

## **ОСОБЕННОСТИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ КОТЛОАГРЕГАТОВ И ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК С БАШЕННЫМИ ГРАДИРНЯМИ**

При эксплуатации башенных градирен испарительного типа на ТЭС и АЭС возникает проблема избыточного увлажнения воздуха не только территории электростанции, но и за ее пределами, что вызывает обледенение и накопление влаги зданиями и сооружениями, создает дискомфорт и повышенную заболеваемость проживающих вблизи людей, снижает прозрачность атмосферного воздуха, а также изменение в целом микроклимата.

Одним из возможных направлений снижения увлажнения при испарительном охлаждении воды в башенных градирнях является увеличение высоты подъема, а также осушка паровоздушного факела, например, путем совместной работы градирни с выбросными устройствами продуктов сгорания, после котлоагрегатов или газотурбинных установок (ГТУ).

В отечественной практике в 90-х годах на основании ряда зарубежных разработок рассматривалась возможность использования испарительной градирни для отвода продуктов сгорания от ГТУ или котельных установок. Предварительные расчеты показали эффективность данных разработок по улучшению экологической ситуации в санитарно-защитной зоне ТЭС и на прилегающих территориях за счет увеличения высоты подъема газовоздушного факела при организованном сбросе отходящих продуктов сгорания после ГТУ или котлоагрегатов в вытяжную башню градирни. При этом появляется возможность не только улучшить микроклимат на прилегающей территории, но и повысить эффективность работы испарительных градирен и, соответственно, паротурбинной части электростанции в теплый период года.

Практическое внедрение этой разработки предполагает решения ряда конкретных задач, связанных с аэродинамикой внутреннего и внешнего режима градирни, возникающих при введении в нее отходящих газов ГТУ (котлов), а также опытно-конструкторских проработок. Учитывая отсутствие аналогов в отечественной и мировой энергетике

разработок такого рода, рассмотрим некоторые работы, в которых изучается проблема введения дымовых газов в градирню. Анализ основных тенденций градирнестроения за рубежом [1] показывает, что среди новейших проектов – поперечноточные градирни высотой 100 м, с естественной тягой, используемые также для отвода продуктов сгорания. Кроме новых проектов, системы отвода дымовых газов через градирню можно реализовать и на стадии реконструкции действующих электростанций [2, 3].

На наш взгляд, это направление во многом обязано успеху эксплуатации опытной “трубы-градирни” на ТЭЦ Volklingen [4, 5, 6, 7]. На опытном энергоблоке (паровая турбина 205 МВт и газовая турбина 35 МВт) система мокрой сероочистки дымовых газов расположена внутри поперечноточной башенной градирни и удаление очищенных дымовых газов происходит вместе с уходящим из оросителя градирни воздухом через вытяжную башню. Поскольку при мокрой сероочистке дымовые газы охлаждаются от 150° до 50–55 °С, их независимый отвод через высококую дымовую трубу потребовал бы подогрев. Совместное удаление продуктов сгорания и паровоздушной смеси позволило избежать этого.

Остановимся более подробно на конкретных конструктивных предложениях, описывающих систему устройств для ввода дымовых газов в градирню (рис. 1).

В работе [8] предлагается следующая конструкция. Ввод очищенных дымовых газов в градирню 1: газы, (прошедших сероочистку), осуществляется в центр градирни отдельными трубками или центральной трубой 6, которая проходит через каплеуловитель и ороситель. После диффузора 8 в газоотводной трубе предусматривается ороситель и каплеуловитель 9. Для увеличения скорости выполняется суженное сечение 10. Такая конструкция исключает накопление твердых частиц, содержащихся в дымовых газах, на конструкциях оросителя и градирни. Вода, прошедшая ороситель 9, направляется в цикл сероочистки по линии 11.

