

УДК 621.165

ЦЕЛИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СУТОЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ ОТ ТЭЦ

Качан А.Д., Качан С.А., Стрелкова О.А.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Наиболее полная реализация возможностей суточного регулирования отпуска теплоты от ТЭЦ и котельных требует установки специальных аккумуляторов теплоты (АТ), как паровых, так и на горячей воде [1–2]. В Беларуси АТ в системах теплоснабжения отсутствуют, поэтому суточное регулирование отпуска теплоты может осуществляться только за счет аккумуляирования ее в тепловых сетях.

Целями суточного регулирования отпуска теплоты от теплоисточников могут быть следующие.

1. Повышение экономичности работы ТЭЦ с противоаварийными паровыми турбинами.

Такой эффект может достигаться в том случае, когда характеристики указанных теплофикационных установок отличаются резким снижением их экономичности при малых тепловых нагрузках.

В первую очередь это относится к ПГУ Оршанской ТЭЦ, особенностью которой является не только снижение экономичности при частичных нагрузках, но и техническая невозможность ее использования при снижении тепловой нагрузки ниже определенной предельно-минимальной величины.

Важнейшей характеристикой теплофикационных ПГУ является зависимость экономии топлива против раздельной схемы энергоснабжения ДВ от тепловой нагрузки ГТУ Q_t ,

$$\Delta B = N_{\text{ГТУ}}^{\text{н}} \beta_{\text{зам}} + Q_t \beta_{\text{кот}} - B_{\text{ГТУ}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{ГТУ}}^{\text{н}}$, $B_{\text{ГТУ}}$ — мощность «нетто» и расход условного топлива на ГТУ; $b_{\text{зам}}$, $\beta_{\text{кот}}$ — удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии от замещающей КЭС и на отпуск теплоты от замещающей котельной.

Проведенные нами исследования [3] показали, что для ПГУ Оршанской ТЭЦ, работающей в летний период в составе одной ГТУ, при тепловой нагрузке менее 22–23 МВт системная экономия топлива ДВ уменьшается до нуля, а в случае снижения тепловой нагрузки одной ГТУ ниже $Q_t^{\text{min}} \approx 18$ МВт использование ее становится технически невозможным.

По данным анализа характерного суточного графика тепловой нагрузки летнего периода 2001 г., представленного Оршанской ТЭЦ, в вечерне-ноч-

ной провал теплопотребления длительностью $t_{пр} = 8$ часов тепловая нагрузка составляет $Q_{пр} = 16,8$ МВт. В остальные часы суток $Q_{штк} \approx 32,5$ МВт.

Как видно, в ночные часы суток тепловая нагрузка $Q_{пр}$ меньше предельно возможной для ПГУ, т. е. использование ее является невозможным.

При выравнивании суточного графика теплопотребления средняя тепловая нагрузка составит около 27,3 МВт.

Расчеты, проведенные с использованием разработанной нами для ПГУ Оршанской ТЭЦ /3/ программы оптимизации режимов, показали, что при работе ПГУ в составе одной ГТУ с тепловой нагрузкой 27,3 МВт при средней температуре наружного воздуха $t_n = 20^\circ\text{C}$ экономия топлива в энергосистеме составит $\Delta B = 0,82$ т у.т./ч, что за один месяц летнего периода соответствует экономии топлива в энергосистеме $\Delta B_{мес} = 590$ т у.т. За весь летний период продолжительностью около 3500 часов экономия топлива превысит 2800 т у.т.

Таким образом, суточное регулирование отпуска теплоты от ПГУ Оршанской ТЭЦ в летний период не только обеспечивает техническую возможность ее использования, но и приводит к существенной экономии топлива в энергосистеме.

Суточное регулирование отпуска теплоты от ПГУ Оршанской ТЭЦ целесообразно также и в другие периоды ее работы с частичной и неравномерной тепловой нагрузкой. При этом максимум эффекта достигается при полном выравнивании суточного графика теплопотребления.

Существенное снижение экономичности при частичных тепловых нагрузках может иметь место также для паровых турбин с противодавлением, в особенности при значительной величине отношений конечного и начального давлений пара p_2/p_0 .

В связи с этим выравнивание суточного графика тепловой нагрузки для таких турбоустановок, в частности для турбин с противодавлением малой мощности, устанавливаемых в настоящее время на промышленно-отопительных котельных и работающих с величиной $p_2/p_0 \geq 0,2$, также может обеспечить существенное увеличение среднесуточной величины теплофикационной выработки электроэнергии.

2. Увеличение отпуска теплоты из отборов (противодавления) турбин ТЭЦ.

Такая возможность появляется, в частности, на малых ТЭЦ Беларуси с турбинами с противодавлением или ухудшенным вакуумом, когда в летний период в часы максимума теплопотребления тепловая нагрузка ТЭЦ превышает максимальную величину ее для установленных турбоустановок, что требует частичного отпуска теплоты через РОУ или от ПВК, а в период ноч-

ного провала теплопотребления турбины работают с неполной тепловой нагрузкой.

