовыми установками при работе от двух до шести турбин (энергоблоков)

Оборудование	Мощность установки, МВт	Санитарно-защитная зона R , м
ПТУ с башенными градирнями	65	570—1130
ПТУ с СВГ	65	2307—3023
ГТУ	78	940—2314
ПГУ	114	620—1040
ПГУ	450	880—1243

Рис. 2.1.
Изолинии уровня звука от ТЭС мощностью 195 МВт при отключенной СВГ:

1 — главный корпус;
2 — воздухозаборные окна дутьевых вентиляторов; 3 — устья дымовых труб; 4 — основная СВГ; 5 — компрессорная; 6 — граница станции



(СЗЗ) для ТЭС с паровыми турбинами мощностью 65 МВт, ГТУ (78 МВт) и ПГУ (114 и 450 МВт) при количестве работающих блоков от двух до шести [8, 9]. Из таблицы видно, что при эксплуатации паротурбинной ТЭС, а также ТЭС с ГТУ и ПГУ ширина рассчитанных СЗЗ существенно превышает ширину, предписанную нормативными актами. Наибольшей оказывается ширина санитарно-защитной зоны для ТЭС с паротурбинными установками (ПТУ) с сухими вентиляторными градирнями (СВГ) и блоками мощностью 65 МВт. Станция с шестью блоками ГТУ по 78 МВт будет иметь санитарно-защитную зону в 2,6 раза большую, чем ТЭС с двумя блоками ПГУ мощностью 450 МВт. Таким образом, при выборе состава оборудования следует отдавать предпочтение оборудованию с большей единичной мощностью.

Проведенные расчеты позволяют выделить влияние ориентации энергетического оборудования по отношению к расчетной точке, а также определить основные источники превышения санитарных норм для окружающего района и рациональное размещение оборудования станции по отношению к жилой застройке.

На рис. 2.1 показаны изолинии уровня звука от оборудования ТЭС мощностью 195 МВт. В расче-

те в качестве источников шума выступают воздухозаборные окна дутьевых вентиляторов, устья дымовых труб, компрессорная станция и проникающий шум от оборудования, которое находится внутри главного корпуса. Видно, что все основные источники шума станции находятся в нижней части рисунка.

На рис. 2.2 показаны уровни шума, которые излучаются от сухих вентиляторных градирен. Здесь главное здание играет роль экрана при распространении шума от энергетического оборудования, которое находится на территории ТЭС. Поэтому изолинии уровней звука имеют сложную форму: около расчетных точек рядом с источниками — высокие значения, за зданиями ТЭС — существенно более низкие.

Исключением является шум, излучаемый от источников, находящихся на высотной отметке. Такими источниками постоянного шума являются срезы дымовых труб, которые излучают шум от осевых дымососов блоков сверхкритического давления, системы местной вентиляции главного корпуса, которые находятся на крыше или временные источники, которыми являются шум от паровых выбросов. При этом временный шум от паровых выбросов или постоянный шум

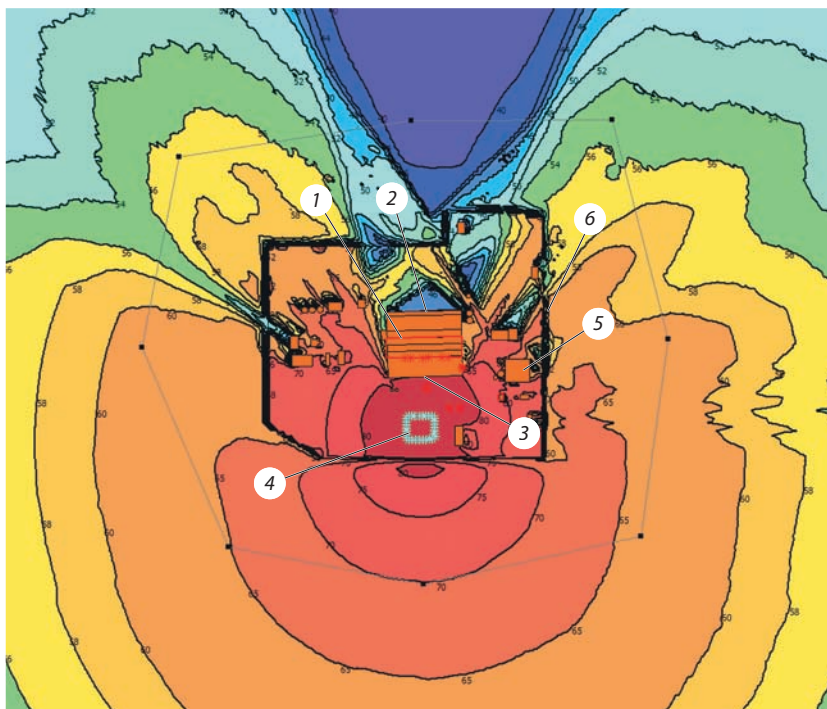


Рис. 2.2.
Изолинии уровня звука от ТЭС мощностью 195 МВт только от СВГ:
 1 — главный корпус; 2 — воздухозаборные окна дутьевых вентиляторов; 3 — устья дымовых труб; 4 — СВГ; 5 — компрессорная; 6 — граница станции

от дымососов, излучаемый от срезов устьев металлических труб, может быть доминирующим. В этом случае изолинии уровней звука около ТЭС с такими источниками будут иметь вид окружности.

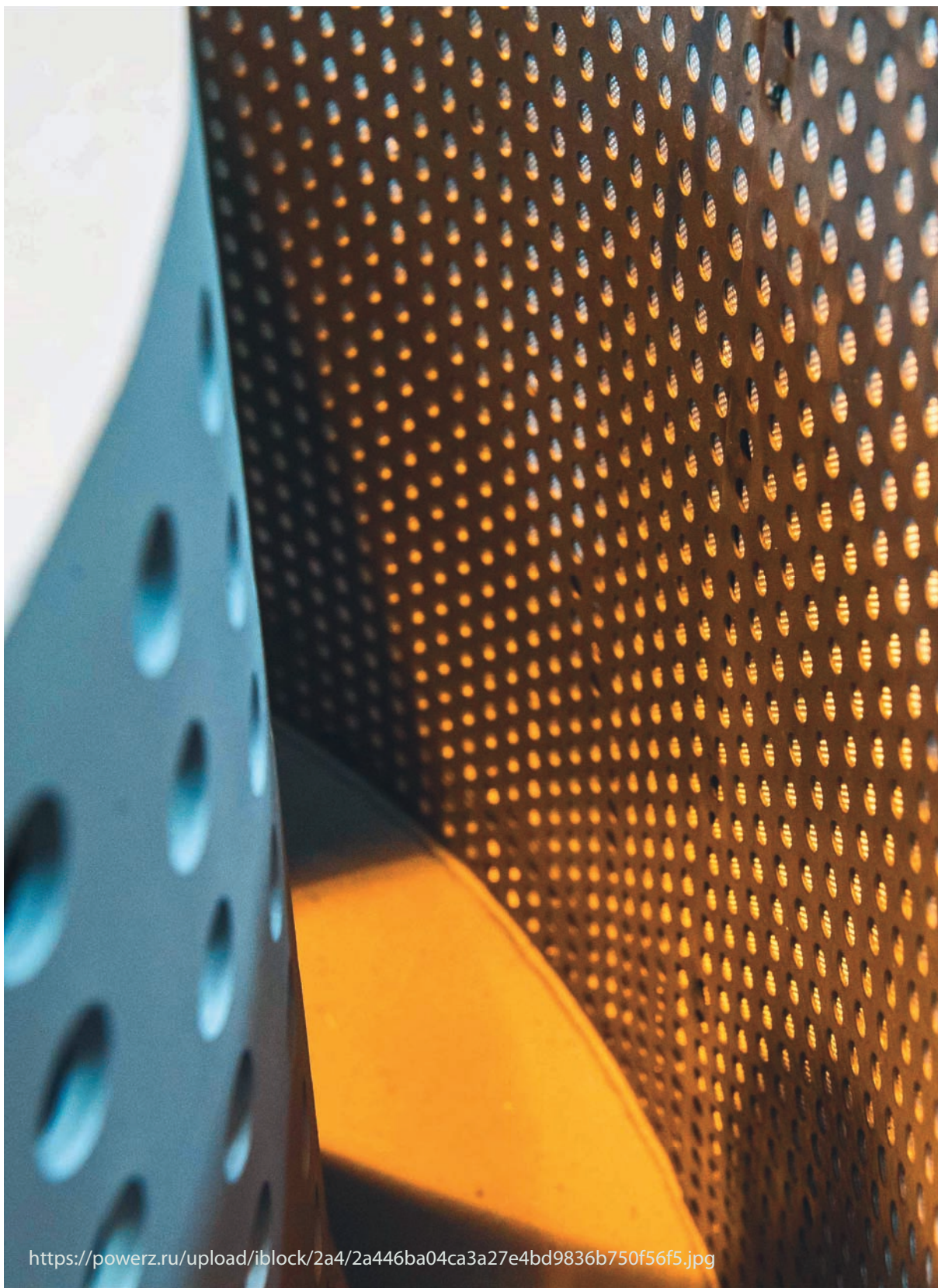
Результаты расчетов изолиний уровня звука от отдельных групп энергетического оборудования

Проведенные расчеты уровня шума от источников энергетического оборудования показывают, что шум от различных источников может превышать санитарные нормы на границе СЗЗ. Одни группы источников могут определять уровень шума во всем окружающем районе, другие — на отдельных участках напротив этих источников. К первой группе относятся паровые выбросы, срезы устьев труб газовых трактов ды-

мососов и труб ГТУ и ПГУ. К другой группе относятся такие источники шума, как вентиляторные и противоточные градирни с естественной тягой, воздухозаборы дутьевых вентиляторов, трансформаторы, ГРП, помещения с излучающим шум оборудованием.

Как установлено на основе прямых измерений, СВГ являются всегда более шумными по сравнению с башенными градирнями с естественной циркуляцией при охлаждении одинакового количества воды из конденсаторов.

При превышении санитарных норм необходимо принять меры по шумоглушению. Начинать мероприятия по шумоглушению нужно с тех источников, которые создают превышения санитарных норм на большем участке СЗЗ. Ниже рассмотрены возможные мероприятия по снижению шума от различного оборудования.





https://static.tildacdn.com/tild3337-6638-4338-b764-626132616631/Selentum_website_shu.jpg

Комплексное снижение шума от источников на ТЭС и РТС предполагает, что мероприятия по шумоглушению проводятся от всех наиболее шумных источников

3 Снижение шума от оборудования ТЭС и РТС



Средства индивидуальной защиты от шума на рабочих местах

Во многих случаях в энергетике используются средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума. Принцип действия СИЗ — защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм — ухо человека. Звуковые колебания воспринимаются не только через органы слуха, но и через другие органы путем костной проводимости. Поэтому задача СИЗ — устранить передачу звуковой энергии к организму.

Применение СИЗ позволяет предупредить негативное воздействие звуковых колебаний не только на органы слуха, но и на всю нервную систему. СИЗ наиболее эффективны, как правило, в области высоких частот.

В соответствии с ГОСТ 12.1.029—80 «ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация» [10] СИЗ делятся на противושумные вкладыши, наушники, шлемы, каски и костюмы.

Вкладыши перекрывают наружный слуховой проход или прилегают к нему. Наушники закрывают ушную раковину снаружи. Шлемы и каски закрывают часть головы и ушную раковину. Противושумные костюмы защищают тело человека и голову.

В табл. 4 приведены основные характеристики СИЗ. Эффективность снижения шума средствами индивидуальной защиты колеблется от 10 до 40 дБ.

В настоящее время существуют наушники селективного подавления звуковых волн: они пропускают звуки, соответствующие человеческой речи, заглушая другие. Это особенно важно в энергетике при аварийной ситуации, так как обеспечивает возможность принятия указаний и команд, подаваемых голосом.