На рис. 2 представлен иной вариант ввода дымовых газов в градирню, также после сероочистки [9]. Для этого используются несколько труб с подъемными участками, пересекающими водоуловитель градирни и имеющими на выходе очищенных газов свои каплеуловители, предотвращающие попадания в градирню воды, уносимой газами из установки для очистки их от серы. Скорость дымовых газов предлагается принимать равной 5 м/с. На внутренних поверхностях подъемных участков труб выполняются наклонные выступы, с которых вода, падающая из

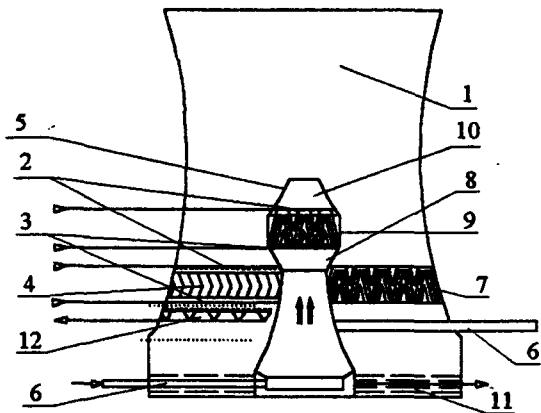


Рис. 1. Устройство для ввода очищенных дымовых газов в градирню  
 1 – градирня; 2 – насадки для промывки пароулавливателя и очистительных пакетов перепускной трубы сверху вниз; 3 – насадки, для омывания пароулавливателя и очистительных пакетов снизу вверх; 4 – каплеулавливатель; 5 – конфузор перепускной трубы; 6 – ввод дымового газа; 7 – влагоотделитель; 8 – диффузор перепускной трубы; 9 – пакетный каплеуловитель; 10 – выходная труба; 11 – улавливающее устройство для отделяющейся воды; 12 – оросительная система.

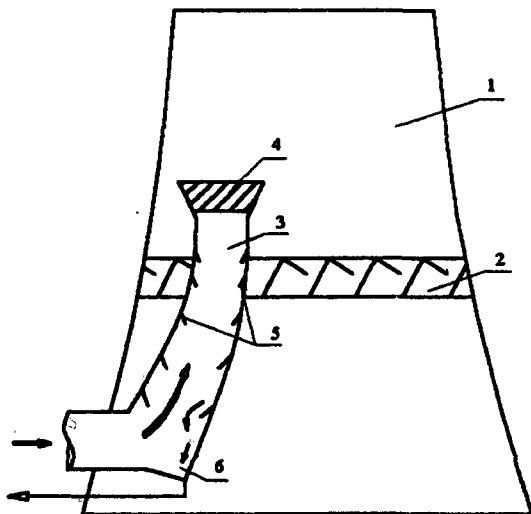


Рис. 2. Устройство для ввода очищенных дымовых газов в градирню  
 1 – градирня; 2 – влагоуловитель; 3 – перепускная труба; 4 – капленакопитель; 5 – каплеобразующие насадки в перепускной трубе; 6 – основание перепускной трубы-накопителя влаги

каплеуловителя и образующаяся на стенках труб в результате конденсации, должна стекать в виде крупных капель и отводиться затем из расположенного снизу вертикального участка трубы – накопителя влаги для ее повторного использования.

Важным фактором формирования оптимальных режимов градирни в условиях введения в нее дымовых газов являются процессы их перемешивания с воздухом. Используемые для этой цели направляющие пластины создают дополнительное сопротивление и уменьшают естественный воздухообмен градирен. Для устранения этого недостатка в работе [10] предлагается вводить газы центральной трубой 1, из которой они, как видно на рис. 3 распределяются по газовым каналам 3 с помощью кольцевого коллектора 2. Трубы 3 на конце загнуты и могут поворачиваться вокруг своей оси 4. Таким образом, имеется возможность устанавливать оптимальный угол в зависимости от воздушного потока внутри градирни. Дополнительно можно изменять угол наклона газоотводящих труб.

Как дополнительный аргумент в пользу комбинированного решения “труба-градирня” приведем результаты исследований распространения выбросных факелов дымовой трубы и трубы-градирни.

