

Рисунок 2 – Рентгенограмма образца кирпича, изготовленного из керамической массы состава 2

Эффективности добавок отходов зависит от их дисперсности и зернового состава. Мелкозернистая добавка неорганических отходов, ухудшая сушильные свойства сырья, вместе с тем повышает прочность готовых изделий, спекаясь с глинистой породой при обжиге. Как отощающая добавка шлам продувочной воды наиболее эффективен при максимальном размере зёрен и при содержании фракции менее 0,3 мм не более 5 %. Неорганические отходы ТЭЦ улучшают гранулометрический состав сырья.

УДК 621.165:697.34

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ РЕЖИМАМИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ст. преп. Нияковский А.М., студ. Пшеничнюк В.А., студ. Григорович А.В.

Полоцкий государственный университет

Важной задачей при разработке алгоритмов автоматического управления и регулирования в системах теплоснабжения является правильный выбор контролируемых параметров и интегральных характеристик, позволяющий оценить эффективность управления. Регулирование тепловых нагрузок признается эффективным, если потребители получают от системы теплоснабжения теплоту в необходимом количестве, требуемого потенциала (по температуре и давлению), в любой заданный момент времени и при допустимом уровне материальных издержек.

Регулирование тепловых нагрузок может осуществляться путём изменения температуры теплоносителя (качественное регулирование), его расхода (количественное), либо путём совместного изменения давления и температуры по определённому закону (качественно-количественное).

В случае теплоснабжения от когенерационных (комбинированных) источников энергии изменение температуры теплоносителя в подающей и обратной магистралях тепловой сети оказывает существенное влияние на эффективность использования первичного топлива при реализации теплофикационного цикла.

При количественном регулировании уменьшаются среднегодовые расходы теплоносителя в тепловой сети и, следовательно, снижаются затраты электрической энергии на его перекачку. При любом методе регулирования от температуры теплоносителя в трубопроводах зависит также величина тепловых потерь с их поверхности в окружающую среду. Кроме того, в отличие от качественного при количественном регулировании импульс давления при изменении расходов теплоносителя в водяной тепловой сети передаётся к источнику теплоснабжения значительно быстрее (практически – мгновенно, со скоростью звука), чем импульс изменения температуры в обратной магистрали. В результате обеспечивается надёжная и эффективная обратная связь в системе управления отпуском теплоты.

Перечисленные выше факторы и обстоятельства позволяют поставить вопрос о выборе в качестве оптимального такого метода регулирования отпуска теплоты, который обеспечит наименьшие затраты энергии первичного топлива, расходуемого при производстве энергии в когенерационном цикле.

Вопросам регулирования тепловых нагрузок (регулирования отпуска теплоты) посвящено значительное число теоретических и прикладных работ. Основы регулирования были заложены в работах Шадрина Е.Н., Дюскина В.К., Зингера Н.М., Соколова Е.Я. (1957 – 1965 г.г.), а также в современных исследованиях (Шарапов В.И., Ротов П.В., Седнин А.В., Мацко И.И. и др., 1990 - 2012). Однако надёжные методики назначения оптимальных параметров при выборе способов регулирования тепловых нагрузок, в особенности, учитывающие показатели энергосбережения, пока ещё отсутствуют, как для действующих, так и для вновь проектируемых систем теплоснабжения.

При теплоснабжении от когенерационных источников (далее – ТЭЦ) температура теплоносителя (сетевой воды) в подающей магистрали тепловой сети формируется в результате нагрева в установленных на источнике энергии сетевых подогревателей. Если после нагрева в верхнем сетевом подогревателе (ВСП) температура сетевой воды ниже, чем того требует график при избранном способе регулирования, то её догрев осуществляется в пиковых нагревателях или котлах.

Греющей средой в сетевых подогревателях является водяной пар, отбираемым из отопительного отбора паровой турбины, а в пиковых – пар, отбираемый из отборов более высокого давления или непосредственно из парового котла через редуциционно-охладительную установку.

Температура сетевой воды в подающей магистрали тепловой сети повышается в результате нагрева в сетевых подогревателях. При достижении системой теплоснабжения тепловой нагрузки, обеспечиваемой за счёт теплофикационных отборов ТЭЦ, дальнейшее покрытие возрастающей тепловой нагрузки производится в пиковых нагревателях, после которых сетевая вода приобретает температуру, соответствующую графику температур подающей магистрали.

