

**СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ****5.3. Снижение уровня шума от энергетического оборудования****5.3.2. Снижение уровня шума при паровых выбросах***Марченко М.Е., МГОУ*

Эксплуатация котлов связана с возможностью сбросов пара при продувках пароперегревателей, при растопках котлов, подрыве главных предохранительных клапанов и предохранительных клапанов промперегрева и др. Сбросы пара котла в атмосферу являются наиболее мощным источником шумового воздействия на окружающую среду на ТЭС. Например, при сбросе пара имеет место превышение уровня звука на 30 ... 40 дБ (А) в радиусе нескольких километров. Акустические измерения показывают, что на расстоянии 1...15 м от парового выброса котла уровни звука превышают не только допустимый, но и максимально допустимый уровень звука (110 дБ (А)) на 6...28 дБ (А), поэтому нахождение эксплуатационного или ремонтного персонала на отметке выхлопных трубопроводов, не оборудованных глушителями шума, недопустимо без средств индивидуальной защиты [1].

К особым случаям относится снижение шума при парокислородной продувке котлов, для которых требуются особые глушители. Особенностью является то, что парокислородная предпусковая очистка внутренних поверхностей котла связана со сбросом большого количества твердых примесей в атмосферу вместе с паром в течение длительного времени.

Создание высокоэффективных конструкций паровых глушителей является сложной задачей из-за высоких требований, предъявляемых к ним, таких как обеспечение высокой акустической эффективности; возможность работать при высокой температуре выхлопного пара и критических значениях перепадов давления до и после глушителя; минимальные масса и габаритные размеры; минимальное гидравлическое сопротивление глушителя.

При разработке паровых глушителей предохранительных клапанов, которые наиболее часто используются, основными принципами являются: последовательное увеличение проходных сечений; равномерность распределения скорости по проходному сечению; достижение атмосферного давления в потоке до выходного сечения. Причем в последнее время для внутреннего заполнения глушителей получили распространение металлические сетки и пористые материалы с диаметром ячейки от 1 до 5 мм. Существует несколько защищенных патентами решений, позволяющих снизить шум при сбросах пара при подрыве предохранительных клапанов или продувках котла. Так, в [2] описывается разработанный польскими авторами глушитель, в котором пар через перфорированное расширяющееся сопло подается к системе, состоящей из нескольких сотен вертикальных труб, и удаляется в атмосферу также через перфорированное сопло в виде расширяющегося конуса, закрытого сверху решеткой. Авторы патента заявляют о снижении шума при использовании их конструкции со 140...160 до 70...80 дБ (А). К сожалению, не приводятся данных об испытаниях данной конструкции, ее массе и прочностных характеристиках, возможности применения на блоках большой мощности. В рамках данного патента авторы также предлагают весьма интересное решение, в ко-

тором объединяют несколько глушителей данной конструкции общим коллектором. Как можно заметить, описанная конструкция представляет собой весьма сложную систему. Причем, вероятно, поведение этой системы будет различным для различных количеств сбрасываемого пара.

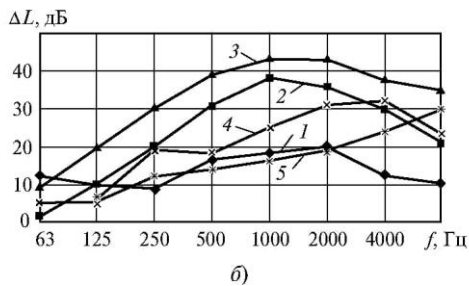
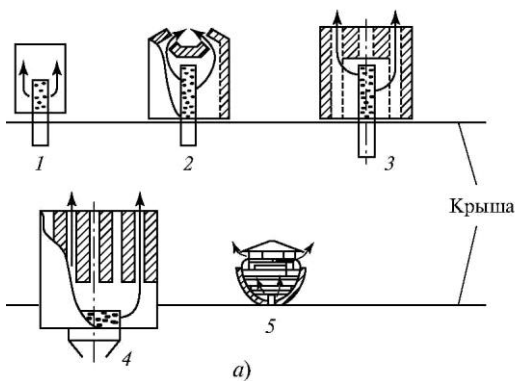
Большинство компаний-производителей подобного оборудования идут более простым путем, например канадская компания «Fluid Kinetics Corporation» [3] представляет глушитель, состоящий из нескольких концентрических перфорированных колец-решеток. Производители отмечают, что особенностью глушителя является специальная методика размещения решеток и просчитанные размеры выходных отверстий, позволяющие создать особый гидродинамический эффект при истечении пара и использовать взаимное гашение звуковых волн.