Классификация глушителей шума, требования к ним

В случае превышения санитарных норм допустимого уровня шума от оборудования ТЭС необходимо осуществление различных мер по его снижению [4]. Очень важно, чтобы мероприятия по шумоглушению осуществлялись на основе акустического обследования предприятия и комплексного снижения шума от его источников. Следует отметить, что меры предупреждения возникновения повышенного шума и выбор мероприятий осуществляется на основе технико-экономического расчета. Комплексное снижение шума от источников на ТЭС и РТС предполагает, что проводятся мероприятия по шумоглушению от всех наиболее шумных источников.

Таблица 4
Эффективность средств индивидуальной защиты

Наименование	Акустическая эффективность, дБ, при среднегеометрических частотах, Гц							Уровень шума, дБА, не более	Вес, г
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Наушники:									
ВЦНИИОТ-2М	7	11	14	22	35	45	38	120	180
ВЦНИИОТ-4А	2	4	5	16	25	36	28	110	70
ВЦНИИОТ-А1	10	14	16	17	36	36	34	115	175
ВЦНИИОТ-1	3	4	7	13	23	36	33	110	120
ВЦНИИОТ-7И	10	16	18	22	36	40	32	115	280
Каска ВЦНИИОТ-2	7	11	14	22	35	45	38	120	600
Вкладыши:									
антифоны	10	10	10	13	24	29	25	105	2
беруши	15	18	18	24	26	26	31	105	0,4

В соответствии с ГОСТ 12.1.029—80 [10] в зависимости от принципа действия различают реактивные, абсорбционные (диссипативные), а также комбинированные глушители.

Характерной особенностью глушителей абсорбционного типа является плавный вид частотной кривой заглушения, у реактивных глушителей эта кривая имеет ряд острых пиков и провалов. В реальных конструкциях глушителей затухание звука происходит как за счет диссипации, так и за счет реактивных процессов, но преобладающим является обычно какой-либо один вид потерь.

В технической литературе часто употребляется термин «активный глушитель». Следует иметь в виду, что под словосочетанием «активный глушитель» в литературе разные авторы подразумевают совершенно разные устройства. В нашей стране под «активными глушителями» подразумеваются диссипативные глушители. За рубежом в качестве «активных глушителей» рассматриваются глушители, основанные на использовании сигнала, созданного специальным устройством и находящегося в противофазе с основным. При наложении волн уровень шума в канале снижает-

ся. Такие глушители называются также «антизвук». В табл. 5 приведены данные для сравнения глушителей, применяемых в энергетике.

Требования к различным конструкциям глушителей энергетического оборудования могут существенно различаться из-за величины снижения уровня шума и условий эксплуатации. Например, для паровых выбросов и воздушного тракта ГТУ характерен высокочастотный спектр, а для водогрейных котлов — низко- и среднечастотный. При разработке глушителя важно учитывать наличие тональных составляющих в источнике шума. Разработанный глушитель должен обладать не только высокой акустической эффективностью, но и минимальным аэродинамическим сопротивлением.

Материалы, используемые для изготовления глушителей, должны обеспечивать их надежную эксплуатацию. То есть материалы глушителей должны подбираться с учетом того, что глушители, размещенные, например, в газовых трактах подвергаются низкотемпературной коррозии, а паровые глушители (шумоглушители выбросов пара) — значительному перепаду давлений и температуры.

Таблица 5
Глушители, используемые в энергетике

Глушитель	Область применения	Эффективность ΔL , дБ	Достоинства	Недостатки
Абсорбционный (диссипативный)	Тягодутьевые машины, ГТУ, водогрейные котлы, системы вентиляции и др.	10—25	Простота и отработанность технологии установки; снижение шума в широком диапазоне; умеренное аэродинамическое сопротивление	Резкое снижение эффективности шумоглушения в запыленных потоках; ограниченное снижение в низкочастотной области
Реактивный	Паровые выбросы	20—35	Эффективно снижает шум в определенном диапазоне	Довольно высокая стоимость
Антизвук	Тягодутьевые машины, ГТУ	30	Нет потерь на аэродинамическое сопротивление, позволяет снижать шум на низких и сверхнизких частотах	Требует значительных затрат на оборудование

Существующие габаритные ограничения ТЭС и РТС не позволяют расширять энергетические газоходы после дымососов или даже найти место для размещения глушителей, например глушителей для водогрейных газомазутных котлов типа ПТВМ. Поэтому важными требованиями к конструкциям глушителей являются их минимальные габаритные размеры и масса.

К числу основных требований, предъявляемых к конструкциям глушителей для энергетических котлов, следует отнести также обязательность сохранения рабочих характеристик оборудования, таких как теплопроизводительность котла и акустическая эффективность, с учетом влияния региональных климатических факторов [13].

Активная разработка глушителей для снижения шума энергетического оборудования идет во всем мире. За рубежом используются разработки по шумоглушению энергетического оборудования таких компаний, как Industrial Acoustic Company (IAC), BVM-Acoustic, Glaunach и других, а в нашей стране — разработки ЮжВТИ, Барнаульского котельного завода, ООО «Флагман», ООО «ТМ МАШ», НИУ «МЭИ» и др.

Глушители шума от паровых сбросов

Для снижения шума рекомендуется устанавливать высокоэффективные глушители на трубопроводах (выхлопных, дренажных и продувочных) и РОУ [4, п. 7.1].

Сбросы пара являются неотъемлемой частью технологических процессов на энергетических объектах. Особенностью данных сбросов является то, что пар выбрасывается под избыточным давлением, в результате чего возникает критическое течение газа в выхлопных системах. Наиболее интенсивным источником шумового воздействия на окружающую среду является сброс пара в атмосферу, при котором происходит временное превышение уровня звука в радиусе нескольких километров.

Паровые сбросы имеют место при продувках пароперегревателей, при растопках котлов, подрывах главных предохранительных клапанов и предохранительных клапанов промперегрева, РОУ, БРОУ и др.

Наиболее эффективным способом снижения шума паровых сбросов энергетических котлов является установка на выхлопные трубопроводы глушителей шума. На каждом котле могут устанавливаться несколько глушителей.

Например, глушители шума на трубопроводах сброса пара в атмосферу установлены, по официальным данным ПАО «Мосэнерго», на ГЭС-1, ТЭЦ-8, ТЭЦ-9, ТЭЦ-11, ТЭЦ-12, ТЭЦ-16, ТЭЦ-17, ТЭЦ-20, ТЭЦ-21, ТЭЦ-23, ТЭЦ-25, ТЭЦ-26, ТЭЦ-27 с акустической эффективностью до 40 дБА.

Создание высокоэффективных конструкций паровых глушителей является сложной задачей из-за высоких требований, предъявляемых к ним. Конструкция глушителя зависит от уровня снижения шума, расхода пара через глушитель, от заложенных принципов шумоглушения и др.

При разработке паровых глушителей предохранительных клапанов, которые используются наиболее часто, основными принципами являются: последовательное увеличение проходных сечений; равномерность распределения скорости по проходному сечению; достижение атмосферного давления в потоке до выходного сечения.

Паровые глушители могут быть диссипативного, реактивного или комбинированного типа. Увеличение акустической эффективности, как правило, влечет за собой увеличение массогабаритных характеристик и гидравлического сопротивления глушителя. Масса глушителей колеблется от 0,3 до 5 т, а ограничение его предельной массы связано с предельной нагрузкой на крышу и трубопроводы, на которых глушитель устанавливается, и возможностью его монтажа на крыше котельного цеха. Вносимые потери после установки глушителей в диапазоне высоких частот составляют от 20 до 43 дБА [5].

На рис. 3.1 показаны внешний вид и конструкция паровых глушителей производства ЮжВТИ (г. Горловка) и Барнаульского котельного завода (БКЗ), также в России используются шумоглушители конструкции НИУ «МЭИ» и др.

Известны и зарубежные конструкции паровых глушителей: разработки компаний Glaunach, Penn Separator Corporation, Fluid Kinetics Corporation и др.

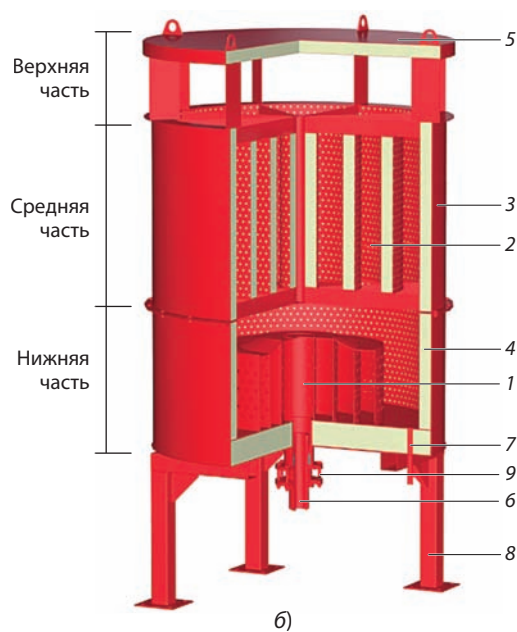
В России до последнего времени были распространены глушители разработки ЮжВТИ (г. Горловка) (рис. 3.1, а). Конструкция глушителя ЮжВТИ обеспечивает снижение уровня шума за счет разделения потока пара и плавного его расширения в решетках глушителя. Испытания глушителя показали, что эффективность глушителя на расстоянии 100—400 м от него составляет 25—30 дБА. Глушители были установлены на ТЭЦ-9, ТЭЦ-23, ТЭЦ-25, ТЭЦ-26 Мосэнерго, ТЭЦ-15 Ленэнерго и др. Глушители ЮжВТИ эксплуатируются с 1980-х годов, поэтому большая их часть выработала свой ресурс. Это обуславливает необходимость их замены на новые, более эффективные конструкции.

На рис. 3.1, б показан глушитель конструкции БКЗ. Снижение уровня звукового давления при сбросе пара в атмосферу происходит за счет эффективного торможения и расширения потока пара, снижения скорости в выходном сечении и разделения потока на мелкие струи, а также поглощения звука звукопоглощающими плитами. При срабатывании предохранительного или сбросного устройства пар по сбросному трубопроводу снизу поступает во входной патрубок, далее последовательно проходит через расширительные камеры и дроссельные решетки, расположенные на одной оси, расширяется и снижает свою скорость. Дроссельные решетки обеспечивают выравнивание поля скоростей и снижение максимальной скорости истекающего потока до необходимого уровня. Далее пар попадает в диссипативную часть шумоглушителя, где происходит поглощение звука в звукопоглощающих плитах. Затем пар выходит в атмосферу между крышкой и корпусом, а звуковая волна дополнительно поглощается в крышке. Отвод влаги, образующейся в результате конденсации среды, проходящей через шумоглушитель и оседающей на его внутренних поверхностях, осуществляется через дренажную трубку, которая находится в днище нижней части устройства.

В настоящее время более 120 шумоглушителей производства ООО «БКЗ» работает на энергетических объектах в РФ и за рубежом. Целая серия шумоглушителей разработана и поставлена на вновь вводимых котлах-утилизаторах ГТУ-ТЭЦ и действующих котлах на ТЭЦ в городах Серове Свердловской области, Таганроге, Омске (ТГК-11),



а)



б)

Рис. 3.1.

Паровые глушители:

а — ЮжВТИ; б — БКЗ: 1 — дроссельный блок; 2 — звукопоглощающие кассеты; 3 — корпус; 4 — тепло- и звукоизоляция; 5 — крыша; 6 — труба подвода среды; 7 — дренаж; 8 — опорная рама; 9 — сальниковый узел

Источник: <https://bkzn.ru/80-100%20%D0%B4%D0%91%D0%B0.jpg>

Усть-Илимске, Саянске, Ангарске, Нижнем Тагиле («Евраз НТМК»).

В последнее время получил распространение глушитель шума выброса пара конструкции НИУ «МЭИ» [5]. Глушитель имеет различные модификации в зависимости от требуемого снижения уровня шума выброса и характеристик пара.

