

На правах рукописи

Марченко Михаил Евгеньевич

**РГБ ОД**

**14 АРТ 2001**

Разработка, исследование и анализ технических мероприятий и устройств для снижения вредного воздействия энергетических установок на окружающую среду при сбросах пара в атмосферу

05.14.16 – Технические средства защиты окружающей среды (промышленность).

05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук.

Москва - 2000

Работа выполнена на кафедре "Теплоэнергетические установки" Московского государственного открытого университета.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,  
президент Академии Промышленной Экологии  
М.Х.-Г. ИБРАГИМОВ

Официальные оппоненты: доктор технических наук В.В. КУЛИЧИХИН  
кандидат технических наук В.В. ПОПЕТА

Ведущая организация: ЗАО "Центроэнергомонтаж-СЕРВИС".

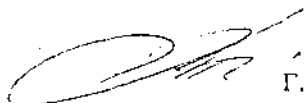
Защита диссертации состоится "27" июня 2000 г. в аудитории № 305 в 15 час. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д 053.20.03 в Московском государственном открытом университете по адресу: 129805, г.Москва, ул. П.Корчагина, д. 22.

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 129805, г. Москва, ул. П.Корчагина, д. 22, ученому секретарю диссертационного совета Д 053.20.03.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного открытого университета.

Автореферат разослан 22 мая 2000 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент



Г.В. Томаров



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последние годы в нашей стране, как и во всем мире, вырос интерес к экологическим аспектам научно-технического развития человечества. Одним из факторов, представляющих повышенную опасность для окружающей среды, является промышленный шум. Наиболее серьезным источником шума в городах являются тепловые электрические станции, особенность шума которых состоит в непрерывности воздействия и изменении частотных характеристик. При пусках и аварийных режимах на тепловых электростанциях возникает шум в месте сброса пара до 120-130 дБ(А). Персонал ТЭС в России составляет почти 1 млн. человек. Однако шумовое воздействие ТЭС распространяется не только на их работников, но и практически на всех жителей городов. Тысячи людей живут в комнатах, относимых действующими ныне нормативными документами к числу аварийных по условиям внешнего шума - 60 дБ(А)-ночью и 70 дБ(А)-днем. Экономические потери от воздействия шума на человеческий организм существенны и связаны как с заболеваниями и травмами персонала из-за повышенного шума, так и с авариями по вине персонала из-за неблагоприятных условий его работы.

В настоящее время для энергетических объектов, расположенных вблизи жилой застройки, проблема борьбы с вредным воздействием на окружающую среду при сбросах пара в атмосферу стала одной из важнейших. Проблема эта сложная и многосторонняя. При решении этой задачи необходимо учитывать надежность работы энергетического оборудования, шумовое воздействие, а также выброс большого количества влаги, которая в свою очередь не только ухудшает условия для работы и проживания людей, но и влияет отрицательно на надежность работы самого энергетического оборудования.

Существующие в настоящее время на большинстве тепловых электростанций устройства для сброса пара в атмосферу недостаточно эффективны как по шумоподавлению, так и по сепарации капельной влаги на выходе из них. Следует отметить, что в нашей стране вообще не было предложено эффективных систем

сброса пара после предохранительных клапанов мощных блоков, работающих со сверхкритическими параметрами пара. Комплексное решение задачи снижения уровня шума и выноса капельной влаги в атмосферу является достаточно сложной задачей. Это связано с тем, что системы сброса пара в атмосферу должны работать надежно в условиях высоких температур и влажности при переменных нагрузках. При этом система сброса пара не должна уменьшать расходные характеристики, не должна препятствовать свободному сбросу пара в атмосферу при срабатывании предохранительных клапанов, а также должна иметь незначительные габариты и массу и быть простой в изготовлении, монтаже и эксплуатации.

На основании изложенного можно сделать вывод о необходимости разработки новых более совершенных систем сброса пара (ССП). Создание и внедрение в промышленности таких систем является актуальной задачей, имеющей большое народнохозяйственное значение.

Цель и основные задачи. Целью работы является разработка методик расчета при проектировании и создание новых конструкций систем сброса пара от энергетических установок с пониженным выносом капельной влаги и высокой акустической эффективностью.

В задачи исследования входило:

- разработка и внедрение сепарационного устройства системы сброса пара в атмосферу для улавливания капельной влаги;
- разработка и внедрение комплексной системы сброса пара при продувках пароперегревателей паровых котлов с высокой акустической эффективностью и пониженным выносом влаги в атмосферу;
- разработка и внедрение системы сброса пара после предохранительных клапанов мощных энергетических блоков на сверхкритических параметрах пара;
- проведение экспериментальных исследований эффективности предложенных систем сброса пара;

- разработка методик расчета при проектировании и выбора оптимальных параметров и режимов работы предложенных конструкций.