В глушителе системы американской компании «Penn Separator Corp.» пар направляется через распылитель, представляющий собой вертикальную цилиндрическую решетку, где превращается в сотни маленьких реактивных струй. Такой же процесс происходит и во второй ступени глушителя. Однако вторая ступень предназначена также для закручивания потока, что обеспечивает равномерный выход газов в атмосферу.

Примерно таких же принципов придерживается и известный производитель шумоглушителей американская компания «Glaunach».

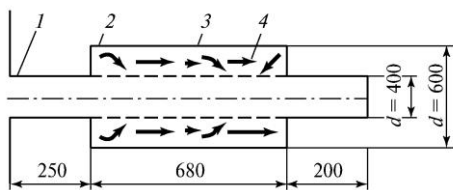
На рис. 5.52, а показаны конструкции пяти видов глушителей, а на рис. 5.52, б — их акустическая эффективность. Паровые глушители могут быть диссипативного, реактивного или комбинированного типа. Увеличение акустической эффективности связано, как правило, с увеличением габаритных размеров, массы и гидравлического сопротивления глушителя. Масса глушителей колеблется от 0,5 до 5 т, а предельная масса обусловлена предельной нагрузкой на крышу и трубопроводы, на которых глушитель устанавливается, возможностью монтажа его на крыше котельного цеха. Акустическая эффективность глушителей, рассмотренных на рис. 5.52, изменяется в диапазоне высоких частот от 20 до 43 дБ (А). При использовании в паровых глушителях звукопоглощающего материала (рис. 5.52, а, поз. 1—4) следует иметь в виду, что под воздействием влаги акустическая эффективность звукопоглощающего материала резко снижается, а при отрицательных температурах воздуха обледенение этого материала может стать причиной разрушения конструкции глушителя, поэтому в нашей стране получили распространение глушители другого типа.

Конструкция глушителя ЮжВТИ (рис. 5.52, а, поз. 5) обеспечивает снижение уровня шума за счет разделения потока пара и плавного его расширения в решетках глушителя. Испытания глушителя показали, что его эффективность на расстоянии 100...400 м составляет 15...20 дБ (А). Глушители установлены на ТЭС-9, -25, -26 ОАО «Мосэнерго», ТЭС-25 Киевэнерго, ТЭС-15 ОАО «Ленэнерго» и др.



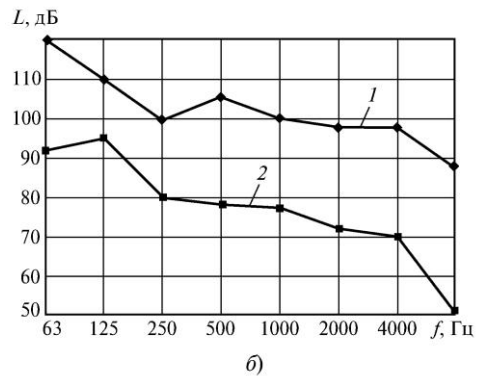
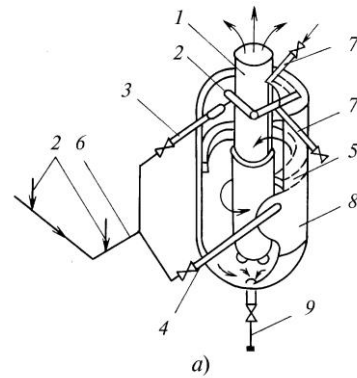
**Рис. 5.52. Паровые глушители:**  
*a* — конструкции 1 — 5; *б* — эффективность глушителей 1 — 5; масса глушителей 1 — 5, т: 1 — 0,5; 2 — 1,0; 3 — 2,0; 4 — 5,0; 5 — 0,5

Глушитель типа ГШ-200, разработанный в ПО «Красный котельщик», аналогичен глушителю 5, показанному на рис. 5.52, *a*. Особенностью глушителя является использование дополнительного звукопоглощающего материала с электрическим обогревом. При глушении шума потока влажного пара концы звукопоглощающей облицовки подключаются к источнику электроэнергии. При этом влага из звукопоглощающего материала испаряется, в результате сохраняются его звукопоглощающие свойства. Расчетная эффективность глушителя составляет 30 дБ (А). В некоторых случаях требуются конструкции глушителей, отвечающие особым условиям. В НПО «ЦКТИ им. И.И. Ползунова» разработан трубчатый глушитель шума для Мутновской ГеоТЭС, схема которого показана на рис. 5.53.