На рис. 3.2 показан шумоглушитель для малого расхода пара, который измеряется десятками тонн в час, на рис. 3.3 — для комплексных систем при расходах пара, составляющих сотни тонн в час. В настоящее время глушители НИУ «МЭИ» установлены на ТЭЦ-7, ТЭЦ-9, ТЭЦ-17 ПАО «Мосэнерго», Саранской ТЭЦ-2 ОАО «ТГК-6», Киришской ГРЭС ПАО «ТГК-1», а также энергетическом котле ОКГ-180 Новолипецкого металлургического завода (ПАО «НЛМК»). Всего установлено более ста паровых глушителей. Расходы пара через глушители колеблются от 16 т/ч на ТЭЦ-7 в Москве до 154 т/ч на Саранской ТЭЦ-2.



Рис. 3.2.

Глушитель конструкции НИУ «МЭИ» для малых расходов пара:

1 — паровые глушители

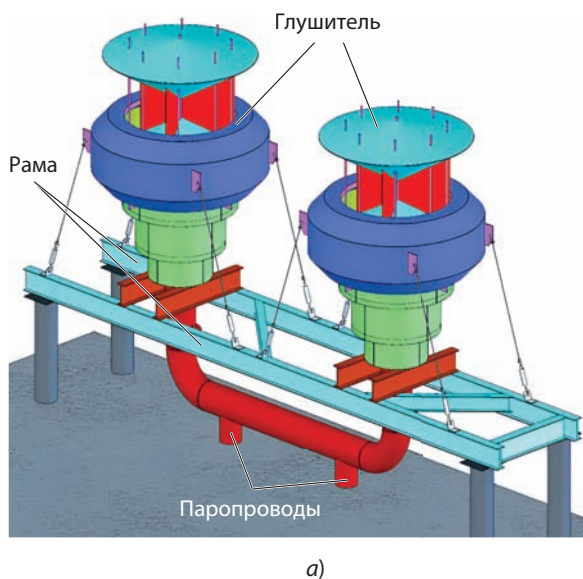


Рис. 3.3.
Глушитель конструкции НИУ «МЭИ» для комплексных систем:
 а — устройство глушителя; б — вид установленных глушителей

Глушитель для снижения шума при больших расходах пара (рис. 3.3), содержит многоступенчатый корпус, составленный из соосно расположенных обечаек, образующих ступени глушителя. Первая ступень глушителя имеет дренажный патрубок для отведения накапливающегося конденсата. В каждой ступени глушителя находится спирально свернутая сетка, которая способствует плавному расширению потока пара или газа. На выходе последней ступни глушителя расположен конический отражатель, снабженный цилиндрическими обечайками для снижения шума на низких частотах. На внешней стороне отражателя расположены направляющие перегородки для снижения аэродинамического сопротивления глушителя. Последняя ступень глушителя снабжена камерой глушения, внутренняя поверхность которой покрыта звукопоглощающим материалом. Звукопоглощающий материал удерживается от выдувания с помощью стеклоткани и перфорированных конических и цилиндрических металлических обечаек и колец. На выходе камеры глушения расположена крышка для предотвращения попадания атмосферных осадков внутрь глушителя. Глушитель комплексных систем может содержать несколько паровых глушителей (рис. 3.3, а), объединенных единым кол-

лектором, пар в который поступает от нескольких источников.

На котлах ст. № 4, 5 ТЭЦ-9 ПАО «Мосэнерго» было внедрено несколько глушителей НИУ «МЭИ» на сбросе пара после главных предохранительных клапанов (ГПК). На рис. 3.3, б показаны глушители на котле ст. № 5 ТЭЦ-9 ПАО «Мосэнерго». Проведенные на нем испытания показали, что акустическая эффективность системы шумоглушения составила 16,6—40,6 дБ во всем спектре нормируемых октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5—8000 Гц, или по уровню звука 38,3 дБА, что соответствовало заданному снижению шума.

Максимальной акустической эффективности глушители НИУ «МЭИ» достигают при минимальной массе глушителя и максимальном расходе пара через него, также они могут быть использованы для снижения шума выбросов в атмосферу перегретого и влажного пара, природного газа и др. Глушитель такой конструкции может эксплуатироваться в широком диапазоне параметров сбрасываемого пара и применяться как на блоках с докритическими параметрами, так и на блоках со сверхкритическими параметрами.

Глушители шума ГТУ и ПГУ

Для глушения шума, производимого ГТУ и ПГУ, в газоздушных трактах газотурбинных установок необходимо устанавливать глушители с акустической эффективностью, обеспечивающей выполнение требований для ночного времени суток (с 23:00 до 7:00) [4, п. 3].

Ниже рассмотрены глушители ГТУ, ПГУ и котлов-утилизаторов (КУ), установленные на предприятиях топливо-энергетического комплекса как в Московском, так и в других регионах. Глушители используются для снижения шумового загрязнения среды воздушными и газовыми трактами, системами вентиляции кожухов ГТУ [5].

Шумы, излучаемые от ГТУ через воздухозаборный и выхлопной тракты, являются наиболее интенсивными. Для снижения шума от них разработаны различные типы абсорбционных (диссипативных) глушителей, которые применяются в следующих областях:

- трубчатый и сотовый глушители — системы местной вентиляции кожуха ГТУ, каналы с размерами сечения до 1 м;
- пластинчатый глушитель — системы местной вентиляции, газоздухопроводы ГТУ и ПГУ;
- цилиндрический и кулисный глушители — выхлопные тракты ГТУ и ПГУ;
- звукопоглощающий материал — облицовка поворотов газоздухопроводов ГТУ и ПГУ (с установкой там направляющих пластин).

Надо отметить, что влияние шума от корпуса агрегата определяется звукоизолирующими свойствами кожуха и помещения, где установлено ГТУ, и, как правило, невелико.

Через воздухозаборный тракт (рис. 3.4) в атмосферу излучается шум, который имеет аэродинамическую природу. Шум, излучаемый через систему всасывания ГТУ, обусловлен переменными



Рис. 3.4.

Воздухозаборы ГТУ [14]:

1 — воздухозабор; 2 — место расположения глушителя



https://tmmash.ru/wp-content/uploads/2024/03/IMG_glushiteli_2024.jpg

Рис. 3.5.

Выхлопные тракты ГТУ [14]:

1 — выхлопной тракт; 2 — глушители выхлопного тракта

аэродинамическими силами взаимодействия турбулизированного воздуха от ротора и статора компрессора, а также явлениями неустойчивости турбулентного потока. В спектре этого шума имеются тональные составляющие, характерные для вихревого и сиренного шума. Основная частота вихревого шума для газотурбинных установок (50—160 Гц) пропорциональна частоте вращения компрессора. Наиболее интенсивные тональные составляющие приходятся на частоты сиренного шума, которые равны произведению числа лопаток ротора на число оборотов в секунду. Для газовых турбин сиренная частота лежит в пределах 1000—5000 Гц [3].

Уровень звука от шума компрессора ГТУ 100 МВт, излучаемого через воздухозабор без глушителей, равен 110 дБА на расстоянии 120 м от него. Поэтому на воздухозаборе ГТУ всегда устанавливают глушитель.

Шум, излучаемый выхлопным трактом ГТУ (рис. 3.5), вызван процессом горения, высокой скоростью прохождения газов через проточную часть турбины и турбулентностью газового потока. Уровень шума, излучаемый от дымовой трубы ГТУ, меньше, чем от системы воздухозабора. Например, уровень звука от дымовой трубы ГТУ 100 МВт без системы шумоглушения составляет 84 дБА на расстоянии 120 м от нее.

Во многих случаях для выхлопного тракта необходимо устанавливать глушитель, так же как и для воздушного тракта.

Выхлопные газы после ГТУ могут направляться для утилизации их теплоты в котел или специальный теплообменник, которые можно рассматривать как устройства, дополнительно снижающие шум.

Глушители выхлопного тракта, которые используются за рубежом и в нашей стране, как правило, представляют собой различные комбинации цилиндрических и кулисных глушителей, проходит экспериментальное апробирование активных глушителей в каналах небольших диаметров.

Например, схема шумоглушения выхлопного тракта ГТУ фирмы АВВ (Asea Brown Boveri) мощностью 25 МВт имеет следующие размеры цилиндрических глушителей: длина большого цилиндра 8300 мм, длина малого цилиндра 3100 мм, а их диаметры соответственно 2700 и 950 мм. Толщина каждого кольца 200 мм. Скорость потока между кольцами 60 м/с, а сопротивление 490 Па.

Для ГТУ мощностью 50 МВт габариты цилиндрического глушителя следующие: длина облицованного участка 17 м, диаметр звукопоглощающего цилиндра 3,2 м, аэродинамическое сопротивление 490 Па при скорости потока 50 м/с.

В работе [5] приведены результаты использования активного глушителя, работающего по принципу «антизвук» на газовой турбине мощностью 11 МВт. Эффективность этого глушителя составляет 10—13 дБ на низких частотах. С помощью громкоговорителя создаются волны в противофазе с шумом источника, амплитуды которых при наложении становятся равными нулю. Это достигается с помощью процессора, который получает сигналы от микрофонов, расположенных сразу после источника шума и громкоговорителя. Этот тип глушителя получил в мире только опытное применение. Чем больше канал, тем сложнее выполнить анализ звукового поля и создать в противофазе звуковое поле с помощью громкоговорителя. Поэтому дальше этот тип глушителя подробно не рассматривается.

Для газовых турбин, выхлопные тракты которых подсоединены к одной дымовой трубе, целесообразно устанавливать один глушитель на все газовые турбины в цокольной части дымовой трубы. Здесь звуковая энергия гасится при попадании на звукопоглощающий материал перегородок, на внутренней облицовке трубы и цилиндрах. Глушитель имеет минимальное аэродинамическое сопротивление, которое обеспечивается оптимальным подбором размеров высоты перегородки, размещением цилиндров со звукопоглощающим материалом и пр.

Аэродинамическая и акустическая эффективность глушителя с боковым подводом газоходов к трубе обеспечивается в результате установки перегородки и пандусов под определенным углом к оси подводящих газоходов. Расположение звукопоглощающих элементов и их размеры существенно влияют на акустическую эффективность и аэродинамическое сопротивление всей конструкции глушителя. Здесь поток дымовых газов плавно расширяется, проходя через конструкции глушителя. После установки глушителя потери аэродинамического сопротивления стали меньше приблизительно на 20 Па для газового тракта с боковым подводом трех газоходов от ГТ-100-750. Такого вида глушитель был установлен на Ивановской ГРЭС [5].

Эффективность глушителя зависит от размеров и количества цилиндров со звукопоглощающим материалом и высоты разделяющих перегородок и достигает 30 дБ.

Отдельной задачей является снижение шума от систем вентиляции кожуха ГТУ. Такая задача возникает при установке даже небольших ГТУ рядом с жилыми районами. Для снижения шума приточной и вытяжной вентиляции ГТУ Taurus 60 мощностью 5,3 МВт фирмой Solar Turbines (США) были предложены глушители шума. Глушитель шума выхлопов принудительной вентиляции кожухов ГТУ состоит из двух частей: пластинчатого глушителя и облицованного звукопоглощающим материалом прямого поворота внешнего короба (рис. 3.6).

Пластинчатый глушитель состоит из четырех пластин толщиной 200 мм и длиной 2500 мм, размещенных равномерно в канале внешнего короба сечением 1650×1650 мм. Расстояние между пластинами составляет 212 мм, расстояние между крайними пластинами и стенкой канала — 107 мм. При таком размещении пластин относительное проходное сечение равно 51,5 %. Для уменьшения аэродинамического сопротивления глушителя и облицовки поворота на входе и выходе пластин глушителя и облицовки устанавливаются круглые обтекатели. Пластины глушителя набираются из отдельных кассет.

Установка короба глушителя осуществляется под углом 45° к поверхности крыши (рис. 3.6, а), что обеспечивает отсутствие скапливание снега на поверхности короба глушителя и попадание атмосферных осадков в выхлопную часть внешнего короба.

Секция прямого поворота присоединяется к пластинчатому глушителю и имеет габаритные размеры 1000×1650 мм. Поверхности прямого поворота с размерами входа 1260×1000 мм облицованы звукопоглощающим материалом толщиной 50 мм (рис. 3.6, б).

Короб глушителя опирается на опорную раму, состоящую из швеллеров и уголков.