В этих условиях выравнивание суточного графика тепловой нагрузки ТЭЦ может обеспечить более полную среднесуточную нагрузку турбин и, как следствие, позволит увеличить суточную величину теплофикационной выработки электроэнергии. Проведенные исследования показали целесообразность таких режимов работы турбин с противодавлением мощностью 3,5 МВт, установленных на Молодечненской котельной № 1 и котельной «Серверная» в г. Витебск.

Наибольший эффект от суточного регулирования отпуска теплоты может иметь место на таких ТЭЦ, на которых без его применения ночная нагрузка горячего водоснабжения в летний период не позволяет обеспечить технический минимум нагрузки котлов при номинальных параметрах пара. По этой причине приходится выводить из работы паровые турбины и постоянно, в течение всего летнего периода, работать в режиме котельной с использованием паровых котлов низкого давления или водогрейных котлов.

Такие условия имеют место, в частности, на Жодинской ТЭЦ.

На этой ТЭЦ в ночной провал теплопотребления тепловая нагрузка составляет около 23 МВт. Если эту теплоту отпускать от турбины ВК-25-1, переведенной в режим ухудшенного вакуума, то расход свежего пара составит около 45 т/ч, что ниже технического минимума установленных на Жодинской ТЭЦ котлов ПК-20 производительностью 120 т/ч.

По этой причине в летний период Жодинская ТЭЦ работает в режиме котельной с использованием паровых котлов ГМ-50-14. В то же время среднесуточная тепловая нагрузка составляет примерно 30 МВт. Проведенные расчеты показали, что при такой тепловой нагрузке турбина могла бы работать с мощностью около 10 МВт при расходе свежего пара на уровне 60 т/ч, который позволяет обеспечить надежную работу котла ПК-20. В результате экономия топлива в энергосистеме за летний период может достигать 4–5 тыс. т у.т.

3. Исключение избыточного состава работающих котлов и снижение вынужденной неэкономичной конденсационной выработки электроэнергии на ТЭЦ.

В суточный провал тепловой нагрузки ТЭЦ могут создаваться сложности с обеспечением технического минимума нагрузки работающих котлов, что, в частности, может привести к увеличению вынужденной неэкономичной конденсационной выработки электроэнергии. В то же время, в пики суточного теплопотребления может потребоваться включение в работу дополнительных котлов.

Очевидно, что в этих условиях суточное выравнивание графика тепловых нагрузок будет способствовать уменьшению количества работающих котлов в период пиков отпуска теплоты и, соответственно, повышению их теплопроизводительности в часы провала тепловой нагрузки.

В результате не только повысится надежность работы котлов, но и будет достигаться экономия топлива в энергосистеме за счет обеспечения теплового графика работы ТЭЦ и снижения затрат топлива на пуски котлов.

В соответствии с результатами проведенного анализа, суточное регулирование отпуска теплоты с горячей водой с этой целью может применяться на различных ТЭЦ Беларуси. В частности, оно целесообразно в летний период на Минской ТЭЦ-3 при работе на ней двух турбин ПТ-60-130/13, на Мозырской ТЭЦ, Бобруйской ТЭЦ-2 и др.

4. Снижение «перетопа» зданий при плюсовых температурах наружного воздуха и уменьшение «горба» температуры обратной сетевой воды, приходящего на ТЭЦ в утренние часы суток.

«Перетоп» зданий после излома температурного графика тепловой сети является существенным недостатком центрального качественного регулирования отпуска теплоты от ТЭЦ. Для его снижения целесообразно уменьшение температуры прямой сетевой воды в ночные часы суток (в период практически полного отключения нагрузки горячего водоснабжения) ниже требуемой для подогрева горячей воды.

Не смотря на ограниченность времени снижения температуры прямой сетевой воды с учетом разной удаленности потребителей горячей воды от ТЭЦ, для отдельных систем теплоснабжения с малой степенью автоматизации отопительных систем такое регулирование отпуска теплоты может быть достаточно эффективным.

Наличие утреннего «горба» температуры обратной сетевой воды t_{oc} на ТЭЦ объясняется влиянием ночного снижения нагрузки горячего водоснабжения и связанным с этим накоплением теплоты в обратных тепломагистралях /4/. Интенсивность «горба» и время наступления утреннего максимума t_{oc} определяется долей нагрузки горячего водоснабжения и уровнем автоматизации ее абонентов, а также водяным объемом тепловой сети и временем транспорта сетевой воды от потребителей к ТЭЦ.