#### Научная новизна работы:

- проведено исследование процессов сепарации капельной влаги применительно к условиям работы устройств сброса пара в атмосферу;
- аппроксимацией экспериментальных данных получены аналитические зависимости для верхнего и нижнего пределов устойчивости капель в двухфазном потоке;
- разработаны новые защищенные авторскими свидетельствами конструкции системы сброса пара с сепарацией влаги при продувках пароперегревателей барабанных котлов;
- разработана новая защищенная авторским свидетельством система сброса пара после предохранительных клапанов;
- разработана инженерная методика расчета систем шумоглушения;
- выполнена экспериментальная проверка эффективности разработанных автором конструкций в условиях промышленной эксплуатации.

#### Практическая ценность работы заключается в следующем.

С учетом результатов исследования разработаны и внедрены в промышленную эксплуатацию системы сброса пара продувки пароперегревателей барабанных котлов на ТЭЦ-8 и ТЭЦ-23 АО «Мосэнерго». Акустическая эффективность составила 30 дБ(А), что позволило обеспечить уровни звука в соответствии с имеющимися нормами. Выброс влаги снизился почти в 3 раза.

Представленные в диссертации результаты использованы при проектировании первой (головной) в Российской Федерации системы сброса пара после предохранительных клапанов для блока № 7 мощностью 250 МВт ТЭЦ-23 АО «Мосэнерго». Результаты его испытания и работы в течение 3-х лет показали его высокую надежность и эффективность. В настоящее время такая же система сооружается на других блоках АО «Мосэнерго».

Достоверность основных научных результатов и выводов, полученных в работе, обеспечивается правильностью и корректностью постановки задачи обоснованием выбора методики исследования процессов, происходящих в паросборном устройстве. Степень достоверности основных результатов работы и расчетных методик контролировалась путем сопоставления полученных с их помощью результатов с результатами экспериментальных и промышленных исследований.

Личный вклад автора заключается в формировании концепции работы, разработке технических решений и конструкций, разработке методик и проведении расчетов, проведении экспериментальных исследований и обработке результатов.

На защиту выносятся:

1. Рекомендации по рациональному устройству сепаратора капельной влаги системы сброса пара в атмосферу.
2. Результаты разработок новых схем систем шумоглушения сброса пара после предохранительных клапанов мощных энергоблоков на сверхкритические параметры пара.
3. Результаты разработок новых глушителей шума для продувки пароперегревателей барабанных котлов.
4. Методы расчета и результаты экспериментальных исследований промышленных установок разработанных конструкций систем сброса пара в атмосферу.
5. Рекомендации по рациональному выбору конструкции глушителя шума при проектировании.

Апробация работы.

Материалы, отдельные разделы и основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Второй международной научно-технической конференции «Новые методы и средства экономии энергоресурсов и экологи-

ческие проблемы энергетики», 3–5 октября 1995 г., МЭИ, г. Москва; международной конференции 20–24 ноября, 1995 г., г. Ашгабат, Туркменистан; международном симпозиуме «Экология жилой среды», 6–7 сентября 1996 г., г. Москва; международном семинаре «Экологические проблемы теплоэнергетики в строительстве», 14 февраля 1997 г., МГСУ, г. Москва; международном форуме 9–12 мая 1999 г., г. Познань, Польша; на научно–методическом семинаре кафедры теплоэнергетических установок МГОУ (2000 г.). Результаты исследований используются при чтении лекций по курсу "Технические средства защиты окружающей среды" для студентов специальности 10.05 в МГОУ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и основных выводов, списка использованной литературы, включающего 47 наименований, и приложений. Содержит 117 страниц машинописного текста, 39 рисунков.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 20 работ. Получено 4 авторских свидетельства.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность, научная и практическая значимость темы, сформулированы цель работы и ее научная новизна, изложены основные, выносимые на защиту положения, приведена краткая характеристика работы.

В первой главе диссертационной работы на основании литературных данных выполнен анализ существующих подходов к снижению уровня шума при выбросах в атмосферу пара от энергетических объектов. Показано, что выброс пара при работе энергоустановок является неизбежным, а характеристики шума существенным образом зависят от термодинамических параметров выбрасываемого пара, типа и пропускной способности запорной арматуры, размеров и расположения выхлопных трубопроводов и т.п.

Выбор тех или иных мероприятий по снижению шума необходимо проводить не только с учетом их эффективности, но и затрат, связанных с их внедрением.

Снижение шума, создаваемого выбросами пара в атмосферу, является одной из наиболее сложных технических задач.

Применение большинства известных средств и методов защиты от шумов сбросных паровых струй требует либо значительных капитальных затрат, либо позволяет снизить уровни шума только на рабочих местах и в рабочих зонах производственных помещений, а на территории предприятия и на жилой территории они остаются практически без изменения.

Наиболее эффективным и рациональным средством борьбы с шумом при паровых сбросах является установка на трубопроводы, выбрасывающие пар в атмосферу, глушителей шума.

При выбросе струи пара в атмосферу возникает шум, уровень которого зависит от многочисленных факторов (давления, скорости, диаметра струи и т.д.) и может достигать величин значительно превышающих допустимые для жилых массивов (45 дБ(А)) и территории ТЭС (85 дБ(А)). Это делает проблему снижения шума при различных сбросах пара (предохранительные клапаны, продувки трактов котлов, предупусковые очистки и т.п.) очень острой, сложной и актуальной.

