

УДК 621.165

ПОДОГРЕВ ВОЗДУХА КОТЛОВ ОБРАТНОЙ СЕТЕВОЙ ВОДОЙ, ВКЛЮЧЕННОЙ НА ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЙ ТУРБОАГРЕГАТ

В.А. Заломихин, Б.Ф. Калугин

Томский политехнический университет

E-mail: zva_tes82@mail.ru

С целью повышения эффективности выработки, отпуска тепловой и электрической энергии внешним потребителям ТЭС, разработан схема подогрева обратной сетевой водой воздуха котлов. Сопоставлены и проанализированы варианты работы одной из существующих ныне и разработанной авторами схем. Разработанная схема на теплофикационном турбоагрегате типа Т-115-8,8 ЛМЗ позволяет снизить удельные расходы топлива на 3,5...13,85 % в зависимости от температуры наружного воздуха и сэкономить 1,19...3,83 тыс. т. у. т. за один отопительный период. Срок окупаемости мероприятий по внедрению разработанной схемы для рассматриваемой станции составил 4 мес.

Ключевые слова:

Тепловые электрические станции, котлоагрегат, турбоагрегат, электроэнергия, тепловая энергия, теплообменник.

Эффективность работы предприятий энергетики на базе тепловых электрических станций (ТЭС) определяет их конкурентоспособность в новых условиях оптового рынка электроэнергии и мощности. Основным показателем эффективной работы энергопредприятий на органическом топливе является удельный расход топлива на выработанную и отпущенную единицу продукции. Чем меньше этот показатель, тем тепловой цикл (схема) данного предприятия эффективнее, а значит — более конкурентоспособно оно на оптовом рынке. Данное обстоятельство требует от энергопредприятий производить поиск путей повышения количества отпускаемой тепло- и электроэнергии с каждого килограмма топлива, что может быть достигнуто, в частности, за счет совершенствования тепловых схем ТЭС.

В настоящее время для поддержания температуры воздуха перед воздухоподогревателем котла (предварительный подогрев) на требуемом уровне (для угольных котлов установлена температура +30 °С, величина которой прописана в правилах технической эксплуатации ТЭС) применяются схемы рециркуляции воздуха или используются специальные калориферные установки. Необходимость использования подогрева воздуха обусловлена процессами возможного образования кислотных конденсатов в дымовых газах. Данные конденсаты могут образовываться при снижении температуры уходящих газов, что обусловлено понижением температуры воздуха перед воздухоподогревателем котла в зимний период времени.

Схемы с рециркуляцией воздуха (предварительный подогрев производится за счет отбора части воздуха за поверхностью воздухоподогревателя и подмешивания его к воздуху, забираемому с цеха/улицы) получили широкое распространение. Для реализации схемы с рециркуляцией воздуха, на стадии проектирования поверхность воздухоподогревателя котлоагрегата увеличивается. Увеличение поверхности необходимо для обеспечения требуемой скорости воздуха, определяющей его температуру за поверхностью. Достоинствами данной

схемы являются простота, надежность эксплуатации, отсутствие связей с оборудованием, не входящим в состав котлоагрегата. Основными недостатками являются увеличенные поверхности воздухоподогревателя, затраты электроэнергии на рециркуляцию воздуха.

Схемы с калориферными установками (предварительный подогрев воздуха осуществляется за счет применения электрокалориферов или теплообменников, использующих в качестве греющей среды различные теплоносители), как и схемы с рециркуляцией, нашли широкое применение. Достоинством данной схемы является возможность утилизации тепла низкопотенциальных теплоносителей.

В результате проведения исследований с целью повышения эффективности действующих ТЭС авторами разработана схема предварительного подогрева воздуха для энергетических котлов обратной сетевой водой (рис. 1). Все расчеты проводились на примере одной из действующих ТЭС Сибири.

На исследуемой ТЭС:

- для поддержания температуры воздуха перед воздухоподогревателем котла используется схема с рециркуляцией воздуха;
- в покрытии тепловых и электрических нагрузок участвует турбоагрегат Т-115-8,8 с двумя регулируемыми по давлению 0,05...0,25 МПа отборами пара;
- турбоагрегат Т-115-8,8 работает по тепловому графику с минимальным вентиляционным пропуском пара в конденсатор.