**Рис. 5.53. Глушитель шума сброса на Мутновской ГеоТЭС:**  
 1 — фланец; 2 — корпус; 3 — перфорированная наружная стенка; 4 — металлическая сетка

Длина глушителя 680 мм. На поверхности трубы по длине образующих внутренней и наружных стенок нанесены три прямоугольных отверстия размером 200×5 мм равномерно по всей цилиндрической поверхности трубы на расстоянии 20 мм друг от друга. В качестве звукопоглощающего материала использована металлическая сетка. Ожидаемая эффективность глушителя на частотах 125, 250 и 1000 Гц составит соответственно 14, 27 и 32 дБ (А). Для снижения шума при парокислородной продувке котла эффективной является конструкция шумоглушителя, разработанная Мосэнергомонтажем, ВЗПИ и Союзтехэнерго (рис. 5.54, *a*). Глушитель состоит из цилиндрического корпуса, куда тангенциально в нижнюю и



**Рис. 5.54. Глушитель шума для парокислородной предпусковой очистки внутренних поверхностей котла конструкции Мосэнергомонтаж — ВЗПИ — Союзтехэнерго:**

*a* — конструкция: 1 — отводящий патрубок; 2 — коллектор для впрыска воды; 3 — верхний подвод пара; 4 — нижний подвод пара; 5 — разделительный диск; 6 — трубопровод пара; 7 — трубопроводы для впрыска воды; 8 — корпус; 9 — сливной канал; *б* — уровень звука на расстоянии 50 м от глушителя: 1 — до впрыска воды; 2 — после впрыска

верхнюю часть подается загрязненный примесями продувки пар, закрутка которого производится в противоположные стороны, а потоки разделяются с помощью диафрагмы. Через коллекторы во внутренний объем корпуса и в подводящий трубопровод вспрыскивается техническая вода. Отделенный от примесей пар удаляется в атмосферу через патрубок. На рис. 5.54, *б* показаны результаты измерений уровня шума на некотором расстоянии от глушителя. Достоинством конструкции глушителя является то, что при расходе пара 300 т/ч уровни шума были умеренными, например, на расстоянии 150 м составляли 68 дБ (А), что ниже нормативных значений для рабочих зон. Эффективность сепарации пара от примесей составляет 88...99 % в зависимости от нагрузки.

В Московском государственном открытом университете (МГОУ) разработана конструкция парового глушителя, показанного на рис. 5.55 [4—6]. Глушитель представляет собой конструкцию, состоящую из четырех основных элементов, которые несут определенные рабочие функции:

- камеры расширения 1, представляющей собой набор дроссельных решеток, где расширяется пар и скорость его истечения значительно уменьшается;
- корпуса 2 в виде цилиндрической обечайки с жесткими связями, обеспечивающей поглощение звуковой энергии и расширение парового потока в режиме самоторможения;
- камеры глушения 3, состоящей из четырех секций лопаток, в каждой из которых поток пара закручивается в противоположные стороны, что позволяет взаимно погасить скорость и энергию потоков, а с помощью внутренних и внешних диафрагм равномерно распределить

пар по сечению глушителя;

- направляющего аппарата 4, включающего в себя заполненную базальтовым волокном камеру и направляющие лопатки, распределяющие потоки пара в расчетном направлении.