Отмечается, что известные конструкции систем сброса пара в атмосферу обладают следующими существенными недостатками:

- недостаточной эффективностью шумоглушения;
- невозможностью работы на потоках пара, загрязненного капельной влагой или механическими частицами;
- невозможностью сепарации капельной влаги из потока пара.

Следует отметить, что в нашей стране глушители шума использовались лишь на установках, имеющих докритические параметры пара. На блоках с сверхкритическими параметрами в качестве шумоглушителей на выхлопных трубопроводах устанавливали лишь ступень расширения, которая, как показал



испытания, не только не уменьшала шум при сбросе пара, а даже способствовала его усилению.

Проведен также анализ литературных данных о влиянии различных факторов и процессов на дисперсность и сепарацию капель в потоке пара. Подчеркивается, что при движении парожидкостного потока в шумоглушителе происходят процессы срыва капель со свободной поверхности жидкости, дробления капель при ударе о поверхность или за счет сил динамического воздействия при движении фаз с различной скоростью.

На основании изучения литературных источников сделан вывод, что, несмотря на многочисленные теоретические и экспериментальные исследования в области шумоподавления и сепарации капельной влаги, происходящие при сбросах пара в атмосферу процессы требуют дополнительного анализа. В этой главе сформулированы требования, предъявляемые к системам сброса пара. Для реализации этих требований была сформулирована цель работы:

- теоретическое исследование процессов, происходящих при сбросе пара;
- разработка и внедрение в энергопромышленности эффективных систем сброса пара в атмосферу с пониженными шумовыми характеристиками и с высокой степенью сепарации капельной влаги.

Во второй главе рассматривается методика оценки устойчивости капель при их движении в потоке пара и срыва капель с поверхности пленки жидкости. Процесс дробления капли в потоке пара определяется отношением аэродинамического давления к капиллярному:

$$\frac{P_{aп}}{P_{капл.}} = \frac{\rho_n (W_n - W_k)^2 \cdot r_k}{4\sigma \cdot c}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  - поверхностное натяжение;

$r_k$  - радиус капли;

$W_n, W_k$  - скорость пара и капли соответственно;

$\rho_n$  - плотность пара;

$c$  - постоянный коэффициент.

Если опустить постоянные коэффициенты, то полученное выражение представляет собой критерий Вебера ( $We$ ):

$$We = \frac{\rho_n \cdot W_{cx}^3 d_k}{\sigma}, \quad (2)$$

где  $W_{cx} = W_n - W_k$  - скорость скольжения;

$d_k$  - диаметр капли.

Распад капель начинается тогда, когда число  $We$  достигает некоторого критического предельного значения, которое может быть относительно надежно определено только экспериментальным путем. Различные авторы приводят значительно отличающиеся, иногда на целый порядок, величины  $We_{кр}$ , определенные аналитическим путем. Это свидетельствует о том, что в общем случае нельзя определить дробление по однопараметрическим соотношениям.

Известные экспериментальные данные (Кутателадзе С.С.) нами аппроксимированы в виде аналитических выражений:

$$\lg d_a = 2,61 - 1,74 \lg W, \quad (3)$$

$$\lg d_n = 2,778 - 2 \lg W, \quad (4)$$

где  $W$ , м/с;  $d$ , мм.

Установлено, что в диапазоне скоростей потока, присущих устройству сброса пара, от 10 до 50 м/с, критическое значение  $We_{кр}$  стабильно и близко к 11. Обработка экспериментальных данных (Кемельман Д.Н.) позволила установить, что максимальный диаметр капель, образующихся в пароводяном потоке при давлении 0,1 МПа и температуре 100 °С, параметрах, соответствующих работе ССП, составляет около 2 мм при скорости потока 25 м/с, а критическое число Вебера при этом равно 12,5.

Проведена оценка критической скорости  $W_{кр}$  по условию срыва капель пленки при параметрах влажного пара, соответствующих условиям работы системы сброса пара (рис. 1). Расчетный анализ показывает, что  $W_{кр}$  падает при увеличении влагосодержания потока, а при одинаковом влагосодержании при увеличении давления.