Особенностью разработки (рис. 1) является прохождение воды, возвращаемой на станцию от тепловых потребителей в количестве $G_{об.} = 833$ кг/с, через водо-воздушный теплообменник — 15, представляющее поступлению к сетевым подогревателям — 6 (сетевые подогреватели верхнего и нижнего отбора). В теплообменнике — 15 вода нагревает воздух до +30 °С. За счет отвода тепла от обратной сетевой воды ее температура снижается до $t_{об.п.}$, зна-

чение которой (рис. 2, кривая – 1) ниже значений температурного графика – температура, с которой согласно нормативной документации станции должна возвращаться обратная сетевая вода (рис. 2, кривая 2). После теплообменника – 15 сетевая вода подается на двухступенчатый подогрев, где в подогревателях – 6 производится ее нагрев до температуры $t_{o.o.}$ – температура сетевой воды за подогревателями основного подогрева (рис. 2, кривая 3).

Режим с вентиляционным пропуском пара в конденсатор обусловлен полным закрытием регулирующей диафрагмы турбоагрегата. При этом вентиляционный расход в конденсатор определяется давлением пара нижнего теплофикационного отбора, конструктивно выполненного перед диафрагмой. Все расчеты на переменный режим работы оборудования [1] были просчитаны в соответствии с общепринятыми и известными методиками в температурном диапазоне $t_{н.в.}$ (температуры наружного воздуха) от +8 до –40 °С с шагом 5 °С от 0 °С. При расчете каждого температурного значения $t_{н.в.}$ определена дополнительная выработка электроэнергии по сравнению с исходной схемой. Дополнительная выработка электроэнергии через принятые удельные расходы топлива 246 г.у.т./ (кВт·ч) и 550 г.у.т./ (кВт·ч) пересчитана путем перемножения в часовую экономию условного топлива.

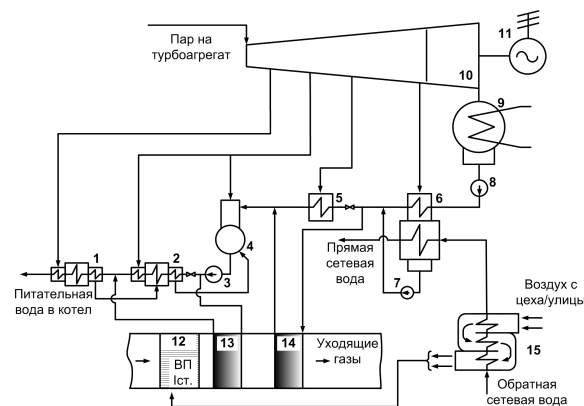


Рис. 1. Схема предварительного подогрева воздуха котлов обратной сетевой водой: 1) подогреватель высокого давления № 5; 2) подогреватель высокого давления № 4; 3) питательный насос; 4) деаэрактор высокого давления; 5) подогреватель низкого давления № 3; 6) подогреватели сетевой воды (верхний и нижний), совмещенные с подогревателями нижнего давления № 2 и № 1 соответственно; 7) насосы дренажа подогревателей – 6; 8) конденсатный насос; 9) конденсатор; 10) турбоагрегат; 11) электрогенератор; 12) первая ступень воздухоподогревателя котла; 13) турбинный экономайзер второй ступени; 14) турбинный экономайзер первой ступени; 15) водо-воздушный подогреватель

При сравнении работы оборудования традиционно используемой схемы (обратная сетевая вода, возвращаемая на станцию, непосредственно подается на сетевые подогреватели) с температурой, соответствующей значениям температурного графика $t_{об.}$ (рис. 2, кривая – 2), и разработанной схемы наблюдается:

- рост тепловой нагрузки сетевых подогревателей – 6 (рис. 4);
- понижение давления в нижнем теплофикационном отборе (рис. 5), способствующее снижению вентиляционного пропуска пара в часть низкого давления (ЧНД), а следовательно, и в конденсатор турбоагрегата (рис. 6);
- снижение удельных расходов топлива на выработку и отпуск электрической энергии (рис. 7);
- вытеснение конденсационной выработки электрической энергии рассматриваемой ТЭС или в энергосистеме.