Конструкция глушителя шума воздухозабора принудительной вентиляции кожухов ГТУ аналогична глушителю шума выхлопа и состоит только из пластинчатого глушителя.

На рис. 3.7 показаны установленные на крыше глушители выхлопа и глушители воздухозабора вентиляции ГТУ.

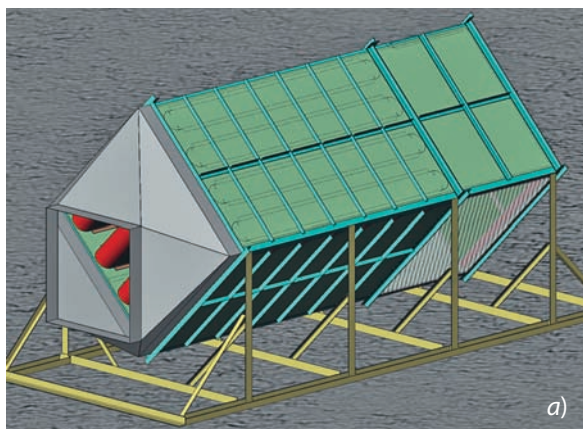


Рис. 3.6.
Глушитель шума вентиляции кожуха ГТУ:
 а — общий вид глушителя шума выхлопов принудительной вентиляции ГТУ; б — схема глушителя: 1 — пластины глушителя; 2 — обтекатели; 3 — звукопоглощающий материал; 4 — перфорированный лист; 5 — диффузор; 6 — облицованный поворот; 7 — сетка-рабица

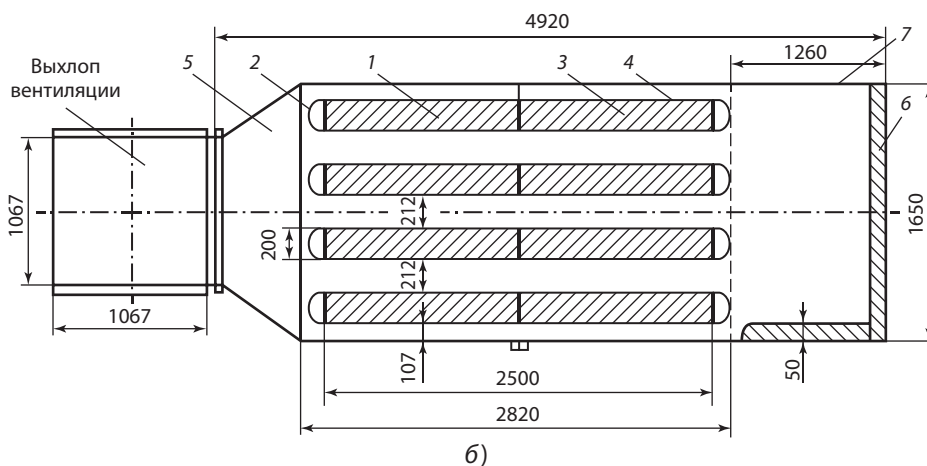


Рис. 3.7.
Размещение глушителей систем вентиляции кожуха ГТУ на крыше станции:
 а — глушители выхлопа; б — глушители воздухозабора вентиляции ГТУ

Перспективным решением является использование облицовки и направляющих пластин со звукопоглощающим материалом на поворотах газозовдухопроводов, что позволяет снизить уровень шума в них с минимальным аэродинамическим сопротивлением по сравнению с другими видами абсорбционных глушителей [5, 15, 16, 21].

Схема облицовки поворота газохода показана на рис. 3.8 [15]. Плотность и толщина звукопоглощающего материала выбраны с учетом требуемого снижения в спектре шума. Звукопоглощающий материал защищается от выдувания базальтовой изоляционной тканью, которая применяется при температурах до 650 °С и имеет поверхностную плотность около 210 г/м². Снаружи устанавливается перфорированный лист толщиной 1 мм с коэффициентом перфорации 30 %. Звукопоглощающий материал укладывается в полуоткрытые панели, которые устанавливаются открытой частью к стенке газохода, а перфорированной стороной — к потоку газов. Крепление осуществляется с помощью сварки к полосам из стали. Каркас облицовки выполняется из отдельных полос максимальной длиной 1000 мм с зазором между ними 2—3 мм для организации температурных расширений. При прогреве облицовки

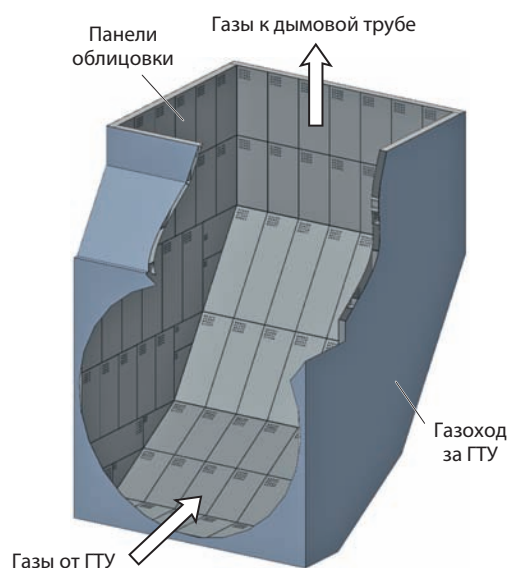


Рис. 3.8.
Схема установки панелей облицовки поворота газового тракта за ГТУ [15]

и газохода газами осуществляется совместное расширение, которое воспринимается имеющимися на газоходе компенсаторами. Использование облицовки прямого поворота позволяет снизить уровень шума на 6—8 дБА.

Установка направляющей звукопоглощающей пластины на плавном прямом повороте (рис. 3.9) дает возможность одновременно снижать шум и аэродинамическое сопротивление в энергетических газозовдухопроводах. Установка пластины на прямом повороте позволяет снизить коэффициент сопротивления поворота в 1,63—1,7 раз по сравнению с вариантом без них и в 2,5—2,6 раз по сравнению с вариантом облицовки без применения пластин [16, 17, 21].

Снижение уровня шума на плавном прямом повороте при коэффициенте относительного проходного сечения поворота $k = 0,95$ при наличии одной пластины составит 4,7 дБА; при облицовке — 7,2 дБА, при наличии облицовки и пластины — 13,6 дБА [21].

В [5] приводятся данные по глушителям ПГУ, которые располагаются в котле-утилизаторе (КУ), после КУ до дымовой трубы и в дымовой трубе.

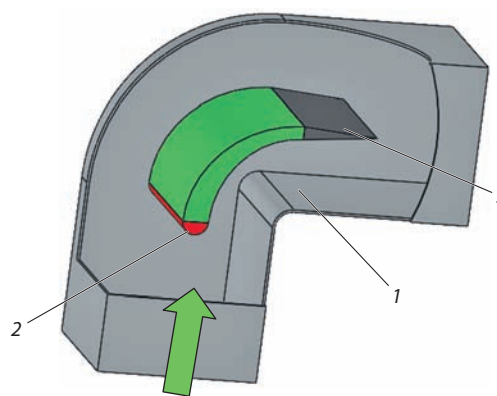


Рис. 3.9.
Модель глушителя шума в повороте [17]:
1 — пластина, заполненная звукопоглощающим материалом; 2 — входные цилиндрические обтекатели; 3 — выходные клиновидные обтекатели

На ГТУ-ТЭЦ поселка Северный Московской области глушитель располагается в двухкорпусном КУ конструкции ООО «Дорогобужкотломаш», который находится после двух газовых турбин FT-8.3 компании Pratt & Whitney Power Systems. Эвакуация дымовых газов от КУ осуществляется через одну дымовую трубу. Глушитель позволяет снизить шум в пределах от 7,8 до 27,3 дБ на среднегеометрических частотах 63—8000 Гц.

Глушитель после котла-утилизатора КУВ-50-150 ГТУ марки LM6000-SPRINT GE устанавливается до дымовой трубы. Глушитель разработан для Южно-Сахалинской ТЭЦ-1. Котел-утилизатор КУВ-50-150 предназначен для утилизации тепла газов, уходящих после газовой турбины, и получения горячей воды для нужд теплоснабжения промышленного и бытового назначения, а также технологических целей. Расположение труб в КУ — горизонтальное. Здесь устанавливается одноступенчатый пластинчатый глушитель шума, который состоит из пяти прямоугольных пластин, размещенных равномерно в прямоугольном корпусе газового тракта КУ сечением 3200 × 8000 мм. Толщина пластин 400 мм, высота 8000 мм, длина 3520 мм. Расстояние между пластинами глушителя составляет 240 мм, расстояние между крайней пластиной и стенкой газохода — 120 мм. При таком размещении пластин относительное проходное сечение глушителя шума равно 38 %.

Когда нет возможности смонтировать глушитель в КУ или после него, глушитель размещают в дымовой трубе. Например, такой глушитель установлен в дымовой трубе после котла-утилизатора E-57,5/12,0-7,4/0,6-520/280 блока ПГУ-60 Уфимской ТЭЦ-2. Глушитель шума состоит из трех цилиндров. Внешний диаметр первого цилиндра $d_1 = 758$ мм, второго — $d_2 = 1875$ мм, третьего — $d_3 = 2992$ мм. Цилиндры размещены равномерно в дымовой трубе диаметром 3350 мм. Толщина кассет глушителя 200 мм, расстояние между кассетами глушителя 358 мм, расстояние между крайним цилиндром и стенкой дымовой трубы 179 мм. При таком размещении цилиндров относительное проходное сечение глушителя шума равно 64 %. Длина всех цилиндрических кассет составляет 2800 мм. Внутри цилиндров находится негорючий, негигроскопичный, звукопоглощающий материал, который защищается от выдувания стеклотканью и перфорированным металлическим листом. Для уменьшения аэроди-

намического сопротивления глушителя шума на цилиндрические кассеты глушителя устанавливаются круглые обтекатели с двух сторон (со стороны входа и со стороны выхода потока дымовых газов). Обтекатели выполнены из металла толщиной 2 мм.

Все перечисленные выше глушители обладают необходимой акустической эффективностью.

Несмотря на большое количество разработанных глушителей, требуется продолжение опытно-исследовательских работ для разработки глушителей ГТУ, ПГУ и КУ для различных компоновок и состава оборудования в целях обеспечения высокой акустической эффективности, минимального аэродинамического сопротивления и повышения надежности конструкций.

Глушители шума в газовых и воздушных трактах котлов ТЭС и РТС

При превышении установленных нормативов по уровню шума в газоздушных трактах тягодутьевых машин устанавливают глушители с акустической эффективностью, обеспечивающей выполнение требований для ночного времени суток (с 23:00 до 7:00) на прилегающих селитебных территориях [4, п. 7.2].

В газовых трактах ТЭС и РТС источниками шума, превышающего санитарные нормы в окружающем районе, являются:

- дымососы, особенно осевые;
- оборудование, обеспечивающее процессы горения в водогрейных котлах ТЭС и РТС.

В воздушных трактах источником шума являются дутьевые вентиляторы.

Глушители шума, по данным ПАО «Мосэнерго», установлены в газовые и воздушные тракты котлов ГЭС-1, ТЭЦ-9, ТЭЦ-11, ТЭЦ-12, ТЭЦ-16, ТЭЦ-20, ТЭЦ-21, ТЭЦ-25, ТЭЦ-26, ТЭЦ-27, ТЭЦ-30, ГРЭС-3.

Для снижения шума в газовых и воздушных трактах энергетических и водогрейных котлов ТЭС и РТС широко используются глушители различных типов.

Для уменьшения шума дымососов применяют глушители абсорбционного типа. Наиболее часто выбирают многоступенчатые пластинчатые глушители с одинаковой толщиной пластин, а в последнее время — с разной толщиной пластин. Кроме этих глушителей используются глушители, совмещающие различные элементы звукопоглощения и уменьшающие аэродинамическое сопротивление. Глушители должны надежно эксплуатироваться при температурах до 170 °С, в условиях низкотемпературной коррозии, при скоростях потока дымовых газов до 20 м/с.