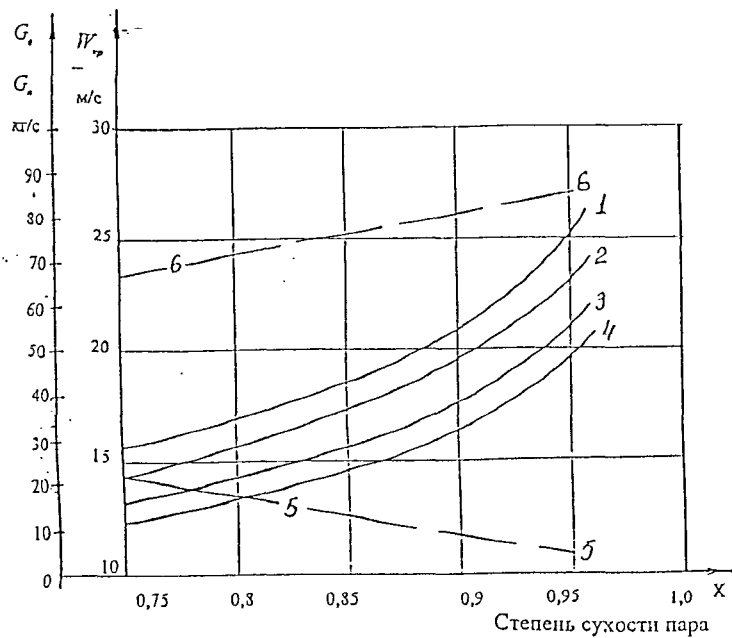


Рис. 1. Зависимость критической по срыву капель скорости от степени влажности пара при различных давлениях в шумоглушителе:  
 1 –  $W_{cr}$  при давлении  $p = 0,1$  МПа; 2 –  $W_{cr}$  при давлении  $p = 0,12$  МПа;  
 3 –  $W_{cr}$  при давлении  $p = 0,15$  МПа; 4 –  $W_{cr}$  при давлении  $p = 0,17$  МПа;  
 5 –  $G_s$  – расход жидкой фазы; 6 –  $G_s$  – расход пара.

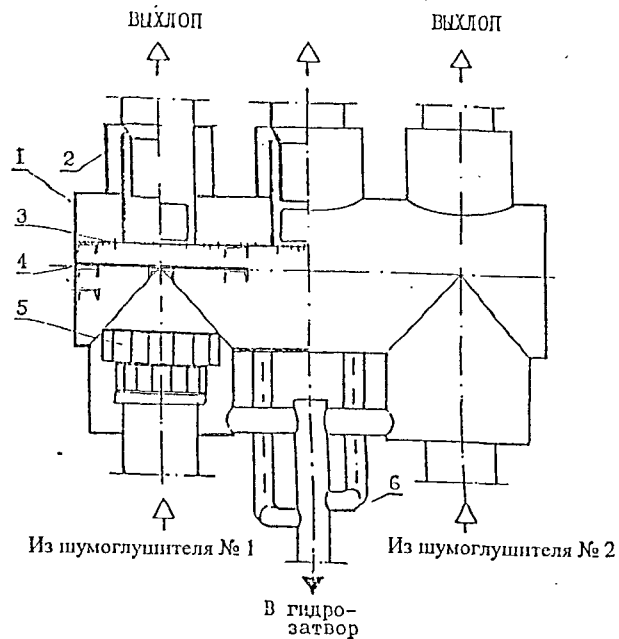


Рис. 2. Схема устройства сепарации капельной влаги.  
 1 – осадительная камера; 2 – кольцевой сепаратор;  
 3 – парораспределительная решетка; 4 – отбойный щит  
 5 – центробежный сепаратор; 6 – отвод дренажа.

Анализ характеристик двухфазного потока позволил сделать следующие выводы, которые позволяют аргументированно выбрать конструкцию сепарирующих узлов ССП:

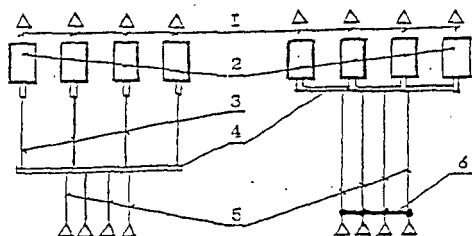
1. При имеющихся в ССП скоростях практически невозможна гравитационная сепарация капельной влаги в восходящем потоке.
2. Необходимо ограничение скорости потока из-за возможности срыва капель с поверхности пленки и вторичного уноса.
3. Необходимо организовать улавливание и отвод пленки жидкости, движущейся по стенкам каналов в направлении движения потока пара.
4. Сепарация капельной влаги должна осуществляться в нескольких ступенях сепарационного устройства.
5. Критическая скорость потока при параметрах в ССП по отрыву капель от пленки и вторичному уносу равна примерно 15 м/с.

На основании изложенных принципов предложены две конструктивные схемы сепарирующих устройств ССП, одна из которых приведена на рис. 2. Проведенная оценка эффективности предложенного сепарационного устройства на промышленной установке показала, что выпадение капельной влаги после сброса пароводяного потока в атмосферу уменьшается примерно в 3 раза.

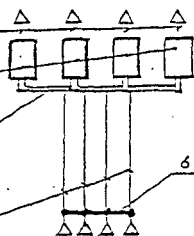
Проведенный анализ сепарационных устройств позволил разработать технические мероприятия по уменьшению капельно-влажностного и шумового загрязнения среды градирнями. Проведенное на модели экспериментальное исследование показало, что можно добиться уменьшения уровня шума на 6-7 дБ(А).

Третья глава посвящена разработке системы сброса пара после предохранительных клапанов паровых котлов.