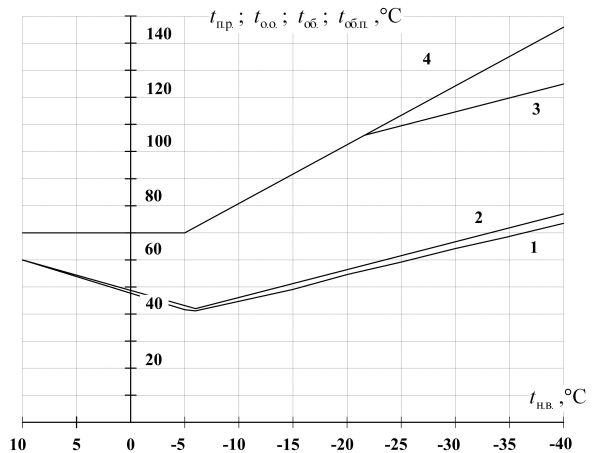


Рис. 2. Температурный график отпуска тепла: 1) $t_{об.п.}$; 2) $t_{об.}$; 3) $t_{o.o.}$; 4) $t_{пр.}$ – температура прямой сетевой воды, отпущаемой потребителям с учетом пикового подогрева

Исключение рециркуляции из схемы предварительного подогрева воздуха котлов привело к росту температуры уходящих газов котла. Для исключения данного явления авторами также предложено внедрение двух теплообменных аппаратов (турбинных экономайзеров) – 13, 14, рис. 1. Данные теплообменники используют тепло уходящих газов для подогрева основного конденсата – 14 и питательной воды – 13 схемы регенерации турбоагрегата. Использование данных подогревателей позволяет сохранить температуру уходящих газов на уровне, который был до внедрения разработанной схемы. Кроме того, применение подогревателей – 13, 14 приводит к вытеснению отборного пара регенеративного подогрева, направляя его на сетевые подогреватели – 6, позволяя тем самым дополнительно вырабатывать электрическую энергию.

Все расчеты проведены для двух вариантов температур обратной сетевой воды. Обратная сетевая вода может иметь значения, соответствующие проектным значениям $t_{об.}$, а также фактические $t_{об.ф.}$. Фактические значения температур обратной сетевой воды для исследуемой станции могут значительно отличаться от проектных значений $dt_{o.c.} = t_{об.ф.} - t_{об.}$ (рис. 3), что обусловлено отклонениями в режимах работы тепловых сетей.

На рис. 6 видно, что с понижением температуры наружного воздуха величина расхода пара в ЧНД при использовании разработанной схемы значительно снижается. Снижение может достигать 5,24 %.

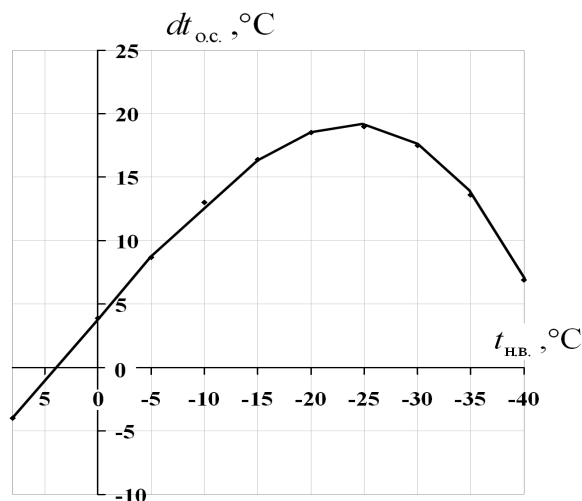


Рис. 3. Отклонение температуры обратной сетевой воды от значений температурного графика

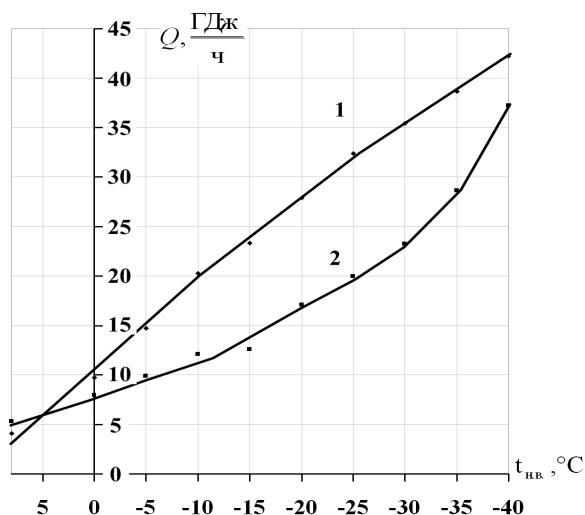


Рис. 4. Прирост тепловой нагрузки сетевых подогревателей на теплофикационном турбоагрегате при использовании разработанной схемы для: 1) $t_{об}$; 2) $t_{об.ф.}$

