

2. Промышленные теплотехнологии: машиностроительное и металлургическое производство: учеб.: в 2 ч. – Ч. 2 / А. П. Несенчук [и др.]; под общ. ред. А. П. Несенчука, В. И. Тимошпольского. – Минск: Вышэйш. шк., 1997.

Представлена кафедрой
ПТЭ и Т

Поступила 24.04.2007

УДК 621.165

К ВЫБОРУ МЕТОДА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ ОТ ТЭЦ

Канд. техн. наук СЕДНИН А. В., асп. МАРЧЕНКО П. Ю.

Белорусский национальный технический университет

Состояние энергетической отрасли оказывает огромное влияние на экономическое развитие страны и показатели социальной жизни населения. Прогнозируемые темпы роста национальной экономики выдвигают значительные требования к экономичности и надежности энергоснабжения. Кроме того, постоянный и стабильный рост цены на экспортируемое органическое топливо обуславливает необходимость экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в стране. Значительная экономия при производстве электрической энергии достигается за счет применения комбинированной выработки электрической и тепловой энергии (теплофикации) [1]. Более 50 % установленных мощностей республики приходится на ТЭЦ, обеспечивающих выработку наиболее дешевой электроэнергии – на тепловом потреблении.

Однако изменения, произошедшие за последние годы в структуре тепловых нагрузок, отразились на режимах работы станций и снизили системную эффективность производства электроэнергии. Эти изменения характеризуются следующими факторами:

- уменьшением потребления тепловой энергии промышленными предприятиями за счет снижения объемов производства;
- введением перекрестного субсидирования, что стало одной из причин строительства на промышленных предприятиях собственных котельных и миниТЭЦ в зоне действия крупных промышленно-отопительных ТЭЦ;
- изменением структуры суточной тепловой нагрузки.

Снижение промышленной тепловой нагрузки вызвало увеличение влияния на график отпуска теплоты от станции нагрузки коммунально-бытового сектора. Изменение структуры тепловых нагрузок для большинства станций довольно существенно. Например, для Минской ТЭЦ-4 (МТЭЦ-4) нагрузка коммунально-бытового сектора с 55 % в 1980 г. возросла до 85 % в 2005 г. (табл. 1). При этом 40 % этой нагрузки составляет

нагрузка горячего водоснабжения (ГВС), которая имеет резко выраженную неравномерность в течение суток.

Таблица 1

Присоединенная тепловая нагрузка МТЭЦ-4

Источник теплоты (зона МТЭЦ-4)	Жилищно-коммунальный сектор, Гкал/ч			Промышленный сектор, Гкал/ч			Итого, Гкал/ч
	$Q_{от}$	$Q_{вент}$	$Q_{ГВС}$	$Q_{от}$	$Q_{вент}$	$Q_{ГВС}$	
ТЭЦ-4 (ТМ-61)	306,19	54,97	280,01	33,28	20,9	4,33	699,68
Пиковая котельная «Орловская»	262,01	56,81	201,08	15,44	31,6	4,43	571,37
Пиковая котельная «Харьковская»	407,46	145,04	289,74	76,77	84,66	19,24	1022,91
Пиковая котельная «Масюковщина»	216,72	43,35	173,83	34,31	67,04	15,54	550,79
Пиковая котельная «Курасовщина»	246,14	53,24	199,44	18,75	33,77	8,46	559,8
Пиковая котельная «Западная»	105,9	19,58	89,57	18,13	99,27	12,17	344,62
Итого	1544,42	372,99	1233,67	196,68	337,24	64,17	3749,17

В системах централизованного теплоснабжения (СЦТ), как правило, применяется многоступенчатое регулирование отпуска теплоты: центральное, групповое, местное и индивидуальное [1]. Индивидуальное регулирование при массовых застройках жилого сектора в период становления и развития СЦТ распространения не получило, так как было связано со значительными затратами на установку регуляторов. В настоящее время оно в полной мере не выполняется из-за необходимости реконструкции действующих теплопотребляющих установок. Поэтому регулирование отпуска осуществляется в две ступени: центральное, групповое или местное. При автоматизации низшей ступени регулирования (ЦТП, ИТП) источник теплоты должен неукоснительно выдерживать проектные гидравлический и тепловой графики. Другими словами, источник должен обеспечить наличие достаточности регулируемых параметров (температуры прямой сетевой воды и перепада давлений) для каждой автоматизированной ступени регулирования. В противном случае установка автоматических регуляторов становится бессмысленной.

Существуют три способа центрального регулирования отпуска тепловой энергии [1]: качественный, заключающийся в регулировании отпуска теплоты за счет изменения температуры теплоносителя при сохранении постоянным его расхода; количественный, заключающийся в регулировании отпуска теплоты путем изменения расхода теплоносителя при постоянной температуре, и качественно-количественный, заключающийся в регулировании отпуска теплоты посредством одновременного изменения расхода и температуры теплоносителя.