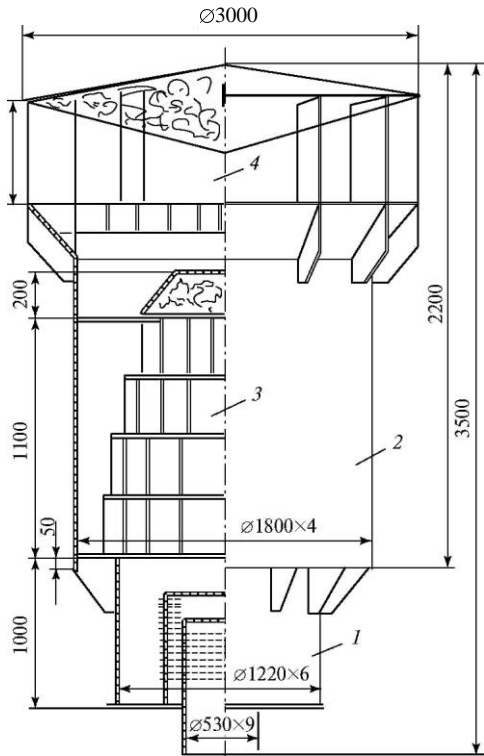


Рис. 5.55. Глушитель, разработанный в Московском государственном открытом университете

Пар из центрального канала проходит через закручивающиеся лопатки четырех ступеней, причем в первой ступени вращение пара происходит против часовой стрелки, во второй — по часовой стрелке, в третьей — опять против часовой стрелки и т.д. Благодаря этому происходит взаимное торможение потоков пара и рассеивание энергии потока, что уменьшает перепад давления на выхлопе и повышает эффективность шумоглушения.

Размеры глушителя: высота — 3500 мм; диаметр — 1800 мм. Глушители такого типа установлены на ТЭЦ-23 ОАО «Мосэнерго». Проведенные испытания системы сброса пара показали, что шум на расстоянии 10 м от шумоглушителя снизился при первом режиме подрыва одного предохранительного клапана со 131 до 110 дБ (А), давление пара в коллекторе перед шумоглушителями равнялось 0,05 МПа, разница температур крайних выхлопных стояков в районе перемычки прогрева составила 80 °С.

При втором режиме подрыва, когда сработали два предохранительных клапана одновременно, шум в 10 м от шумоглушителя был 118 дБ (А), давление в коллекторе поднялось до 0,08 МПа, а температура перед шумоглушителями — до 290 °С, разность температур между четвертым и первым стояками составила 70 °С.

Уровни звукового давления на расстоянии 120 м от глушителя снижены до 74...81 дБ (А) для среднегеометрических частот 63...4000 Гц. Масса глушителя составляет 750 кг.

В МЭИ (ТУ) в 2005 г. разработан и внедрен глушитель шума выброса пара (рис. 5.56), который содержит многоступенчатый корпус 1, составленный из соосно расположенных обечаяек 2, образующих ступени глуши-

теля. Первая ступень корпуса соединена с двумя трубопроводами 3 и разделена перегородкой 4 на части по  $\varnothing 1288$

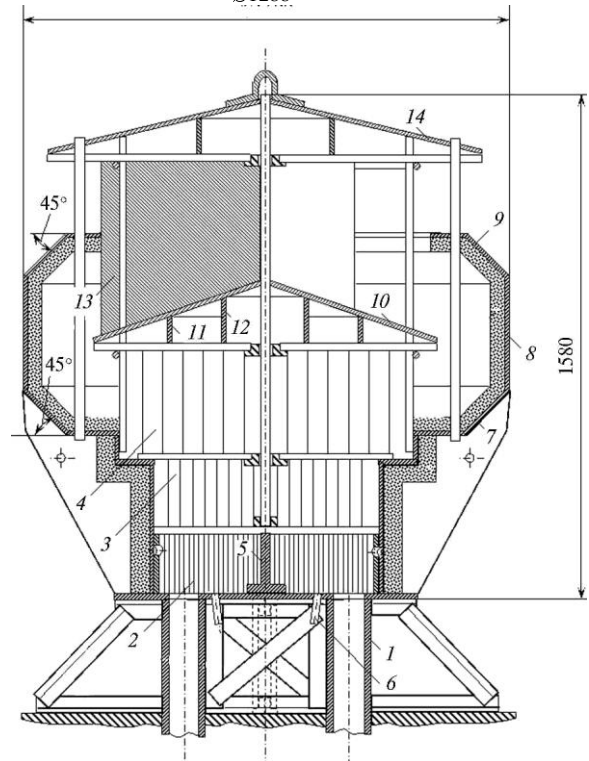


Рис. 5.56. Паровой глушитель конструкции МЭИ числу продувочных трубопроводов, каждая часть имеет дренажный патрубок 5 для отведения накапливающегося конденсата.