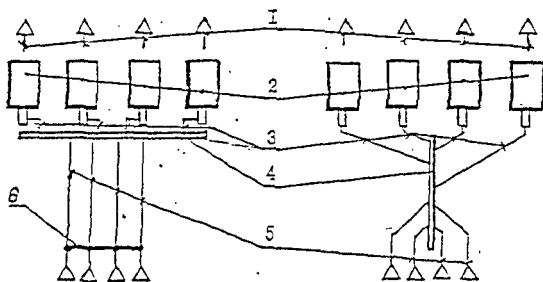
Впервые в энергетике РФ разработана система сброса после предохранительных клапанов с объединением выхлопных паропроводов. На рис. 3 представлены возможные схемы включения объединительных коллекторов в систему сброса пара. После проведения гидравлических, тепловых и прочностных расчетов для практического внедрения на блоке №7 ТЭЦ-23 ОАО "Мосэнерго"



а) горизонтальный коллектор в цехе с индивидуальными отводами к шумоглушителям

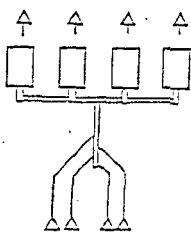


б) горизонтальный коллектор на крыше с установкой на него шумоглушителей

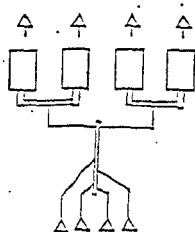


в) горизонтальный коллектор на крыше с компенсационными отводами к шумоглушителям

г) вертикальный коллектор в цехе с компенсационными подводами и отводами пара



д) вертик. коллектор в цехе и горизонтальный на крыше с компенсационными подводами пара к шумоглушителям на коллекторе



е) верт. коллектор в цехе и два горизонтальных на крыше с компенсационными подводами пара и равномерным распределением пара

Рис. 3 Схема включения объединительных коллекторов в систему сброса пара после предохранительных клапанов.

был выбран вариант Б с размещением горизонтального объединительного коллектора  $\varnothing 630 \times 11$  длиной 7,2 метра на крыше с установкой на него шумоглушителей. Система шумоглушения (вариант Б) содержит объединительный коллектор 4, куда заведены все четыре выхлопных трубопровода 5 от предохранительных клапанов. Пар в четыре шумоглушителя 2 поступает из объединительного коллектора 4. При срабатывании предохранительных клапанов котла (обычно срабатывает один предохранительный клапан) пар по выхлопному паропроводу попадает в коллектор, где распределяется по всем четырем шумоглушителям. Для этой схемы разработан многоступенчатый глушитель шума реактивного типа.

Инженерная методика расчета системы сброса пара после предохранительных клапанов включает в себя расчет объединительного коллектора и собственно глушителей шума. Пример расчета выполнен применительно к блоку с турбиной Т-250-240.

Разработана методика оценки работоспособности системы сброса пара в процессе ее эксплуатации. ССП представляется в виде совокупности ряда элементов (выхлопных паропроводов, соединительных коллекторов, дроссельных решеток, расширительных камер глушителей шума и т.п.), которые могут находиться в исправном, либо неисправном состоянии. Работа ССП сопровождается изменением температуры металла, при этом металл подвергается циклическому воздействию, что может привести к его разрушению. Изменение вероятности безотказной работы установки определяется на основании расчета структурной схемы.

Расчеты систем, подобных ССП, при отсутствии экспериментальных данных по величинам давления и температуры в различных элементах, характеризуются значительной погрешностью. Поэтому с участием автора на блоке № 7 ТЭЦ-23 АО "Мосэнерго" были проведены испытания, которые позволили определить значения давления и температуры в элементах ССП. Результаты акустических испытаний приведены на рис. 4.

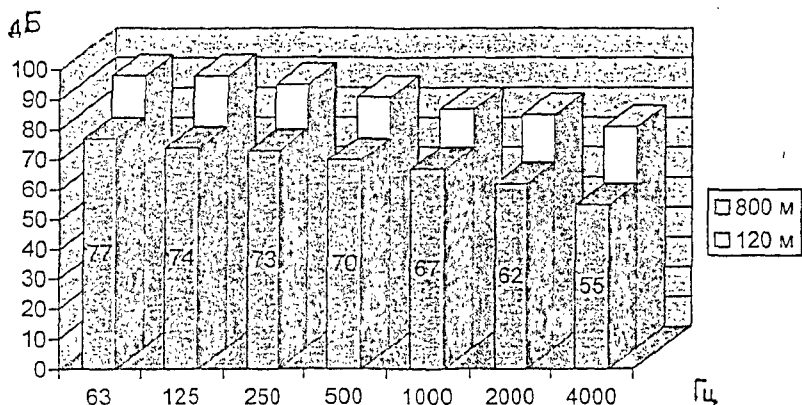


Рис. 4. Уровни звукового давления при сбросе пара в атмосферу после предохранительных клапанов котла ТГМП-314 блока № 7 ТЭЦ-23 ОАО "Мосэнерго".