В результате в соответствии с графиком регулирования изменяется и температура теплоносителя в обратной магистрали, что ведёт к росту температуры нагретой сетевой воды после ВСП. При этом перепад температур сетевой воды между точкой входа в сетевые нагреватели и местом выхода из ВСП остаётся постоянным. Чем выше температура нагрева сетевой воды после ВСП, тем выше требуемое давление пара в отборе турбины и, соответственно, ниже доля комбинированной выработки энергии на ТЭЦ.

В качестве критерия оптимизации выберём разность электрической мощности, вырабатываемой паром, отбираемым для покрытия тепловой нагрузки системы теплоснабжения, и потребляемой мощности сетевых насосов на перекачку теплоносителя с учётом перерасхода теплоты в результате неадекватного регулирования при температурах наружного воздуха, превышающих его температуру в точке излома температурного графика.

В результате проведённых исследований нами предлагаются следующие показатели эффективности регулирования тепловых нагрузок: показатель электрической эффективности регулирования (далее – электроэффективность регулирования); показатель тепловой эффективности регулирования (далее – теплоэффективность регулирования); показатель общей энергоэффективности регулирования.

Под электроэффективностью регулирования будем понимать разность:

$$E_{\text{рег}}^{\text{эл}} = N_{\text{эл.комб.}} - N_{\text{нас}}$$

где $N_{\text{эл.комб.}}$ – электрическая мощность, вырабатываемая на тепловом потреблении (комбинированная выработка); $N_{\text{нас}}$ – мощность, потребляемая приводами сетевых насосов.

Более эффективным с точки зрения задач энергосбережения будет тот способ регулирования, для которого значение $E_{\text{рег}}^{\text{эл}}$ будет наибольшим.

Под теплоэффективностью регулирования будем понимать разность:

$$E_{\text{рег}}^{\text{тепл}} = Q_{\text{треб}} - Q_{\text{факт}}$$

где $Q_{\text{факт}}$ – фактически отпущенная потребителям теплота; $Q_{\text{треб}}$ – требуемое при данной температуре наружного воздуха количество теплоты. Наибольшей теплоэффективностью будет обладать такое регулирование, при котором $E_{\text{рег}}^{\text{тепл}} = 0$. При $E_{\text{рег}}^{\text{тепл}} < 0$ имеет место перерасход теплоты, а при $E_{\text{рег}}^{\text{тепл}} > 0$ – её недопоставка, которую бытовые потребители восполняют за счёт использования для обогрева помещений газа в бытовых плитах и электроэнергии в электрообогревателях. Поэтому следует оперировать модулем этой величины.

Общую энергоэффективность регулирования определим как разность электроэффективности и модуля теплоэффективности регулирования:

$$E_{\text{рег}}^{\text{общ}} = b_{\text{эл}}^{\text{T}} \cdot E_{\text{рег}}^{\text{эл}} - |b_{\text{тепл}}^{\text{T}} \cdot E_{\text{рег}}^{\text{тепл}}|$$

где $b_{\text{эл}}^{\text{T}}$ и $b_{\text{тепл}}^{\text{T}}$ – соответственно установленные усреднённые затраты условного топлива на выработку единицы электрической и тепловой энергии (принимаются в размере 0,28 т.у.т. на 1000 кВт·ч выработанной электроэнергии и 0,175 т.у.т. на 1 Гкал отпущенной тепловой энергии). Чем больше значение $E_{\text{рег}}^{\text{общ}}$, тем выше общая энергоэффективность регулирования.

На рисунке 1 показана зависимость от температуры наружного воздуха разностей $\Delta E_{\text{рег}}^{\text{эл}} = E_{\text{рег}}^{\text{кол}} - E_{\text{рег}}^{\text{кач}}$ для количественного (при различных температурах теплоносителя в подающей магистрали) и качественного регулирования тепловых нагрузок. Положительные значения $\Delta E_{\text{рег}}^{\text{эл}}$ на графиках

соответствуют диапазонам температур наружного воздуха, когда с позиций генерирования и потребления электрической энергии количественное регулирование является более эффективным, а отрицательные, когда эффективнее качественное регулирование.