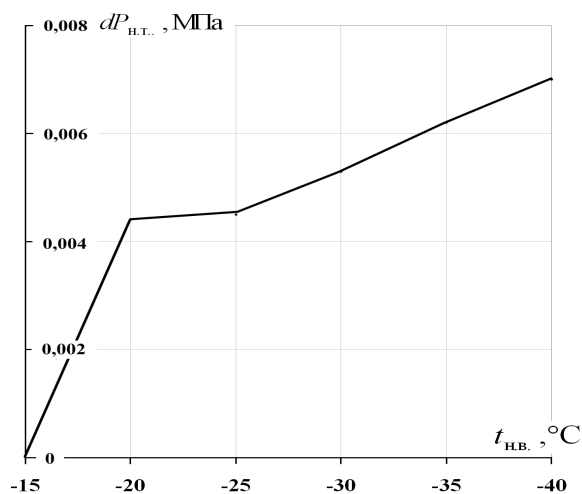


Рис. 5. Величина снижения давления $P_{н.т.}$ нижнего теплофикационного отбора Т-115-8,8 при сравнении с исходной схемой

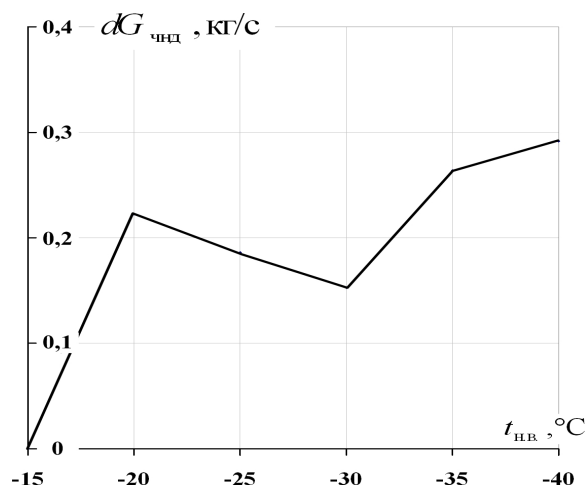


Рис. 6. Величина снижения расхода пара в ЧНД ($G_{чнд}$) при сравнении с исходной схемой

Внедрение разработанной схемы на исследуемой станции с турбоагрегатом Т-115-8,8 за один отопительный период позволит дополнительно выработать на тепловом потреблении: 1) 8,67 млн кВт·ч, что экономит 1,19...3,83 тыс.т.у.т. (для $t_{об}$); 2) 7,35 млн кВт·ч, что экономит 0,81...2,91 тыс.т.у.т. (для $t_{об.ф.}$).

Для более полного представления об экономическом обоснованном использовании разработанной схемы с применением дополнительных теплообменных аппаратов были проведены расчеты их поверхностей и определены ориентировочные затраты. Затраты на изготовление поверхностей подогревателей – 13, 14, 15, рис. 1, для исследуемой станции составили 1,7 млн р.

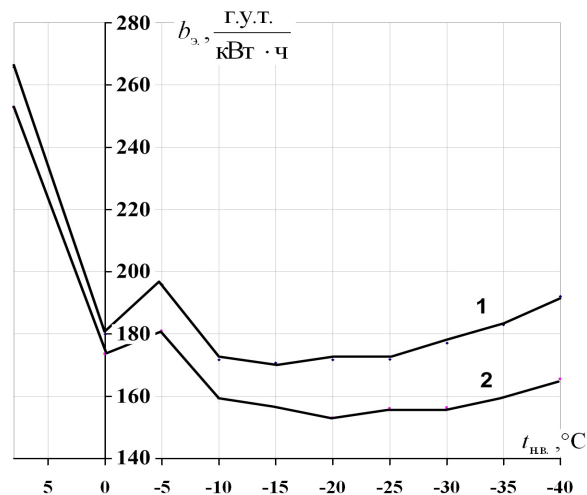


Рис. 7. Характеристика удельных расходов топлива $b_{э}$ на выработку электроэнергии при $t_{об}$ и использовании: 1) обычной схемы подогрева воздуха рециркулируемым воздухом; 2) разработанной схемы подогрева воздуха обратной сетевой водой