В четвертой главе изложены результаты внедрения и экспериментального исследования новых конструкций глушителей шума с подачей охлаждающей воды. С участием автора разработаны два варианта глушителей шума для сброса пара продувки пароперегревателей. Испытание первой конструкции шумоглушителя показало, что при увеличении расхода пара через шумоглушитель, эффективность глушения шума снижалась, при этом значительно увеличивался вынос капельной влаги вместе с паром. Это происходило из-за неравномерного распределения потока пара по сечению шумоглушителя в его верхней части, а также большой скоростью пара на выходе из глушителя, что приводило к вторичному шумообразованию. В целях повышения эффективности шумоглушения в верхней части шумоглушителя (рис. 5) была дополнительно установлена перфорированная диафрагма, разделившая верхний отсек на входную зону 2 и выходную – 3. Поток пара, проходя через перфорированную перегородку 1, выравнивает скорость по сечению, что уменьшает вынос влаги. Одновременно происходит дросселирование пара в перфорированной диафрагме, что повышает эффективность шумоглушения. Выхлоп пара в атмосферу 4 выполнен двухпоточным, что привело к значительному снижению скорости выхода пара в атмосферу.

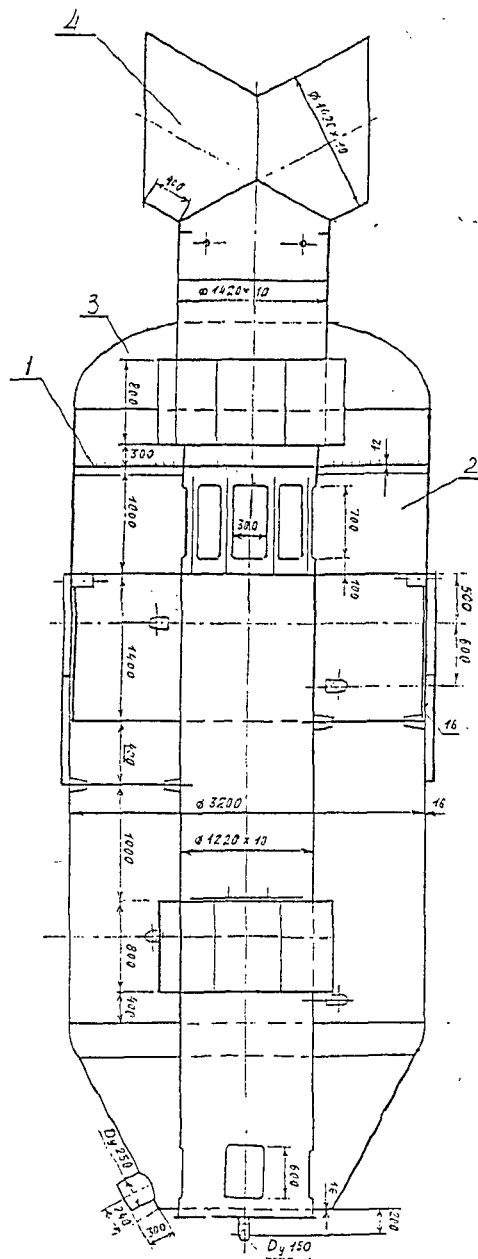


Рис. 5 Усовершенствованная конструкция шумоглушителя для ТЭЦ-8  
ОАО "Мосэнерго".  
1 – верхняя перфорированная диафрагма; 2 – входная зона  
верхнего отсека; 3 – выходная зона верхнего отсека; 4 – выхлоп  
пара в атмосферу.



Приведены гидравлический, газодинамический и акустический расчеты системы шумоглушения.

Экспериментальные исследования выполнены на промышленной установке системы шумоглушения ТЭЦ-23 АО "Мосэнерго". В ходе испытаний проводилось измерение температуры и давления среды в основных зонах системы сброса пара. Одновременно осуществлялось измерение уровней звука и звукового давления в октавных полосах, которое проводилось с помощью прецизионного шумомера фирмы "Брюль и Кьер" (Дания) 2203 с набором октавных фильтров 1613.

Акустические испытания показали высокую эффективность шумоглушителя, позволившую обеспечить соответствие создаваемых растопочным паром уровней звука и звукового давления нормативным требованиям даже при понижении расхода охлаждающей воды. Однако, отмечен повышенный уровень шума вблизи корпуса шумоглушителя (до 20 м), что свидетельствует о необходимости установить внешнюю звукоизоляцию на корпус путем покрытия его матами, например, из базальтового волокна. Уровни звукового давления на расстоянии 40 м от шумоглушителя приведены на рис. 6.

Выполненный анализ результатов позволил автору разработать рекомендации по эксплуатации системы шумоглушения и ее дальнейшего совершенствования.

Полученная эффективность глушителя шума превосходит эффективность существующих отечественных глушителей, соответствует уровню мировых образцов и обеспечивает снижение уровней шума до нормативных значений. Годовой экономический эффект только от внедрения одного шумоглушителя на ТЭЦ-23 АО "Мосэнерго" составил 103 тыс. рублей.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана система с двумя объединительными коллекторами сброса пара после предохранительных клапанов парового котла, на которую получено авторское свидетельство.