Многоступенчатые пластинчатые глушители с одинаковой толщиной пластин установлены на ТЭЦ-23, ТЭЦ-25, ТЭЦ-26 ПАО «Мосэнерго». Пластинчатый глушитель состоит из двух секций, каждая из которых состоит из шести рядов пластин одинаковой толщины. Длина секций и расстояния между ними — 2 м. В качестве звукопоглощающего материала берется супертонкое базальтовое волокно, которое защищается от выдувания стеклотканью и металлическими листами с коэффициентом перфорации 30 %. Толщина пластин глушителя 200 мм. Глушитель состоит из элементов с размерами не более 200 × 1000 × 1000 мм, которые потом устанавливаются в специальный каркас. Из условий монтажа и эксплуатации глушителя наиболее удобным является его установка до дымовой трубы, для монтажа глушителя имеется люк. Наиболее опасными в отношении коррозии являются места соприкосновения элементов глушителя со стенками газохода, особенно в моменты пуска котла, когда пластины глушителя еще не прогрелись. Для предотвращения низкотемпературной коррозии пластины размещаются таким образом, чтобы обтекаться дымовыми газами с двух сторон. Кроме коррозии, другими факторами, определяющими надежную работу глушителя, являются слеживание и выдувание звукопоглощающего материала, а также забивание сажей перфорированных листов. Гидравлическое сопротивление такого глушителя во время эксплуатации составляет 100—150 Па, коэффициент гидравлического сопротивления глушителя — 0,92.

Проведенные в НИУ «МЭИ» исследования по использованию многоступенчатых глушителей с разной толщиной пластин позволили существенно улучшить технические и экономические характеристики многоступенчатых пластинчатых глушителей. Это обеспечивалось выбором места

установки ступеней глушителя в сложных газовых трактах по результатам математического моделирования из условия их минимального аэродинамического сопротивления, а также определением длины каждой из ступеней пластинчатого глушителя, что дало возможность минимизировать затраты на весь глушитель.

Указанные выше подходы были реализованы при подготовке рекомендаций, на основе которых были изготовлены, а потом смонтированы двухступенчатые пластинчатые глушители в трех газовых трактах после котлов БКЗ-320-140ГМ на ТЭЦ-9 Мосэнерго. Общий вид глушителя шума показан на рис. 3.10. Первая по ходу газа ступень глушителя состоит из четырех пластин толщиной 400 мм и длиной 1500 мм, размещенных равномерно в газоходе размерами 2300 × 5500 мм. Расстояние между пластинами составляет 975 мм, расстояние между крайними пластинами и стенкой газохода — 488 мм. Первая ступень глушителя установлена на расстоянии 800 мм до поворота газохода на 90°. Вторая по ходу газа ступень глушителя состоит из восьми пластин толщиной

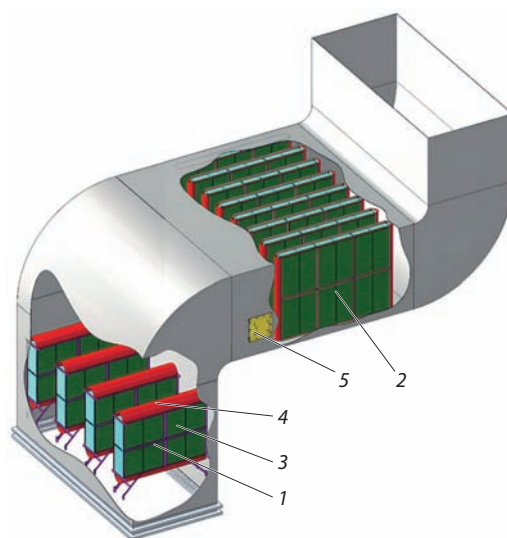


Рис. 3.10.
Общий вид двухступенчатого глушителя шума НИУ «МЭИ» для газоходов котлов БКЗ-320-140ГМ:
1 — первая ступень глушителя с пластинами 400 мм; 2 — вторая ступень с пластинами толщиной 200 мм; 3 — пластина глушителя; 4 — обтекатель; 5 — дверь для осмотра

200 мм и длиной 3000 мм, размещенных равномерно в газоходе размерами 2300×5500 мм. Расстояние между пластинами равно 488 мм, расстояние между крайними пластинами и стенкой газохода — 244 мм. При таком размещении пластин первой и второй ступеней относительные проходные сечения составляют 71 %. Вторая ступень глушителя установлена на расстоянии 1500 мм после поворота газохода на 90°. Проведенные комплексные акустические и аэродинамические испытания показали следующее:

- акустическая эффективность многоступенчатых глушителей колеблется от 3,3—8,7 дБ на среднегеометрической частоте 63 Гц до 13,0—16,0 дБ на среднегеометрической частоте 2000 Гц.
- аэродинамическое сопротивление пластинчатого глушителя (с учетом поправки на полную нагрузку котла) $H_n = 34,4$ Па. Данное значение аэродинамического сопротивления многоступенчатого глушителя значительно меньше допустимого аэродинамического сопротивления, которое по условиям технического задания равно 240 Па.

В настоящее время выбор сложных конструкций глушителей газовых трактов с минимальным аэродинамическим сопротивлением может быть осуществлен с применением численных методов моделирования течений дымовых газов на 3D-моделях исследуемых участков газовых трактов. Такая конструкция шумоглушения реализована на котлах ст. № 6, 7 ГЭС-1 ПАО «Мосэнерго».

При объединении двух газоходов до дымовой трубы выбирают комплексный глушитель более сложной конструкции (рис. 3.11, а). Шумоглушение происходит в облицованных звукопоглощающим материалом поворотах газовых трактов котлов, разделительной звукопоглощающей перегородке и пандусах. Использование глушителя такой конструкции позволяет не только снижать шум, но и значительно уменьшить аэродинамическое сопротивление участка газохода, где были установлены элементы шумоглушения. На рис. 3.11, б показаны примеры результатов численного моделирования системы шумоглушения газовых трактов котлов. Установка разделительной перегородки с пандусами и улучшение аэродинамической формы поворотов в результате их облицовки звукопоглощающим материалом позволяют в целом улучшить аэродинамику

тракта. Общее дополнительное расчетное аэродинамическое сопротивление системы шумоглушения составило около 2 Па. Снижение уровня шума в газовых трактах котлов ст. № 6, 7 ГЭС-1 ПАО «Мосэнерго» составило 15,0—24,6 дБ во всем диапазоне нормируемых октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5—8000 Гц, или по уровню звука 22,6 дБА. Нагрузка на дымососы котлов не изменилась. Штатные приборы на станции не зафиксировали увеличение аэродинамического сопротивления газового тракта после установки системы шумоглушения.

Для снижения шума воздухозаборов дутьевых вентиляторов чаще всего применяют глушители диссипативного типа, которые устанавливаются внутри воздухозабора, но в некоторых случаях используют внешние глушители, которые устанавливаются напротив воздухозабора.

На рис. 3.12 приведены диссипативные глушители НИУ «МЭИ» для воздухозабора дутьевого вентилятора ВДН-25 × 2К котла БКЗ-420-140 НГМ ТЭЦ-12 ПАО «Мосэнерго». Глушитель устанавливался в существующий канал воздухозабора с размерами 5600 × 1600 мм без его реконструкции. Всего установлено 14 пластин толщиной 200 мм и длиной 1780 мм. Расстояние между пластинами 200 мм. На входе и выходе каждой пластины для уменьшения аэродинамического сопротивления установлены обтекатели. Максимальная эффективность по уровню звукового давления достигается на среднегеометрической частоте 250 Гц и составляет 14,1 дБ. Уровень звука при установке глушителя снизился на 11,5 дБА.

Глушители, устанавливаемые напротив воздухозабора, отличаются своей простотой. Снижение уровня шума таким глушителем на 10—11 дБ [5] основано на отражении части звуковой энергии обратно в канал воздухозабора.

Проводятся работы по повышению акустической эффективности внешнего глушителя напротив воздухозабора. Использование патента НИУ «МЭИ» [18] позволяет получить дополнительное снижение уровня шума и уменьшить аэродинамическое сопротивление потока. Это достигается за счет прохождения потока воздуха в двух прямых поворотах, которые образованы стенками по всему внешнему периметру

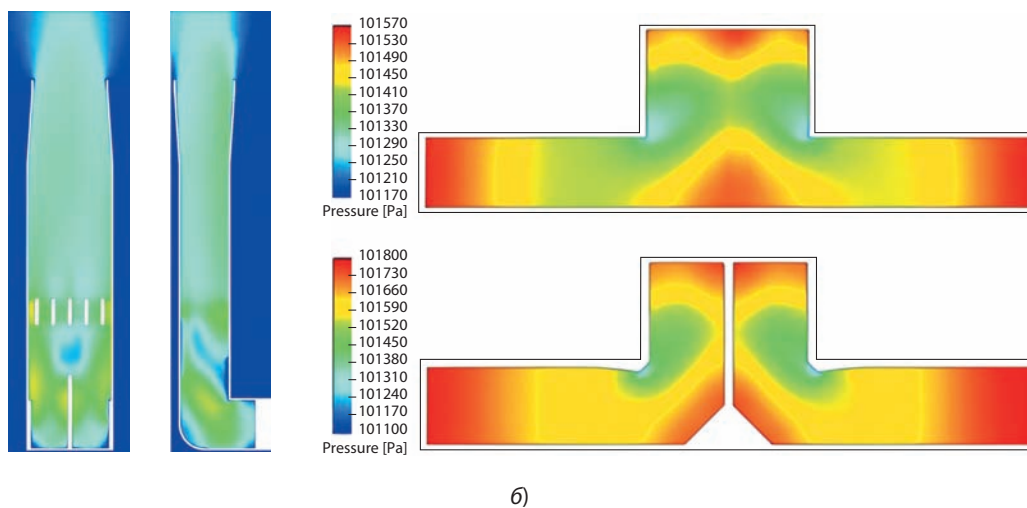
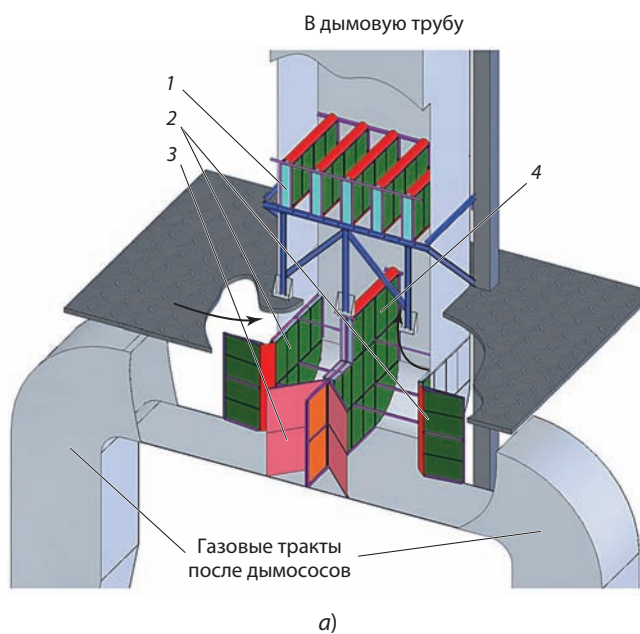


Рис. 3.11.
Устройства шумоглушения в газовом тракте при объединении двух газоходов:
a — общий вид устройства: 1 — пластинчатый глушитель; 2 — облицованный звукопоглощающим материалом поворот; 3 — пандус; 4 — звукопоглощающая перегородка; *б* — результаты математического моделирования изменения скорости и давления в устройстве

глушителя, и двух внутренних перегородок, делящих внутреннюю поверхность на четыре части (рис. 3.13). Габаритные размеры глушителя по каждой из сторон превышают габаритный размер воздухозабора. Стенки со стороны, обращенной к воздухозаборному каналу, облицо-

ваны звукопоглощающим материалом. Внутренние перегородки состоят из звукопоглощающего материала, который с двух сторон защищается перфорированным листом. Высота стенок по периметру акустического экрана больше высоты разделительных перегородок.