В каждой ступени глушителя находится спирально свернутая сетка 6, которая способствует плавному расширению потока пара. На выходе последней ступни глушителя расположен конический отражатель 7, снабженный цилиндрическими обечайками 8 для снижения шума на низких частотах. На внешней стороне отражателя расположены направляющие перегородки 9 для снижения аэродинамического сопротивления глушителя. Последняя ступень глушителя снабжена камерой глушения 10, внутренняя поверхность которой покрыта звукопоглощающим материалом 11.

Все ступени глушителя снаружи облицованы звукопоглощающим материалом 12, который надежно защищен от выдувания перфорированным металлическим листом 13. Звукопоглощающий материал является негигроскопичным. На выходе камеры глушения располо-

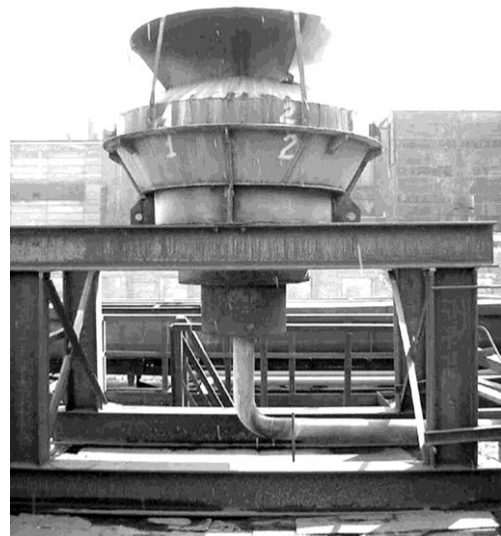


Рис. 5.57. Паровой глушитель конструкции МЭИ, установленный на Новолипецком металлургическом заводе

жена крыша 14 для предотвращения попадания атмосферных осадков внутрь глушителя.

Глушители (рис. 5.57) установлены и успешно эксплуатируются на линиях продувки пароперегревателя котла ТГМЕ-464 Саранской ТЭЦ-2 ОАО «Мордовская генерирующая компания» и на Новолипецком металлургическом заводе.

Эффективность глушителя шума МЭИ, полученная по результатам измерений на расстоянии 15 м на Саранской ТЭЦ-2, составляет по уровню звукового давления 9,4...31,4 дБ (А) на всех нормируемых среднегеометрических частотах или по уровню звука 27 дБ (А).

Следует отметить, что эффективность предложенного глушителя может быть увеличена до 45 дБ (А) и более и ограничивается массогабаритными характеристиками.

В 2006 г. проведены испытания глушителя МЭИ другого типоразмера для парового выброса на Новолипецком металлургическом заводе, которые показали эффективность 37 дБ (А). Результаты испытаний на Саранской

ТЭЦ-2 и Новолипецком металлургическом заводе оформлены соответствующими документами. Сравнение различных конструкций глушителей проводится по коэффициенту совершенства конструкции парового глушителя

$$T = M/(D\Delta L), \quad (5.9)$$

где  $M$  — масса глушителя, кг;  $D$  — расход пара через глушитель, т/ч;  $\Delta L$  — эффективность глушителя, дБ (А) [10]. Видно, что для глушителя шума конструкции МЭИ коэффициент по формуле (5.9) равен 0,07, что является одним из лучших показателей среди известных отечественных и зарубежных аналогов (табл. 5.19).

Разработанная конструкция глушителя защищена патентом на полезную модель [11].

Паровой глушитель конструкции МЭИ можно использовать с другими котлами, имеющими различные параметры и расход пара.

Таблица 5.19. Эффективность глушителей различных типов

Параметры котла			Показатели глушителя			Фирма, страна
$p$ , МПа	$t_{\text{пар}}^{\circ}\text{C}$	$D$ , т/ч	$\Delta L$ , дБ (А)	$M$ , кг	$T$ , кг • ч / (т • дБ (А))	
9,5	510	32	40	3170	2,48	«Tangshan», Китай [10]
17,6	540	75	35	1000	0,38	Япония [10]
3,8	329	90	28	4820	1,91	США [10]
10,0	540	60	41	218	0,09	«Zhanjiang», Китай [10]
13,3	550	150	30	500	0,11	ЮжВТИ, СССР [9]
13,3	550	154,4	27	300	0,07	МЭИ, Россия [8]