При развитии СЦТ в бывшем Советском Союзе был принят качественный способ регулирования отпуска тепловой энергии, который обеспечивал стабильность гидравлического режима трубопроводной сети и возможность подключения абонентов по наиболее простой и недорогой зависимой

схеме с элеватором. К основным недостатками данного режима регулирования отпуска теплоты относятся:

- «перетопы» потребителей при температурах наружного воздуха выше точки «излома» температурного графика в случаях подключения разнородной тепловой нагрузки (для климатических условий г. Минска суммарная годовая продолжительность среднесуточных температур наружного воздуха от температуры выше точки «излома» температурного графика составляет около половины продолжительности всего отопительного периода);

- большой расход электроэнергии на транспорт теплоносителя. При существующем режиме центрального регулирования количество отпущенной теплоты регулируется температурой прямой сетевой воды, а расход теплоносителя в течение отопительного периода постоянен (при расчете отопительного графика по чисто отопительной нагрузке). Необходимое давление на коллекторе теплоисточника поддерживается путем дросселирования;

- сложность работы нескольких теплоисточников на одну тепловую сеть из-за их различного гидравлического режима.

Реализация качественно-количественного способа регулирования тепловой энергии позволяет частично уменьшить недостатки, присущие качественному способу, однако его реализация возможна только при полной автоматизации теплоснабжения.

К преимуществам перехода на количественно-качественное регулирование отпуска тепловой энергии следует отнести [2]:

- увеличение выработки электроэнергии на тепловом потреблении за счет понижения температуры обратной сетевой воды;
- возможность применения недорогих методов обработки подпиточной воды;
- экономию электроэнергии на перекачку сетевой воды за счет ограничения времени работы теплосети с максимальным расходом сетевой воды;
- улучшение показателей по режиму работы систем отопления.

Данные недочеты существующего режима отмечены давно. В [3] утверждается, что «исторически сложившиеся решения не позволяют без изменения технологии сделать управление маневренным и гибким, применить то или иное рациональное экономически оправданное решение по автоматизации» СЦТ.

В настоящее время большинство источников теплоты в СЦТ Республики Беларусь, изначально спроектированных для работы по качественному способу регулирования тепловой нагрузки, вынуждены работать при качественно-качественном режиме.

Это произошло после внедрения (на индивидуальных и центральных тепловых пунктах) систем автоматического регулирования отпуска тепловой энергии. Внедрение средств АСУ ТП позволило наиболее полно реализовать преимущества централизованного теплоснабжения и сократить суммарный расход топлива на нужды теплоснабжения, но одновременно привело к возникновению ряда системных проблем, в первую очередь связанных с колебаниями значений расхода сетевой воды на источниках теплоснабжения в течение суток. Эти колебания наиболее значительны в ме-

жотопительный и переходной период, когда из-за снижения отопительной составляющей тепловой нагрузки наиболее сильно проявляется неравномерность суточных графиков тепловой нагрузки. На значение коэффициента неравномерности графиков влияют соотношение нагрузок горячего водоснабжения и отопления, а также уровень автоматизации абонентских вводов. Наиболее явно неравномерность проявляется в летний период, когда тепловая нагрузка источника определяется только нагрузкой ГВС, которая, как видно из типовых графиков изменения расхода сетевой воды в ТМ-61 на МТЭЦ-4 (рис. 1), изменяется от 100 (максимум) до 25 % (ночное время).

Таким образом, режимы работы систем централизованного теплоснабжения в условиях автоматизации потребителей далеки от расчетных, что обуславливает снижение экономичности работы оборудования теплоисточников и надежности теплоснабжения. Так, в настоящее время на МТЭЦ-4 в летний период персонал вынужден отключать один из сетевых насосов второй очереди (для прохождения ночных минимумов) с последующим пуском в момент утреннего возрастания теплопотребления. Частый пуск/останов насосного агрегата номинальной мощностью 3150 кВт, кроме значительного износа двигателя электропривода, приводит к скачкам нагрузки электропотребления и уменьшает надежность работы всего теплофикационного комплекса из-за возможности возникновения значительных гидравлических ударов.