Изучение дымовых факелов трубы и “трубы-градирни” проводились [5] на моделях, помещенных в аэродинамическую трубу и в реальных условиях эксплуатации опытной ТЭЦ Фельклинген, а также с помощью расчетной трехмерной модели. Результаты экспериментальных исследований на физических и расчетных моделях, а также натурных испытаний удовлетворительно согласуются между собой. На рис. 4 схематически представлены результаты исследований дымовых факелов трубы и “трубы-градирни”. Приведенные результаты исследований показывают значительно большую устойчивость и высоту распространения факела “трубы-градирни” по сравнению с факелом трубы. Указанное положение вполне объяснимо с физической точки зрения, ввиду значительно большего объема выбросного факела из “трубы-градирни” по сравнению с объемом дымовых газов, а также меньшей, чем у воздуха плотностью паровоздушной смеси.

Анализ существующих исследований показывает, что увеличение высоты подъема факела башенных градирен и уменьшение его относительной влажности существенно зависят от:

- способа и уровня подачи в градирню продуктов сгорания после ГТУ или котлов;
- отбора увлажненного и нагретого воздуха из градирни с последующей подачей к компрессорной группе ГТУ или котлам;

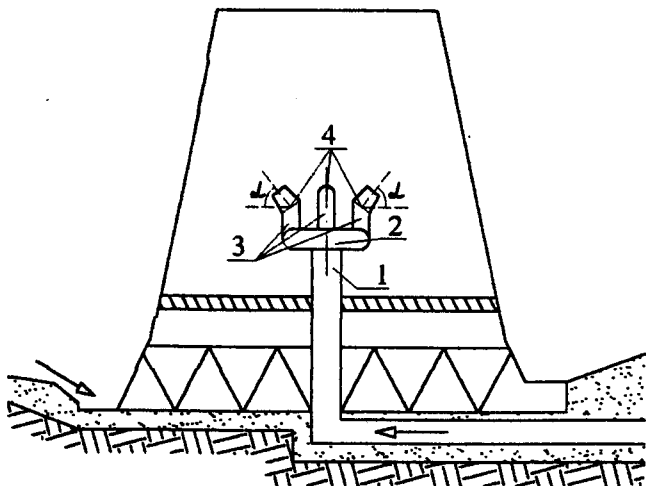


Рис. 3. Устройство для ввода дымовых газов в градирню

1 – центральный ствол; 2 – распределительный кольцевой коллектор; 3 – газовые каналы с регулируемым поворотным выпуском; 4 – ось поворота выпускного патрубка

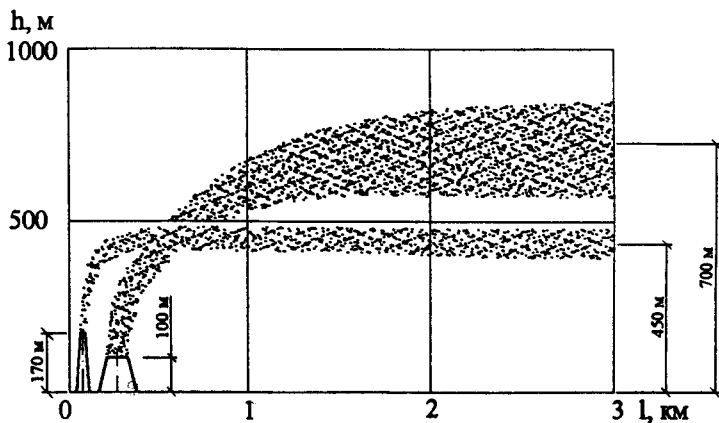


Рис. 4. Выбросные факелы дымовой трубы и "трубы-градирни"

- применения конструктивных элементов, обеспечивающих условия интенсифицированного и равномерного выхода паровоздушного факела из башни, при ветровом воздействии.