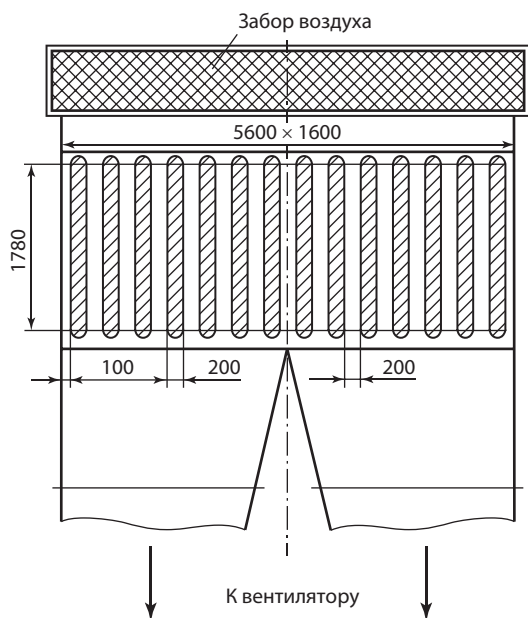


Рис. 3.12.
Схема расположения глушителя в канале воздухозабора дутьевого вентилятора ВДН-25 × 2К котла БКЗ-420-140 НГМ ст. № 10 ТЭЦ-12 ПАО «Мосэнерго»

Дополнительное снижение уровня звука при площади проходного сечения между экраном и воздухозабором, равной площади воздухозабора при коэффициенте звукопоглощения $\alpha = 0,8$, составило около 16 дБА. Еще большего снижения уровня шума можно добиться, если увеличить высоту стенок.

Глушители газовых трактов водогрейных котлов ТЭС и РТС имеют ряд особенностей, зависящих от способа эвакуации дымовых газов: дымососами (котлы типа КВГМ, ДВКР и др.) или с использованием самотяги (котлы типа ПТВМ).

Глушители водогрейных котлов РТС типа КВГМ, ДВКР размещаются во внешних газоходах. Здесь для снижения шума можно применять пластинчатые и трубчатые глушители, а также и облицовку поворотов.

Для вновь устанавливаемых котлов типа ПТВМ производитель предусматривает установку короба в верхней части котла перед трубой. В коробе устанавливают пластинчатые глушители.

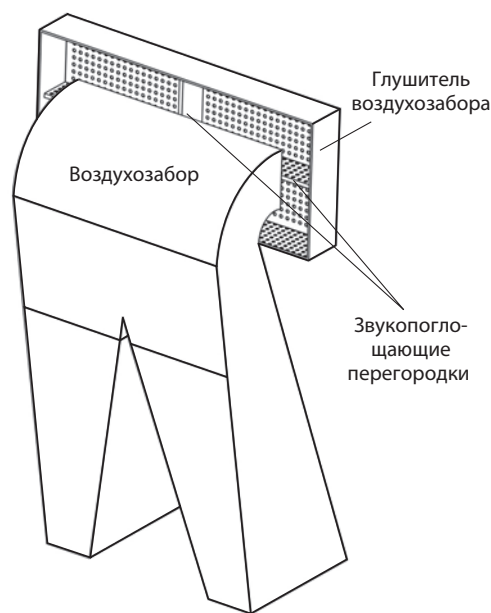


Рис. 3.13.
Схема внешнего глушителя воздухозабора [18]

Для существующих котлов возможна установка глушителя сразу над пакетом перегревателя, т.е. без размещения короба в цокольной части дымовой трубы. Такая конструкция глушителя газового тракта для котла типа ПТВМ показана на рис. 3.14. Снижение уровня шума в глушителе происходит в результате поглощения звуковой энергии материалами, которыми облицован центральный элемент и экран. Дополнительное снижение имеет место за счет поворота потока, образуемого экраном и центральным элементом.

Центральный элемент шумоглушителя имеет круглое или квадратное сечение. Высоту центрального элемента, его диаметр, высоту облицовки звукопоглощающим материалом внутренней части трубы выбирают из условий требуемого снижения уровня шума и допустимого аэродинамического сопротивления глушителя, обеспечивающих необходимую самотягу котлу. Для уменьшения аэродинамического сопротивления центральный элемент имеет обтекатели на лобовой и тыльной поверхностях. Угол раскрытия лобового (нижнего) и тыльного (верхнего) обтекателей около 60° . Обтекатели, как верхний, так

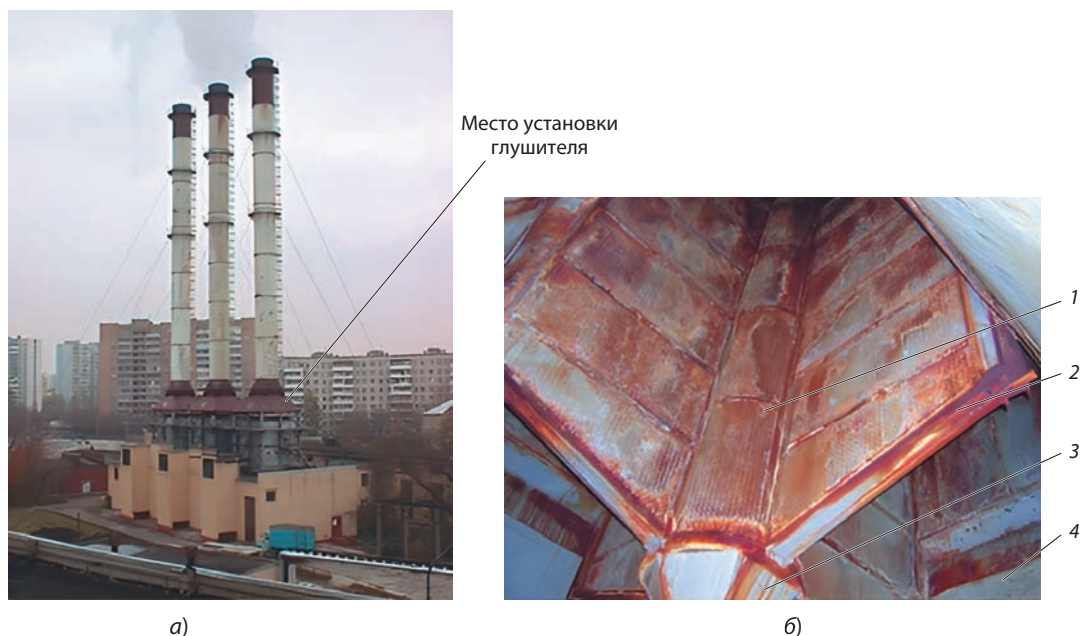


Рис. 3.14.

Место установки глушителя котла ПТВМ (а) и его конструкция (б):

1 — центральная часть звукопоглощающего элемента; 2 — звукопоглощающая перегородка; 3 — обтекатель; 4 — верхняя часть топки

и нижний, крепятся непосредственно к стенкам центрального элемента. Все продукты коррозии вместе с атмосферными осадками попадают на нижний экран. Продукты коррозии из нижнего экрана могут удаляться механическим путем во время останова котла.

Для уменьшения аэродинамического сопротивления центральный элемент располагается несколько ниже по сравнению с кромкой цоколя трубы. Центральный элемент выполнен полым с толщиной наружных стенок 200 мм. Стенки цилиндрического элемента заполнены звукопоглощающим материалом. С внешней стороны звукопоглощающий материал защищается от выдувания стеклотканью и перфорированным металлическим листом (коэффициент перфорации приблизительно 30 %). Внутренняя поверхность центрального элемента выполнена из сплошных металлических листов толщиной около 1 мм.

Центральный элемент с помощью уголков крепится к трубе. Нижний экран подвешивается с помощью креплений к цоколю трубы. Крепления являются жесткими.

Экран имеет центральное отверстие с размерами несколько меньше размеров центрального элемента. По внутреннему периметру экран снабжен бортиком и выполнен под некоторым углом, что позволяет отводить влагу. С нижней стороны экран по всей поверхности облицован звукопоглощающим материалом, так же как и для центрального элемента, защищается от выдувания стеклотканью и перфорированным металлическим листом. Внутренняя поверхность нижнего экрана элемента выполнена из металлических листов толщиной 3—5 мм. Это позволяет совместно с использованием антикоррозийных покрытий обеспечить долговечность работы экрана. Нижняя часть трубы также облицована звукопоглощающим материалом. Толщина кассеты со звукопоглощающим материалом составляет 100 мм. От выдувания облицовочный материал, так же как на нижнем экране и центральном элементе, защищается стеклотканью и перфорированным листом. В нижней и верхней частях облицовки установлены обтекатели.

Эффективность глушителя (рис. 3.14) по результатам измерений составила 17—20 дБ

на среднегеометрических частотах 250—2000 Гц. Установка таких глушителей позволяет существенно снизить уровни звукового давления в окружающей станцию районе.

Глушитель был впервые изготовлен и установлен на котле ПТВМ-50 КТС-18 в Москве, а потом на котлах ПТВМ-50 РТС «Волхонка-ЗИЛ», «Тушино-1», а также на котлах ПТВМ-100 РТС «Красный Строитель», «Бирюлево», филиале ГЭС-1 ПАО «Мосэнерго» и других станциях (в то время принадлежавших Мостеплоэнерго).

По официальным данным большинство глушителей в Москве были установлены в воздушных и газовых трактах в начале 2000-х годов. Гарантийный срок на панели, из которых сделаны пластинчатые глушители газовых и воздушных трактов котлов, составляет в соответствии с паспортом глушителя 18 месяцев. Существенное превышение гарантийных сроков эксплуатации приводит к ухудшению их акустических и механических характеристик из-за выдувания и усадки звукопоглощающего материала и разрушения конструкций глушителей. Требуется проведение регулярной, хотя бы один раз в год, проверки состояния существующих глушителей и их акустической эффективности, в случае необходимости полагается заменять отработавшие глушители на новые. Для этого следует продолжить разработку мер по шумоглушению в газовых и воздушных трактах энергетических и водогрейных котлов ТЭС и РТС в целях повышения акустической эффективности и снижения их аэродинамического сопротивления, повышения их долговечности и удобства монтажа.

Экраны для снижения шума энергетического оборудования

В целях защиты селитебных территорий, прилегающих к ТЭС и РТС, от шума различного энергетического оборудования (градирни, трансформаторы, дожимные компрессорные станции, крышные вентиляторы и др.) наряду с другими средствами применяются акустические экраны [4, п. 7.5].

Свойство экрана снижать шум основано на отражении и рассеивании падающих на него звуковых волн, при этом за экраном образуется «звуковая тень», если его размеры больше длины

звуковой волны. Не любое препятствие считается экраном. Объект считают барьером или экранирующим препятствием (далее — экраном), если:

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

При установке экранов необходимо обеспечить отсутствие негативного их влияния на работу оборудования. Например, установка экрана около градирен с естественной циркуляцией не должна изменять их охлаждающие способности. Это достигается размещением экрана на необходимом расстоянии от окон градирни. Выбор расстояния может происходить с помощью моделирования процессов течения воздуха в градирни с экраном и без него.

Далее рассмотрены различные конструкции экранов для градирен, трансформаторов, дожимных компрессоров, крышных вентиляторов [19, 20].

Градирни. На тепловых электрических станциях наиболее широкое распространение получили открытые башенные противоточные, мокрые вентиляторные и закрытые сухие градирни. Как показано ранее, наиболее интенсивным источником шума среди градирен являются СВГ. Далее по интенсивности шума идут башенные градирни, которые обладают высокими значениями шумовых характеристик в высокочастотном спектре (2000—8000 Гц). Наиболее «тихими» являются мокрые градирни с тихоходными вентиляторами.

На рис. 3.15 показан звукопоглощающий экран башенной противоточной градирни ТЭЦ-23 ПАО «Мосэнерго». Экран устанавливается на расстоянии 3 м от воздухозаборных окон градирни. Высота экрана 5 м, а длина 100 м. Вносимые потери от установки такого экрана составляют около 20 дБ.