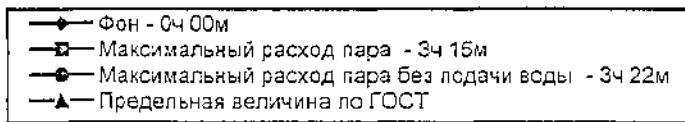
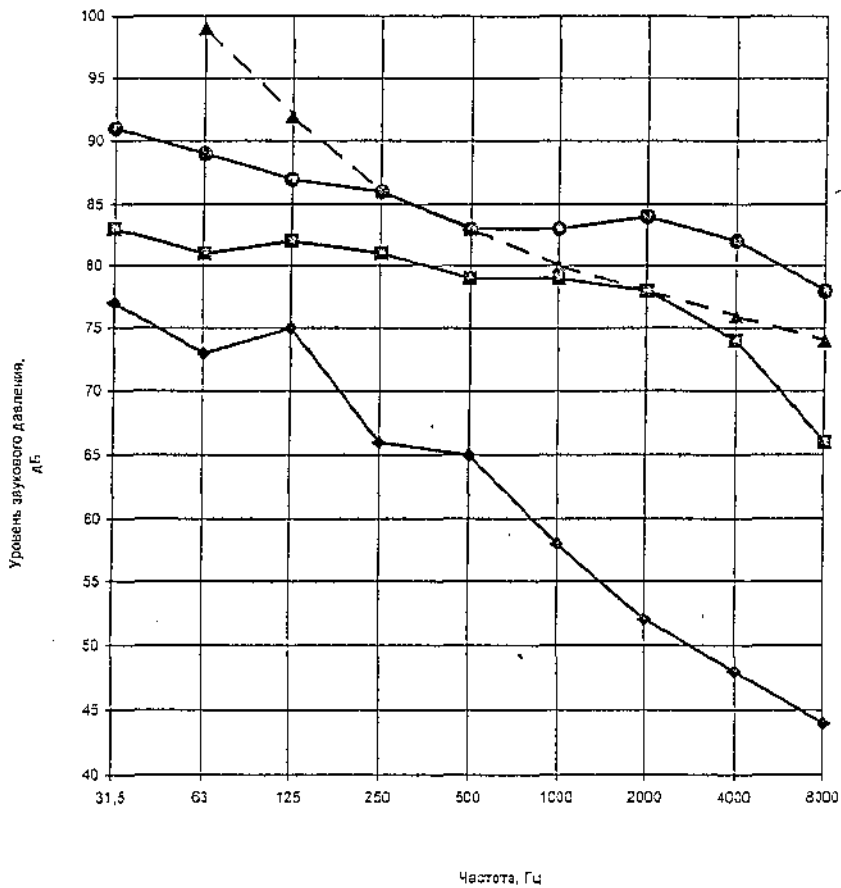


Рис. 6 Уровни звукового давления на территории ТЭЦ на расстоянии 40 м от шумоглушителя.

2. Разработана новая конструкция шумоглушителя для сброса пара при пусковых продувках пароперегревателей с подачей охлаждающей воды и устройством сепарации капельной влаги.

3. Разработаны инженерные методики расчета систем сброса пара и по ним выполнены газодинамические и акустические расчеты.

4. Предложена методика оценки капельного уноса воды в устройствах сброса пара в атмосферу. Аппроксимацией экспериментальных данных получены аналитические зависимости для верхнего и нижнего пределов устойчивости капель в двухфазном пароводяном потоке в зависимости от его скорости. Проведена расчетная оценка критической по срыву капель скорости для условий работы системы сброса пара в атмосферу.

5. Исследована возможность различных способов сепарации капель влаги в шумоглушителе. Установлено, что гравитационная осадительная сепарация возможна только в первой ступени шумоглушителя при сложении гравитационных и инерционных сил. Определены основные принципы рационального выполнения сепарационных устройств глушителей шума с подачей воды.

6. Предложен новый способ снижения шума, вызываемого работой градирни, на который получено авторское свидетельство. Эффективность способа проверена на модели.