На рис. 5 показан вариант подачи в градирню отводящих продуктов сгорания после котлов или ГТУ, и забора воздуха через отверстия наружных ограждений башенной градирни. Принцип действия предлагаемой установки сводится к следующему.

В башенной градирне 3, которая используется для охлаждения циркуляционной воды после конденсатора паровой турбины 6 при традиционной паросиловой энергоустановки, атмосферный воздух за счет контакта с охлаждаемой водой в оросительной системе 5 башенной градирни нагревается и насыщается влагой в результате капельного уноса и частичного испарения циркуляционной воды. Часть этого воздуха после каплеуловителя 4 башенной градирни, в необходимом количестве для сжигания топлива в котлах или газотурбинной установке 1 забирается воздухопроводом 7 из объема градирни 3 и поступает через дутьевые агрегаты в топку теплоагрегатов 1. Уходящие газы после теплоагрегатов направляются в водяной поверхностный подогреватель 2, в котором вырабатывается горячая вода, используемая для целей теплофикации или собственных нужд электростанции. Наличие водоподогревателя 2 определяется параметрами уходящих газов после котлов или ГТУ (в некоторых случаях водоподогреватели не предусматриваются). Продукты сгорания от газотурбинной установки после охлаждения в подогревателе 2 до температуры 150–200 °С по газоходу [8] подаются в верхнюю зону башенных градирен.

На рис. 6 показан вариант совместной работы теплогенераторов с градирней, при котором отбор увлажненного и нагретого в градирне воздуха производится за каплеуловителем из центральной части градирни.

Уходящие газы от котлов или ГТУ подаются выше уровня отбора воздуха. Вытяжные и приточные воздухопроводы расположены по схеме “труба в трубе”, что сокращает площади, занимаемые газоходами. Подвод уходящих газов теплоагрегатов в градирню возможен в одном или двух местах и определяется конструктивными соображениями.

В связи с этим, представляют интерес схемы подачи уходящих газов от котлов или ГТУ в различные устройства, расположенные в устье градирни и предназначенные для увеличения аэродинамического и теплового подъема факела градирни.

Анализ конструктивных решений башенных градирен, существующие теоретические разработки внутренних теплообменников про-

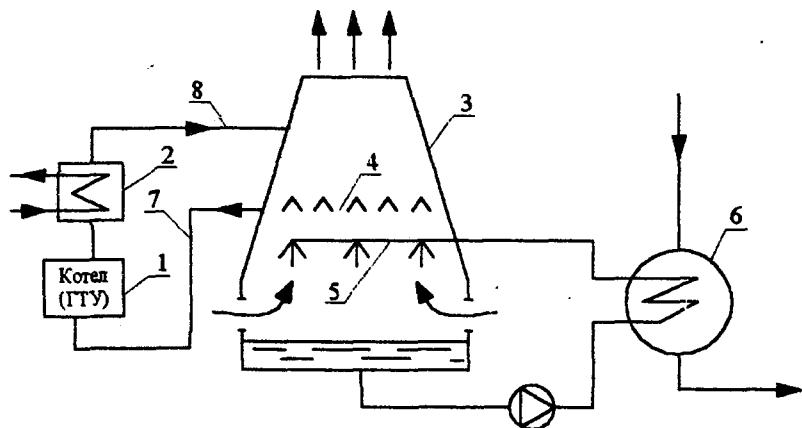


Рис. 5. Схема совместной работы теплоагрегатов (котел или ГТУ) с башенной градирней при подводе отводящих продуктов сгорания в верхнюю зону градирни и заборе воздуха из градирни после каплеуловителя

1 – котел (ГТУ); 2 – водоподогреватель; 3 – башенная градирня; 4 – каплеуловитель; 5 – оросительная система; 6 – конденсатор; 7 – воздуховод; 8 – газоход