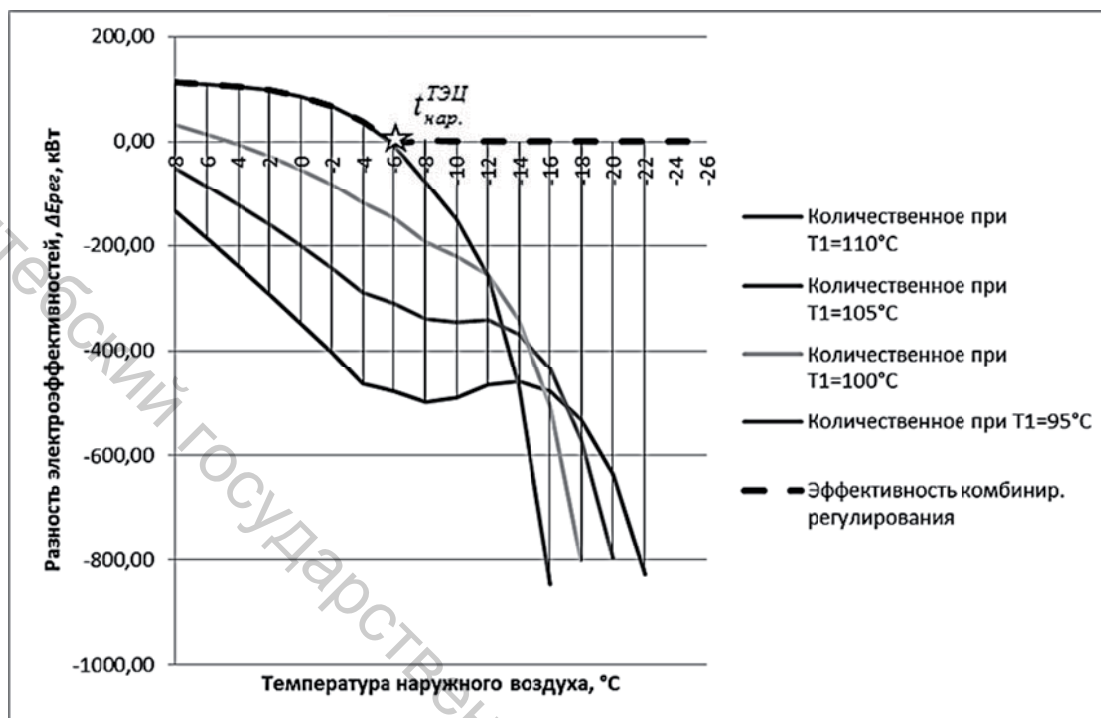


Рисунок 1 – Зависимость разностей электрoeffективностей регулирования при количественном и качественном регулировании от температуры наружного воздуха и температур теплоносителя

При построении зависимостей на рис. 1 тепловая нагрузка системы теплоснабжения принята 50 МВт при расчётной температуре наружного воздуха -26°C . Расчётные температуры теплоносителя в подающей и обратной магистрали при качественном регулировании соответственно 150 и 70°C ; потери давления в сети 0,5 МПа. Варианты температур теплоносителя в подающей магистрали при количественном регулировании приняты 110, 105, 100, 95°C , а в обратной магистрали 50°C . Источником теплоснабжения определена условная ТЭЦ с параметрами: коэффициент теплофикации 0,5; давление и температура пара на входе в турбину соответственно 9 МПа и 480°C , энтальпия пара 3336 кДж/кг .

На рисунке 1 точка пересечения линиями графика оси абсцисс соответствует положению, когда вырабатываемая и потребляемая электрические мощности уравниваются. Этот момент наступает тем раньше, чем ниже расчётная температура теплоносителя в подающей магистрали при количественном регулировании. Снижение расчётной температуры теплоносителя в подающей магистрали при количественном регулировании вызывает рост расхода теплоносителя по сравнению с качественным регулированием, начиная с момента, когда разность температур в подающей и обратной магистрали становится ниже, чем при качественном регулировании. При этом давление в тепловой сети возрастает пропорционально квадрату, а потребляемая электрическая мощность на перекачку – пропорционально кубу расхода теплоносителя. Всё это требует наложить при количественном регулировании технические ограничения на рост давлений в трубопроводах тепловой сети и потребляемой электрической мощности при низких температурах наружного воздуха. Точное значение такого ограничения может быть определено в результате технико-экономического расчёта путём сопоставления вырабатываемой, потребляемой электрической мощности, затрат на водоподготовку и капитальных затрат в трубопроводы тепловых сетей.

Таким образом, энергоэффективность различных способов регулирования тепловых нагрузок можно оценивать при помощи предлагаемых в данной работе показателей: электрoeffективности, теплоэффективности и общей эффективности регулирования.