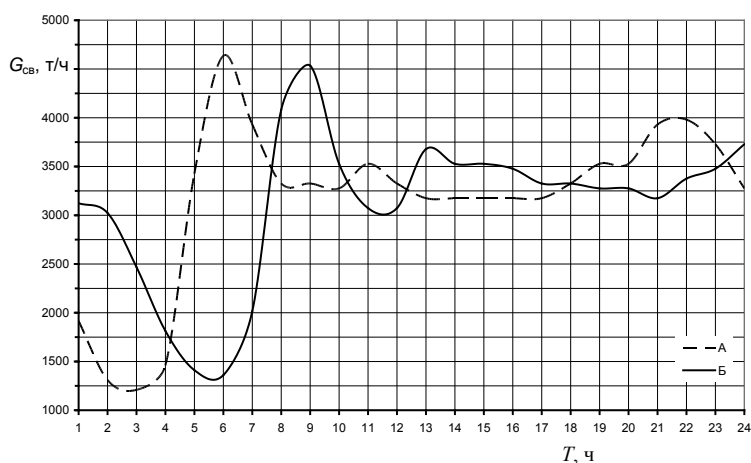


Рис. 1. Тренд значений расхода сетевой воды по ТМ-61 МТЭЦ-4 за 17.06.05 (линия А – будний день) и 20.06.05 (линия Б – выходной день)

Очевидно, что для более рационального и экономного покрытия графиков тепловой нагрузки следует переходить на реализацию на теплоэлектроцентралях способа центрального качественно-количественного режима отпуска теплоты с оптимизацией температурного графика непосредственно для каждой системы.

В качестве примера можно назвать СЦТ в странах Северной Европы (Дания, Финляндия, Швеция, Германия и др.), а также последние разработки автоматизированных систем управления на СЦТ от районных котельных, выполненных в последние годы в Беларуси и России [4, 5]. Повсеместно

стная автоматизация всех потребителей теплоты позволила отказаться от качественного метода центрального регулирования на источнике теплоты, снизить температуру прямой сетевой воды до 110–120 °С и обеспечить возможность работы нескольких источников теплоты на единую сеть.

Температура воды в подающем трубопроводе тепловых сетей меняется в зависимости от температуры наружного воздуха, как правило, ступенями: 120–100–80 °С или 100–85–70 °С. Однако есть и более частое дискретное регулирование, например температурный график г. Дрездена (Германия) состоит из семи ступеней [6] (рис. 2). Внутри каждой ступени в зависимости от изменения нагрузки и наружной температуры меняется расход циркулирующего теплоносителя, что зависит от величины перепада давлений между подающим и обратным трубопроводами. Если перепад давлений ниже заданного значения, то на станциях включаются последующие теплогенерирующие и насосные установки. В течение всего периода температура обратной сетевой воды $t_{oc} = 60$ °С (для данного графика).

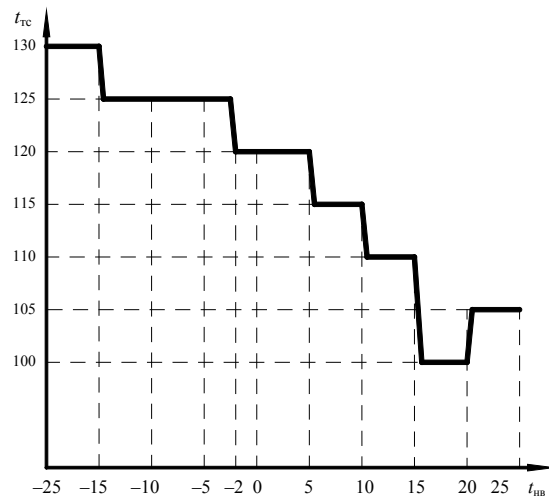


Рис. 2. Температурный график (г. Дрезден, Германия) [6]

Но во многих случаях она не лимитируется, однако теплосъем в теплопотребляющих установках должен быть не менее 40 °С, что гарантируется путем использования стимулирующих тарифов [7, 8]. Повышение температуры прямой сетевой воды до 105 °С в летний период обусловлено требованиями к работе адсорбционных холодильных машин, установленных в системах кондиционирования. Для привода данных машин используется горячая вода из теплосети, что позволяет повысить экономичность работы основного оборудования ТЭЦ за счет компенсации летнего уменьшения тепловой нагрузки ТЭЦ и снижения потребления электроэнергии на децентрализованное холодоснабжение.

Необходимо учесть, что уменьшение удельного расхода теплоносителя за счет снижения температуры обратной сетевой воды (европейская практика) создает предпосылки для использования тепловых насосов и низкотемпературных источников теплоты и повышает удельную выработку электрической энергии на тепловом потреблении [9]. На постсоветском пространстве уклон делался на повышение температуры прямой сетевой

воды, что приводило к снижению капитальных затрат на СЦТ из-за уменьшения диаметров трубопроводов [10]. Однако существующая стоимость и прогнозируемый рост цен на топливо, а также переход к использованию местных видов топлива требует пересмотра оптимальных термодинамических и конструктивных параметров в СЦТ.