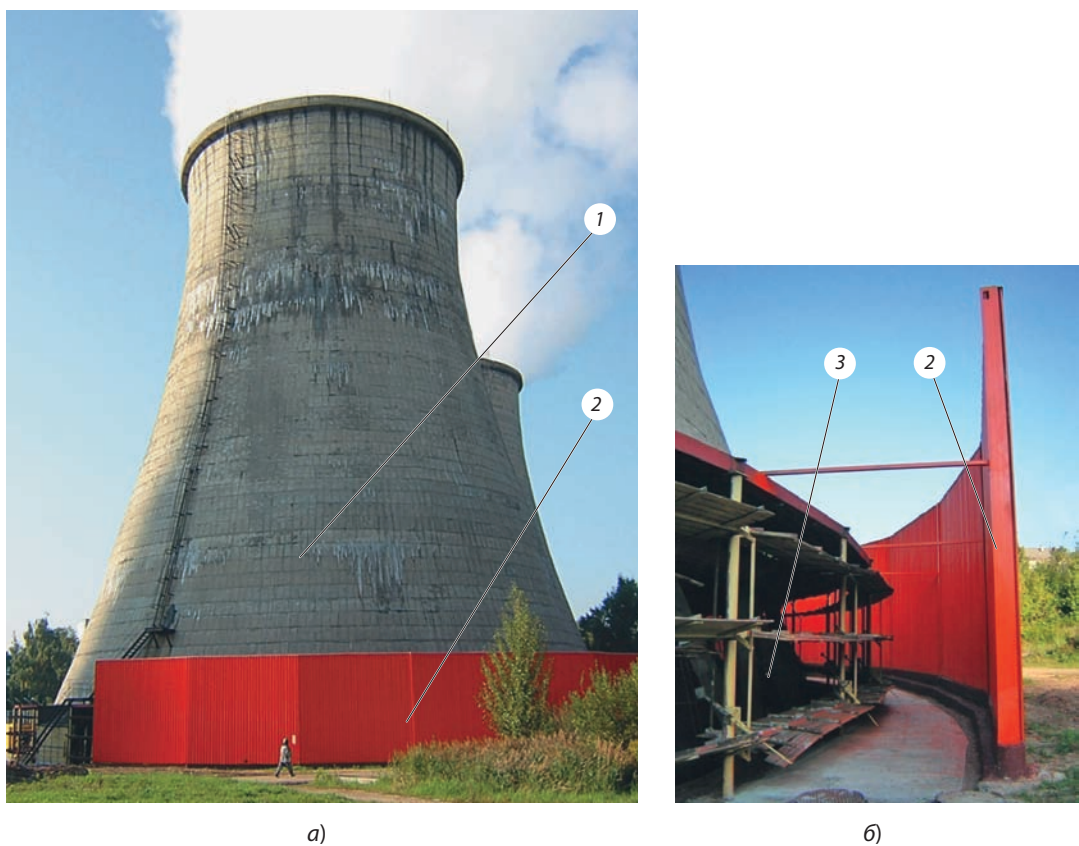


Рис. 3.15.

Экран для снижения шума от башенной противоточной градирни:

а — общий вид; *б* — воздухозабор градирни: 1 — градирня; 2 — экран; 3 — воздухозаборное окно градирни

На рис. 3.16 показан возможный вариант шумозащитной конструкции для снижения шума СВГ. Шумозащитная конструкция градирни состоит из глушителя, экрана и антидифрактора с углом установки 90° . Возможная акустическая эффективность указанной конструкции достигает 30 дБА.

Следует отметить, что в некоторых случаях для устранения шума от источника, находящегося в верхней части градирни, там устанавливают пластинчатые глушители, что существенно удорожает систему шумоглушения.

Трансформаторы. Экраны используются для снижения шума трансформаторов. Например, по официальной информации ПАО «Мосэнерго», экраны установлены для снижения шума транс-

форматоров и трансформаторных подстанций на ТЭЦ-16, ТЭЦ-20, ТЭЦ-23, ТЭЦ-25, ТЭЦ-27, ТЭЦ-30.

На рис. 3.17 показаны звукопоглощающие экраны, установленные около трансформаторов связи ТР-1, ТР-2, ТР-3 и ТР-5 на ТЭЦ-16 филиала ПАО «Мосэнерго». Расстояние между трансформатором и звукопоглощающим экраном составляет 3 м для любого из трансформаторов. Высота каждого звукопоглощающего экрана 4,5 м. Длина звукопоглощающего экрана 8—11 м. Звукопоглощающий экран состоит из отдельных панелей, установленных в специальные стойки и имеющих звукопоглощающую облицовку. Панель с лицевой стороны закрывается гофрированным металлическим листом, а со стороны трансформаторов — перфорированным металлическим листом с коэффициентом перфорации 25 %. Внутри

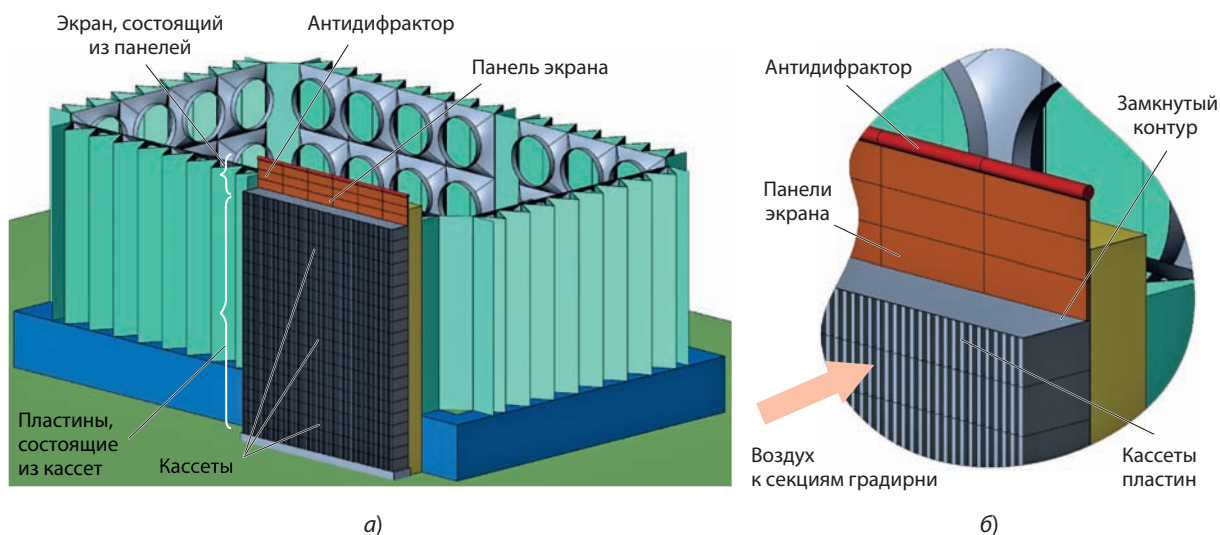


Рис. 3.16.
Общий вид секции шумозащитной конструкции СВГ:
 а — общий вид секции шумозащитной конструкции; б — вид на верхнюю часть конструкции



Рис. 3.17.
Экраны для снижения шума трансформаторов на ТЭЦ-16 ПАО «Мосэнерго»:
 1 — трансформатор;
 2 — осевые вентиляторы;
 3 — звукопоглощающий экран

панелей экранов находится негорючий, неигроскопичный звукопоглощающий материал. Уровни звукового давления в контрольной точке после установки экрана снизились на 5—21 дБ на среднегеометрических частотах 63—8000 Гц.

В качестве экрана могут применяться различные материалы, например типовые железобетонные панели. Для мощных трансформаторов

может использоваться кирпичная звукопоглощающая кладка с резонансными полостями со стороны трансформатора.

Дожимные компрессоры. Экраны используются также для снижения шума дожимных компрессоров. На рис. 3.18 показан экран для снижения шума корпусов дожимных компрессоров, расположенных на предприятии в Московской



https://lefortovo24.ru/imgs/org/972/972/moskovskiy-energeticheskiy-institut-opytnyy-zavod_1638695387_16.webp

Рис. 3.18.
Акустический 7-метровый экран Г-образной формы для снижения шума дожимной компрессорной установки

области. Экран имеет Г-образную форму. Высота звукопоглощающего экрана составляет 7 м, общая длина звукопоглощающего экрана — 20 м.

Крышные вентиляторы. Акустические экраны могут эффективно применяться для снижения относительно небольших источников шума, например крышных вентиляторов. Звукопоглощающие экраны конструкции НИУ «МЭИ» были установлены по всему периметру вокруг каждого крышного вентилятора, смонтированного на ТЭЦ-20 ПАО «Мосэнерго» (рис. 3.19). Установка таких экранов не повлияла на производительность крышных вентиляторов. При их установке уровень звука от станции на границе санитарно-защитной зоны не превысил санитарных норм по шуму. В общей сложности были установлены звукопоглощающие экраны для снижения шума от 21 крышного вентилятора четырех различных модификаций на ТЭЦ-20.

Основные тенденции в использовании акустических экранов показывают возможности их

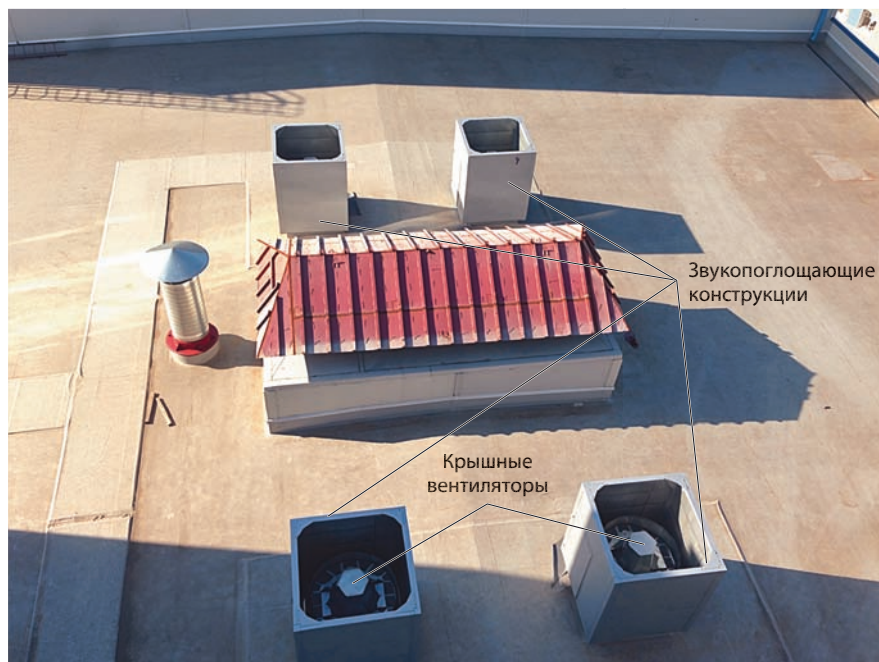


Рис. 3.19.
Звукопоглощающие экраны для снижения шума от крышных вентиляторов, размещенные по периметру источников шума на ТЭЦ-20 ПАО «Мосэнерго»:
1 — крышной вентилятор; 2 — звукопоглощающая конструкция

применения для снижения шума большой группы энергетического оборудования: различного типа градилен, трансформаторов, дожимных компрессоров и др. Продолжаются работы по повышению их акустической эффективности, для этой цели разрабатывают специальные материалы для экранов и новые конструкции надстроек на их верхней кромке [20].

Звукоизоляция, звукопоглощающие облицовки и кожухи

Звукоизоляция — это мероприятия, направленные на снижение уровня шума, проникающего через ограждающую конструкцию. Снижение шума с помощью звукоизоляции наиболее востребовано для наружных трубопроводов ГРП ТЭС и РТС, а использование звукоцехлов и звукоизолирующих кожухов — для оборудования внутри помещений.

Звукоизоляция относится к строительно-акустическим методам борьбы с шумом и состоит в том, что звуковая волна, падающая на ограждение, приводит его в колебательное движение с частотой, равной частоте колебаний частиц воздуха. В результате ограждающая конструкция сама становится источником звука, но излучаемая звуковым ограждением мощность в сотни и более раз меньше звуковой мощности, падающей на ограждение со стороны источника шума. Если энергетическое оборудование или помещение, в котором оно находится, могут быть выделены ограждающими конструкциями, то правильный выбор звукоизолирующих конструкций позволяет обеспечить необходимое снижение интенсивности звука. Особую роль в этом снижении играет совершенствование конструкции защитных кожухов машин и их отдельных узлов для улучшения их звукоизоляционных качеств [4, п. 7.11].