7. Разработаны рабочие проекты, осуществлен контроль за изготовлением и внедрением первой в России системы с объединительными коллекторами для сброса пара после предохранительных клапанов котла (ТЭЦ-23 ОАО «Мосэнерго») и системы сброса пара продувки пароперегревателей (ТЭЦ-8 и ТЭЦ-23 ОАО «Мосэнерго»). Разработаны испытательные стенды и оценены условия измерений. Проведено промышленное испытание устройств, подтвердившее их высокую эффективность и надежность работы.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Марченко М.Е. Уменьшение потерь теплоты и рабочего тела при растопках и аварийных режимах котельных установок. Тезисы докладов второй международной научно-техн. конф. М. Изд-во МЭИ, 1995. с.209-210.
2. Марченко Е.М., Марченко М.Е., Мишенин Ю.Е. Совершенствование средств снижения шума на тепловых электростанциях. Теплоэнергетика, 1999, № 12, с. 49-52.
3. Пермяков А.Б., Марченко М.Е. Экономическая эффективность установки шумоглушителей на тепловых электростанциях. Сборник научных трудов МГСУ. М. Изд-во МГСУ, 1995.с 87-89.
4. Пермяков А.Б., Марченко М.Е. Глушители шума – пароохладители. Тезисы докладов Международной научно-метод. конфер., 20-24 ноября 1995 г., Ашгабат. 1995. с. 129-130.
5. Пермяков А.Б., Марченко М.Е. Уменьшение акустического загрязнения среды при сбросах пара в атмосферу. Известия Академии промышленной экологии. М.,1995, с. 30-31.
6. Марченко М.Е., Пермяков А.Б. Внедрение систем шумоглушения на тепловых электростанциях. «Новые технологии», М.,1998, с.4-6.
7. Марченко М.Е. Снижение шума градирен, охлаждающих оборотную воду. Известия Академии промышленной экологии. М., 1997, № 1. с.84-85.
8. Марченко М.Е., Мишенин Ю.Е., Пермяков А.Б. Система шумоглушения предохранительных клапанов ТЭС со сверхкритическими параметрами пара. Известия Академии промышленной экологии. М., 1997, № 1. с. 88-91.

9. Марченко М.Е., Пермяков А.Б. Экологические и нормативно-правовые аспекты шумоглушения на тепловых электростанциях. Известия Академии промышленной экологии. М., 1997, № 2. с. 56-58.
10. Марченко М.Е., Мишенин Ю.Е. Система сброса пара энергетических котлов в атмосферу. «Энергосбережение и водоподготовка». № 2, 1997. с.72-75.
11. Марченко М.Е., Пермяков А.Б. Теплогидравлические и акустические испытания системы сброса пара после главных предохранительных клапанов блока с турбиной Т-250-240. Известия Академии промышленной экологии. М.,1997, № 3. с. 96.
12. Лелеков В.И., Марченко М.Е. Формулирование условий работоспособности сложных технических систем для определения структурной надежности. Энергосбережение и водоподготовка, 1998. № 2. с.27-34.
13. Марченко М.Е., Цыцаркин А.Ф. Оценка характеристик двухфазного потока применительно к разработке сепаратора влаги шумоглушителей ТЭС. «Энергосбережение и водоподготовка», № 4, 1998, с. 83-86.
14. Марченко М.Е., Пермяков А.Б., Марченко Е.М. Ekologiczna efektywnosc obnizenia poziomu halasu pochodzacego z obiektow energetycznych w strefie mieszkaniowej w miastach. Материалы III-го Международного Форума. «Технические и социальные аспекты управления отходами». 9-12 мая 1999. г. Познань, Польша. С. 295-297.
15. Марченко М.Е., Цыцаркин А.Ф. Методика оценки капельного уноса влаги в устройстве сброса пара в атмосферу энергетической установки. Энергосбережение и водоподготовка. 1999. № 1. с. 44-47.
16. Испытание устройства сброса пара после предохранительных клапанов //Галас И.В., Марченко М.Е., Мишенин Ю.Е., Пермяков А.Б.//Известия Академии промышленной экологии, 1999, № 1, с.51-56.

17. Марченко М.Е. Комплексная система шумоглушения при сбросе пара после предохранительных клапанов. «Энергосбережение и водоподготовка». № 2. 1999. с. 80-83.
18. Марченко М.Е. Разработка и внедрение новых типов шумоглушителей для тепловых электростанций и паровых котельных. Известия Академии промышленной экологии. М., 2000, № 1. с. 75-77.
19. Марченко М.Е., Пермяков А.Б. Система сброса пара в атмосферу с высокой эффективностью шумоглушения и пониженным уносом капельной влаги. «Энергосбережение и водоподготовка». № 2. 2000. с.43-45.
20. Марченко М.Е., Пермяков А.Б. Снижение вредного воздействия энергетических установок на окружающую среду при сбросах пара в атмосферу. Сборник материалов третьей научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и докторантов «Строительство – формирование среды жизнедеятельности», часть 4. МГСУ. 2000, с.63-66.
21. А.с. 242 РФ. Глушитель шума.//Е.М. Марченко, А.Б. Пермяков, М.Е. Марченко// Изобретения. 1995. №12.
22. А.с. 4999 РФ. Система сброса пара энергетической установки /М.Е. Марченко, Ю.Е. Мишенин//Изобретения. 1997. № 9.
23. А.с. 7141 РФ. Система шумоглушения предохранительных клапанов энергетической установки// М.Е. Марченко, Ю.Е. Мишенин// Изобретения. 1998. № 8.
24. А.с. 3816. Устройство шумоглушения градирни для охлаждения оборотной воды.// Е.М. Марченко, М.Е. Марченко//. Изобретения. 1997. № 3.

---

Подписано в печать 18.05.2000. Тираж 100 Заказ Бесплатно

---

ОАО Типография "Нефтяник"  
113035, Москва, Софийская наб., д.26/1