Для перехода на количественно-качественный режим отпуска теплоты в существующих системах теплоснабжения необходимо разработать комплексную программу реконструкции применительно к каждой зоне теплоснабжения, включая все элементы СЦТ (источник теплоты, пиковый источник теплоты, распределительные и магистральные тепловые сети, ЦТП, ИТП).

Комплексная программа должна включать в себя:

- разработку технических решений, связанных как с заменой (или установкой нового) технологического оборудования на всех элементах СЦТ;
- разработку тепловых и гидравлических режимов для всех элементов СЦТ с учетом переменного расхода воды в тепловых сетях;
- создание распределенной автоматизированной системы управления СЦТ (РАСУ СЦТ), которая должна выполнять следующие функции:
 - осуществление централизованного регулирования температур теплоносителя в подающих трубопроводах тепломагистралей на выходе из теплоисточников по температурам наружного воздуха с учетом скорости ветра и инерционности системы теплоснабжения;
 - централизованное функциональное управление гидравлическими режимами теплоисточников, магистральных тепловых сетей с учетом суточных и сезонных изменений расходов сетевой воды корректировкой по фактическим гидравлическим режимам в квартальных сетях;
 - сбор и архивирование данных о тепловых и гидравлических режимах работы элементов СЦТ;
 - создание эффективной системы защиты оборудования тепловых сетей от повышения давления и гидравлических ударов.

ВЫВОД

Проведенные исследования и практика реализации количественно-качественного метода регулирования отпуска тепловой энергии в СЦТ малой и средней мощности позволяют сделать вывод о необходимости перевода на этот режим городские теплоэлектроцентрали большой мощности, что позволит повысить качество теплоснабжения и достичь значительной экономии ТЭР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
2. Ротов, П. В. Исследование и разработка технологий центрального регулирования нагрузки открытых систем теплоснабжения на ТЭЦ: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.14.14; 05.14.14 / П. В. Ротов; УлГТУ. – Ульяновск, 2002. – 16 с.
3. Монахов, Г. В. Моделирование управления режимами тепловых сетей / Г. В. Монахов, Ю. А. Войтинская. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 224 с.

4. P e r, R i m m e r. A remarkable district heating system / Per Rimmer // New of DHDB. – 2003. – № 2. – P. 51–55.
5. С е д н и н, В. А. Теория и практика создания автоматизированных систем управления теплоснабжением / В. А. Седнин. – Минск.: БНТУ. – 2005. – 192 с.
6. С е м е н о в, В. Г. Теплоснабжение городов Пекин – Дрезден – Таллинн / В. Г. Семенов // Новости теплоснабжения. – 2004. – № 9. – С. 47–54.
7. L a r s, G u l l e v. Introduction of incentive tariffs – a benefit for the environment / Lars Gullev // New of DBDH. – 2005. – № 1. – P. 12–14.
8. H a n s, B j o r k. From Greenfield to a new district heating system / Hans Bjork, Erik Steen // New of DBDH. – 2005. – № 1. – P. 18–21.
9. F l e m m i n g, U l b j e r g. Low temperature heat sources / Flemming Ulbjerg // New of DBDH. – 2003. – № 2.
10. П и к, М. М. Выбор температурного графика регулирования отпуска тепла в системах централизованного теплоснабжения / М. М. Пик, И. А. Смирнов, Р. Л. Ермаков // Теплоэнергетика. – 1974. – № 11. – С. 16–21.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 28.12.2006

УДК 536.46: 621.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ ГОРЕНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

Канд. техн. наук АССАД М. С.

Барановичский государственный университет

Энергоэкологические показатели двигателя внутреннего сгорания существенно зависят от вида применяемого топлива. Сгорание смеси топлива с окислителем (кислородом воздуха) является главным процессом рабочего цикла в двигателе внутреннего сгорания, в котором осуществляется преобразование химической энергии топлива в теплоту, а затем в механическую работу (в процессе расширения). Развитие процесса сгорания топлива определяется скоростями химических реакций и условиями тепло- и массопереноса горячей смеси. При горении топлива происходят качественные (по составу) и количественные (по объему) изменения. Эти изменения топлива определяют термодинамическое состояние рабочего тела в цилиндре в конце процесса сгорания и, следовательно, влияют на основные показатели двигателя в целом.

Возможность использования альтернативных моторных топлив в двигателях требует всестороннего исследования процессов их сгорания. Объективно оценить эти процессы можно путем экспериментальных исследований и анализа термодинамических параметров рабочего тела на различных стадиях горения.

Цель данной работы – оценка термодинамических характеристик горения альтернативных моторных топлив (на примере водорода) и влияния температурного градиента (Махе-эффекта) на протекание этого процесса.