Наличие «горба» t_{oc} отрицательно сказывается на эффективности работы ТЭЦ из-за ухудшения режимов реального распределения подогрева сетевой воды и увеличения давления в нижнем отборе для турбин с двухступенчатым отопительным отбором, а также снижения располагаемой теплофикационной мощности ТЭЦ и уменьшения максимальной тепловой нагрузки турбин в утренние часы в связи с наличием ограничений по допустимой ве-

личине давления пара в верхнем отопительном отборе и снижением возможного подогрева сетевой воды.

Для выравнивания графика температуры обратной сетевой воды нами ранее для Минской ТЭЦ-4 обоснована целесообразность опережающего снижения температуры прямой сетевой воды в вечерние и начальные ночные часы суток. В первую очередь это следует реализовать для тепломагистрали № 61 МТЭЦ-4, регулирование температурного графика отпуска теплоты по которой осуществляется непосредственно на ТЭЦ.

Влияние суточного регулирования отпуска тепла на работу теплосетей и систем теплопотребления

Суточное регулирование отпуска тепловой энергии путем изменения величины нагрева теплоносителя на энергоисточниках в ночное время оказывает определенное влияние на тепловой режим теплосетей и систем теплопотребления.

Для оценки этого влияния на основании [5] нами была разработана методика, реализованная в компьютерной программе, позволяющая с достаточной степенью точности определить динамику изменения расхода теплоносителя и его температуры в обратной магистрали в зависимости от нагрузки горячего водоснабжения, схем присоединения потребительских систем и степени их автоматизации.

Анализ результатов расчетов и фактических данных показал, что при применении суточного регулирования отпуска теплоты среднесуточная температура воды в подающих трубопроводах t_{01} меняется на 1-1,5°C. При этом величина изменения температуры воды в обратной магистрали t_{02} зависит от степени автоматизации систем горячего водоснабжения (ГВС) и работы систем отопления.

Так, при 100% автоматизации систем горячего водоснабжения повышение t_{01} приводит к снижению расхода сетевой воды через подогреватели ГВС и уменьшению температуры греющей воды после них t_{r2} . Например, при увеличении среднесуточной t_{01} с 55 до 70°C величина t_{r2} снизится с 39 до 30°C. В то же время в теплосетях с 50% качественно работающих регуляторов ГВС повышение t_{01} на эту же величину приведет к увеличению t_{r2} с 38 до 44°C.

Объясняется это тем, что при повышении температуры сетевой воды в прямой магистрали и снижении ее расхода на автоматизированные системы ГВС, растет удельная доля расхода воды на неавтоматизированные системы с более высокими t_{r2} .

В отопительный период для снижения амплитуды «горба» обратной сетевой воды на 1°C требуется существенно большее снижение температуры в прямой магистрали. Вызвано это тем, что снижение температуры на входе в

систему отопления приводит к уменьшению средне-лагарифмической разности температур в отопительных приборах, в результате чего снижается интенсивность теплоотдачи от них. С учетом этого фактора, а также ввиду того, что расход сетевой воды через отопительные системы существенно больше, чем через подогреватели ГВС, величина необходимого снижения температуры прямой сетевой воды для снижения обратной на 1°C находится на уровне $1,8\text{--}2^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, изменение среднесуточной температуры в прямой магистрали на 1°C приведет к изменению температуры обратной сетевой воды на $0,4\text{--}0,6^{\circ}\text{C}$. Это в свою очередь окажет некоторое влияние на величину тепловых потерь при транспортировке сетевой воды в тепловых сетях.

Расчеты потерь тепла через изоляцию трубопроводов, выполненные для ряда теплоисточников концерна «Белэнерго», показали, что при изменении среднесуточной t_{01} на 1°C и неизменной температуре в обратной магистрали прирост тепловых потерь составляет $1\text{--}1,2\%$ от исходной величины. Для теплосетей с 50% автоматизированных потребителей эта величина возрастает до $2\text{--}3\%$, а для 100% автоматизированных сетей — снижается до $0,5\text{--}1\%$.

Абсолютная величина прироста тепловых потерь при изменении нагрева теплоносителя на 1°C не превышает $0,3$ Гкал/ч и, следовательно, не может оказать заметного влияния на эффективность применения суточного регулирования.

Литература

1. Андрющенко А.И., Аминов Р.З., Хлебалин Ю.М. Теплофикационные установки и их использование. — М.: Выш. шк., 1989. — 256 с.
2. Стриха И.И. Система аккумулирования теплоты для тепловых электростанций // Энергетика (Изв. высш. учебн. заведений) — 1984. — №2. С. — 77–81.
3. Качан А.Д., Качан С.А. Оптимизация режимов работы утилизационных ПГУ с противоаваленческими паровыми турбинами // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ). — 2000. — № 3–4. — С. 72–76.
4. Гиршфельд В.Я., Князев А.М., Куликов В.Е. Режимы работы и эксплуатации ТЭС. — М.: Энергия, 1980. — 288 с.
5. Зингер Н.М. гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. — М.: Энергия, 1976. — 336 с.