Вносимые потери в результате звукоизоляции газопроводов зависят от его диаметра (достигают 60 дБ), а также от толщины и свойств звукоизоляционного материала.

До последнего времени использование звукоизоляции для каналов после ГРП было проблематичным из-за того, что между звукоизоля-

ционным материалом и стенкой газопровода скапливался конденсат. В итоге начиналась активная коррозия поверхности труб, в результате приходилось снимать с труб звукоизоляционный материал. В настоящее время проблему скапливания конденсата удалось решить, используя специальные материалы, а именно на основе каучуковых соединений, а также эластомерной пены и др. Применяются звукоизоляционные материалы, представляющие собой многослойную структуру. Наличие нескольких слоев различных видов звукоизоляционных материалов позволяет не допустить возникновения конденсата и обеспечить требуемое снижение шума. Материалы, выбираемые для изоляции газопровода после ГРП, являются негигроскопичными и негорючими.

Для звукоизоляции каналов и промышленных газопроводов получили распространение материалы фирм K-Flex, Thermaflex, Armacell.

Исследования, проведенные в НИУ «МЭИ», показывают, что уровень шума от газопроводов после ГРП снижается по мере удаления от него. Это объясняется тем, что основным источником шума являются дросселирующие клапаны. Получен патент на изобретение [11] на нанесение звукоизоляционных материалов на канал газопровода после ГРП. В патенте предлагается учитывать снижение уровня шума по длине газопровода путем уменьшения слоя звукоизоляции на газопроводе, что позволяет достигать значительного экономического эффекта.

Для звукоизоляции могут использоваться и специальные чехлы (рис. 3.20).

На рис. 3.21 приведено фото кожуха для оборудования, расположенного внутри производственного помещения. В отличие от чехлов кожух позволяет следить за внутренним состоянием поверхности агрегата, для чего имеются двери для осмотра агрегата обслуживающим персоналом, вентиляционные проемы, система внутреннего освещения. Снижение шума с помощью кожухов актуально для многих видов энергетического оборудования: турбин, насосов и др. [5].

Преимуществом размещения агрегата в кожухе по сравнению с нанесением звукопоглощающих облицовок является возможность осмотра



Рис. 3.20.
Чехлы для звукоизоляции энергетического оборудования [14]

Источник: <https://image.made-in-china.com/2f0j00f-VaoNdUgJlkt/Water-and-Fire-Proof-Steam-Drum-Insulation-Blanket.webp>

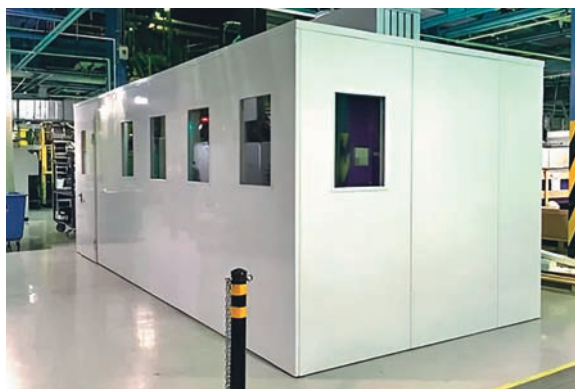


Рис. 3.21.
Стационарный кожух внутри производственного помещения [14]

Источник: https://fabricators.ru/files/photogallery/boll_beveridzh_pekedzhing_img_02.jpg

корпуса агрегата, недостатком — более высокая стоимость.

Использование новых материалов для звукоизоляции, чехлов и кожухов позволяет эффективно снижать шум. При этом следует отметить,

что заявляемые изготовителями характеристики не всегда соответствуют измеренным. Очевидна необходимость продолжения работ по улучшению технико-экономических характеристик звукоизоляционных материалов, чехлов и кожухов.

Заклучение

1. Штатная эксплуатация ТЭС и РТС связана со значительным излучением шума, что может быть причиной превышения санитарных норм как на рабочих местах, так и в окружающих их районах. Введение новых нормативов (СанПиН 1.2.3685-21) на границе санитарно-защитной зоны предприятий, которая непосредственно прилегает к территории жилой застройки, делает эту проблему еще более актуальной.

2. Превышение на прилегающих к ТЭС и РТС территориях нормируемых параметров шума от оборудования зависит от типа, мощности, режима и количества работающего оборудования, его размещения на территории предприятия относительно окружающей территории, расположения источников шума (на открытом воздухе или внутри помещений), частотных и временных ха-

рактеристик источников шума, а также высотной отметки источника излучения звуковой энергии.

3. Уровни шума от отдельных групп оборудования могут определять шум как на всей границе СЗЗ, так и на ее отдельных участках. Начинать мероприятия по шумоглушению нужно с тех источников, которые создают превышения санитарных норм на большем участке СЗЗ.

4. К числу наиболее интенсивных источников постоянного шума относятся сухие вентиляторные градирни, которые отсутствуют в перечне источников шума в [4].

5. Существующий комплекс мероприятий по шумоглушению в основном позволяет снизить шум от действующего оборудования до санитарных

норм. При этом очень важно, чтобы мероприятия по шумоглушению закладывались на стадии проектирования станций, что позволяет в несколько раз снизить затраты на устройства шумоглушения.

6. На ТЭС и РТС необходимо регулярно проверять состояние установленных глушителей и своевременно заменять средства шумоглушения, рабочие характеристики которых в процессе эксплуатации ухудшились, на новые с акустической эффективностью не меньше, чем у ранее установленных, не приводящие к ухудшению технических характеристик оборудования.

7. Следует продолжить разработку новых паровых глушителей, глушителей шума от газовых турбин и тягодутьевых машин в целях повышения акустической эффективности глушителей, снижения их аэродинамического сопротив-

ления, повышения долговечности и удобства монтажа.

8. Необходимо повышать эффективность акустических экранов за счет использования различных надстроек над верхним ребром экрана, применения звукопоглощающих облицовочных материалов и оптимизации геометрических размеров, что приводит к снижению капитальных затрат.

9. Целесообразно использовать новые звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы, особенно для звукоизоляции газопроводов после ГРП и других подобных каналов, которые не способствуют конденсации влаги между стенкой канала и звукоизоляционным материалом. Следует продолжать работы по улучшению технико-экономических характеристик звукоизоляционных материалов, чехлов и кожухов.

Список использованных источников

1. **СанПиН 1.2.3685-21.** Гигиенические нормы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания (ред. от 24.12.2025). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=500088&ysclid=mnquo5ldni812534376> (дата обращения: 30.03.2026).

2. **СП 51.13330.2011.** Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (ред. от 12.12.2023). URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/1950/> (дата обращения: 30.03.2026).

3. **СТО 70238424.13.140.001-2008.** Тепловые электрические станции. Экологическая безопасность. Акустическое воздействие (шум). Нормы и требования. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/cc5/4293808235.pdf?ysclid=mnqcaz624s522902338> (дата обращения: 30.03.2026).

4. **ИТС 38—2024.** Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии : Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Росстандарт. URL: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/1-1.pdf> (дата обращения: 30.03.2026).

5. **Тупов, В.Б.** Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду / В.Б. Тупов. Москва : Издательский дом МЭИ, 2012. 284 с. ISBN 978-5-383-00758-7

6. **СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.** Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов (ред. от 15.11.2024). URL: <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/> (дата обращения: 30.03.2026).

7. **ГОСТ 31295.2—2005** (ИСО 9613-2:1996). Шум. Затухание звука при распространении на местности. Ч. 2. Общий метод расчета. Москва : Стандартиформ, 2006.

8. **Санитарно-защитные** зоны по фактору шума современных ТЭС / В.Б. Тупов, А.А. Тараторин, В.С. Скворцов, А.Б. Мухаметов // Электрические станции. 2022. № 3 (1088). С. 38—42. DOI: 10.34831/EP.2022.1088.3.005

9. **Тупов, В.Б.** Особенности излучения шума от вентиляторных градирен большой мощности / В.Б. Тупов, А.Б. Мухаметов // Вестник МЭИ.

2022. № 5. С. 83—90. DOI: 10.24160/1993-6982-2022-5-83-90

10. **ГОСТ 12.1.029—80.** ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. URL: <https://base.garant.ru/3924760/> (дата обращения: 30.03.2026).

11. **Патент** RU 2791055 С1. Способ звукоизоляции газопровода после газораспределительного пункта : № 2022117160 : заявл. 24.06.2022 : опубл. 01.03.2023 / В.Б. Тупов, В.С. Скворцов ; патентообладатель ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ».

12. **Тупов, В.Б.** Влияние геометрических характеристик препятствий на снижение шума энергетического оборудования / В.Б. Тупов, А.Б. Мухаметов // Электрические станции. 2023. № 2. С. 52—57. DOI: 10.34831/EP.2023.1099.2.009

13. **Тупов, В.Б.** Влияние региональных климатических факторов на снижение уровня шума от энергетического оборудования / В.Б. Тупов, А.А. Тараторин, В.С. Скворцов // Теплоэнергетика. 2018. № 11. С. 72—77. DOI: 10.1134/S0040363618110073

14. **Каталог** компании ООО «Флагман». URL: <https://gkflagman.com/document#rec244130839> (дата обращения: 30.03.2026).

15. **Тупов, В.Б.** Снижение шума газовых трактов газотурбинных установок облицовкой поворотов / В.Б. Тупов, А.А. Тараторин, В.С. Скворцов // Вестник МЭИ. 2023. № 1. С. 93—99. DOI: 10.24160/1993-6982-2023-1-93-99

16. **Тупов, В.Б.** Снижение аэродинамического сопротивления и шума на повороте газопровода с помощью направляющих пластин / В.Б. Тупов, Д.А. Павлов // Электрические станции. 2026. № 1. С. 34—39. DOI: 10.71841/ES.elst.2026.1134.01.05

17. **Тупов, В.Б.** Математическое моделирование затухания шума и аэродинамического сопротивления на повороте / В.Б. Тупов, Д.А. Павлов // Noise Theory and Practice. 2025. Т. 11. № 3 (III, 2025). С. 13—19.

18. **Патент** RU 212801 U1. Акустический экран для снижения шума воздухозаборов : № 2022112635 : заявл. 11.05.2022 : опубл. 09.08.2022 / В.Б. Тупов, А.А. Тараторин, А.Б. Мухаметов ; патентообладатель ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ».

19. **Акустические** экраны для снижения шума от энергетического оборудования / В.Б. Тупов, С.А. Семин, Б.В. Тупов [и др.] // Электрические станции. 2016. № 10. С.48— 52.

20. **Тупов, В.Б.** Исследование акустических экранов с антидифрактором для снижения шума энергетического оборудования / В.Б. Тупов, А.Б. Мухаметов // Теплоэнергетика. 2024. № 9. С. 92—101. DOI: 10.56304/S0040363624700218

21. **Патент** RU 238640 U1. Устройство для снижения шума на повороте : № 2025124853 : заявл. 09.09.2025 : опубл. 05.11.2025 / В.Б. Тупов, Д.А. Павлов ; патентообладатель ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ».

Научно-популярное издание

ЭНЕРГЕТИКА, ЭКОЛОГИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Под редакцией академика РАН Александра Викторовича Клименко

Выпуск 1

ТУПОВ Владимир Борисович

ИСТОЧНИКИ ШУМА НА ТЭС И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕГО

Оригинал-макет подготовлен АО «Издательский дом МЭИ»

Подписано в печать 25.04.2026. Формат 60×90/8. Усл. печ. л. 5,0

Контакты издателя: Инженерное управление ПАО «Мосэнерго».

Тел.: +7 (495) 957-19-57, доб. 30-94.

Электронная почта: staroverovaaa@mosenergo.ru

Управление по работе со СМИ и органами власти ПАО «Мосэнерго».

Тел.: 8 (495) 957-19-57, доб. 22-90, 37-17.

Электронная почта: press-centre@mosenergo.ru.

Адрес в Интернете: www.mosenergo.ru