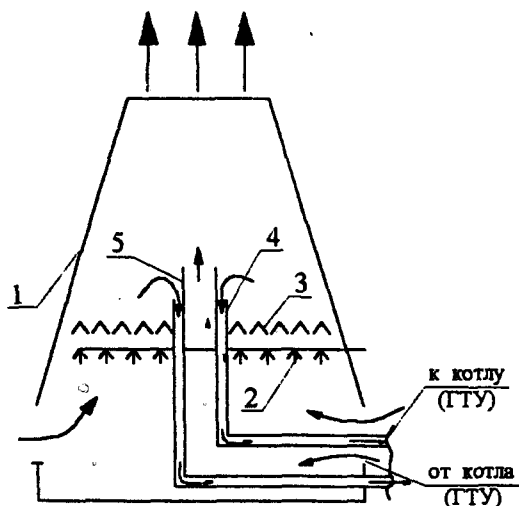


Рис. 6. Совместная работа теплогенераторов с башенной градирней при расположении приточно-вытяжных трубопроводов по схеме "труба в трубе"

1 – башенная градирня; 2 – оросители; 3 – каплеуловители; 4 – забор воздуха для котельной или ГТУ; 5 – сброс уходящих газов от котельной (ГТУ)

цессов показывают значительную недостаточность таких работ в условиях взаимодействия паровоздушного факела после испарительного охлаждения воды с отходящими дымовыми газами котлоагрегатов или ГТУ. Отсутствуют также исследования и предложения по влиянию конструктивных элементов оголовка градирни, а также ввода продуктов сгорания во внутренний объем на аэродинамический и тепловой подъем факела, особенно с ветрового потока. Такое состояние вопроса не позволяет обоснованно управлять процессами эффективной работы градирни и создания нормального микроклимата в районах ТЭС и АЭС.

## Литература

1. Джуринский М. Б. Основные тенденции градирнестроения за рубежом. – Энергетическое строительство. – 1990, № 9. – С. 61–63.
2. Romschgasentschweelung ohne Witderaufheirung. (Реконструкция градирен для дымовых газов). – Chem. Rrod. 1987, 16, № 4. – P. 28.
3. Stifler Walter. Durchbruch ohm Probleme Ranchgasablei tung durch den Kuhlturn. (Выполнение отверстий в оболочке градирни). Beton. 1988. – С. 306–311.
4. Градирни и сероочистка ТЭС Volkjingen (ФРГ). РЖ энергетика. 1987 г. 6063.
5. Loidinger B., Natusch K., Sholl G./Volkingen фирмы Saarbergerke A. S. (ФРГ). Rouchgasav leitune ijber Kuhlturnml (Удаление дымовых газов через градирню) // “Brenst-Warme-Kroft”; 1485, 37, № 10. – С. 375–379.
6. Heinzkroftwerk Volkingen (ТЭЦ Volkingen) // Brennst-Warm-Kraft. – 1989. 41, № 6. – С. 264–266.
7. Andres Otfried, Bush Sieter, Gebhard Georg, Orther Georg. Rauchgasableitung uber Naturzugkuhturme (Отвод дымовых газов в атмосферу через башенные градирни). – “Energie”, 1988, 40, № 7. – P. 44–50, 52–53.
8. Hoitrer Meiuз, Idelbuscher Meuirich, Gresch Meurich, Pewert Heribert, Holter Heinz. Vorzichtung zur Einleitung Von gawaschenen Komchgasen in einen Kuhlturn. (Устройство для ввода очищенных газов в градирню). Заявка ФРГ № 343.37.07 от 14.04.84.
9. Holter Heinz, Igelbuscher Heinreich, Gresch Heinrich, Dewerk Heribert, Einleitrohre in Kuhlturnmen (Трубы для подачи очищенных дымовых газов в градирни) Заявка ФРГ. № 3437267 от 11.10.84.
10. Ioryk Sigurd, Anordnung zur Einloitung gerinigter vor-rugsneise nablereinigter, Kauchgase in den Kuhluttstrom lines Kuhlturnes. Saarberwerke. A. C. (Устройство для ввода дымовых газов в градирню). Заявка ФРГ № 3509542 от 16.03.85).