При достижении расчетного экономического эффекта и расчетных затратах окупаемость мероприятий по переводу ТЭС на разработанную схему

составит не более одного отопительного периода (для рассматриваемой станции этот период составит 4 мес.). Срок окупаемости существенно зависит: от вида сжигаемого топлива (уголь, газ, мазут); стоимости сжигаемого топлива; удельных расходов топлива на выработку и отпуск продукции (электроэнергии); себестоимости продукции (электроэнергии).

Как видно на рис. 7, значения удельных расходов топлива на выработку электроэнергии при использовании разработанной схемы с отводом тепла от обратной сетевой воды во всем диапазоне температур наружного воздуха значительно ниже, чем при схеме без отвода тепла. Разработанная схема на теплофикационном турбоагрегате типа Т-115-8,8 ЛМЗ позволяет снизить удельные расходы топлива

на 3,5...13,85 % в зависимости от $t_{н.в.}$. Данное обстоятельство позволяет существенно экономить топливо на выработку и отпуск электроэнергии.

Выводы

Разработана схема подогрева воздуха котлов обратной сетевой водой, позволяющая существенно улучшить показатели работы ТЭС. На исследуемой станции с теплофикационным турбоагрегатом типа Т-115-8,8 ЛМЗ внедрение предложенной схемы позволит снизить удельные расходы топлива на 3,5...13,85 % в зависимости от температуры наружного воздуха. Низкий срок окупаемости (около 4 мес.) подчеркивает эффективность и рациональность внедрения предлагаемых схемных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиршфельд В.Я. Режимы работы и эксплуатации ТЭС. – М.: Энергия, 1980. – 288 с.: ил.
2. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.: ил.
3. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). – СПб.: НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.: ил.
4. Антонова А.М., Вагнер М.А., Калугин Б.Ф. Общая энергетика. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 387 с.

Поступила 01.09.2008 г.

УДК 681.5.013

АЛГОРИТМ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ МНОГОСЕКЦИОННЫХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

А.Н. Грибков, С.В. Артемова

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

E-mail: crems@crems.jesby.tstu.ru

Рассмотрен алгоритм ресурсосберегающего управления динамическими режимами в многосекционных сушильных установках, который возможно использовать в информационно-управляющей системе для синтеза оптимальных управляющих воздействий в реальном времени. Приведены постановка задачи ресурсосберегающего управления и пример ее решения для пятисекционной сушильной установки.

Ключевые слова:

Ресурсосберегающее управление, сушильная установка, метод синтезирующих переменных.

Введение

Сушка широко распространенный энергоемкий процесс в химической, металлургической, машиностроительной и других отраслях промышленности. Во многих случаях сушка является одним из важнейших этапов производства, определяющих не только качество готовой продукции, но и технико-экономические показатели производства в целом. Затраты на электроэнергию и различные виды топлива (теплоносителей) для большинства предприятий этих отраслей относятся к числу основных и становятся сопоставимыми с затратами на сырье. Одним из методов снижения энерго-ресурсопотребления и повышения качества выпускаемой продукции является создание и внедре-

ние информационно-управляющих систем (ИУС) сушильными установками. Проблеме создания систем энергосберегающего управления посвящено множество работ Л.С. Понтрягина, Р. Беллмана, А.Д. Александрова, И.П. Баумштейна, В.П. Мешалкина и др.

Важным этапом создания ИУС является разработка ее алгоритмического обеспечения, позволяющего решать задачи ресурсосберегающего управления динамическими режимами многосекционных сушильных установок. Как объекты управления такие установки имеют ряд особенностей: большие затраты энергоресурсов, высокие требования к точности поддержания требуемых температурных режимов, необходимость учета взаимного