

УДК 621.486

**ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В СЕТИ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
LOWERING THE TEMPERATURE OF THE COOLANT IN THE CENTRAL  
HEATING NETWORK**

А.А. Казак, И.С. Евсиевич

Научный руководитель – С.И. Ракевич, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

rakevich95@tut.by

A. Kazak, I. Evsievich

Supervisor – S. Rakevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** В работе рассмотрен способ понижения температуры теплоносителя в сетях централизованного теплоснабжения в целях снижения потерь тепла.*

***Abstract:** The paper considers a method for reducing the temperature of the heat carrier in district heating networks in order to reduce heat loss.*

***Ключевые слова:** централизованное теплоснабжение, сетевая вода, экономия тепла, управление, снижение температуры.*

***Keywords:** district heating, network water, heat saving, management, temperature reduction.*

### **Введение**

Централизованное теплоснабжение – это хорошо зарекомендовавший себя процесс распределения тепла для удовлетворения потребностей потребителей в тепле и горячей воде. Поставщик тепла способен удовлетворить потребности потребителей путем разработки и управления распределительной тепловой сети. Централизация производства тепла обычно производится с помощью комбинированных теплоэлектростанций (ТЭЦ) или может быть побочным продуктом промышленных процессов. Основные преимущества централизованного теплоснабжения (ЦТ) заключаются в том, что оно обеспечивает более низкие затраты на отопление в плотных городских районах и способствует снижению воздействия на окружающую среду за счет централизации производства тепла. Централизация производства тепловой и электрической энергии снижает потребность в производстве первичной энергии за счет возможности утилизации избыточного тепла в виде сети центрального теплоснабжения (СЦТ). Возможность снижения температуры подачи в СЦТ позволяет не только значительно снизить выбросы парниковых газов, но и способствовать переходу к интеграции большего количества возобновляемых источников энергии и привести к более устойчивой энергетической системе [3].

### **Основная часть**

В настоящее время большинство установленных сетей централизованного теплоснабжения относятся к категории ЦТ третьего поколения. Первое и вто-

рое поколения централизованного теплоснабжения базировались на сетях с высокой температурой и давлением, что впоследствии привело к более высоким потерям. Для ЦТ третьего поколения типичные температуры подачи и возврата составляют приблизительно 80 – 110 °С и 40 – 50 °С соответственно [4]. Движущая сила замены ископаемого топлива с высоким содержанием энергии на биотопливо с более низким содержанием энергии больше не ограничивает температурные границы в СЦТ. При указанных выше уровнях температуры можно удовлетворить потребности заказчика и повысить эффективность системы ЦТ, работая на нижнем конце указанных границ. Прогрессия в сторону более низких температур распределения имеет способность снижать потери в сети и известна как централизованное теплоснабжение четвертого поколения (4ЦТ). Основная философия 4ЦТ заключается в том, чтобы иметь возможность достичь среднегодовых значений 50 °С в линии снабжения и 20 °С в обратном направлении [2]. Однако такой подход, с точки зрения сети, может означать, что существующая инфраструктура нуждается в обновлении, что потребует финансовых вложений от поставщика тепла [3]. Но существует потенциал постепенного снижения температуры в сети центрального теплоснабжения. С помощью серии тематических исследований постепенно снижают температуру подачи с 80 °С до 55 °С, где траектория снижения температуры достижима при текущей структуре сети. Обнаружено, что можно получить более высокую экономию тепла, снизив температурную нагрузку сети, при минимальном увеличении годового потребления энергии насоса. Постепенное прогрессирование снижения температуры подачи имеет важное значение, поскольку существующие здания в настоящее время рассчитаны на более высокие температурные требования, которые составляют одну треть от общего объема потребляемой энергии во всем мире [1]. Перспективы постепенного снижения температуры подачи могли бы значительно облегчить финансовое бремя реконструкции электросетей. Снижение температуры распределения до уровня 4ЦТ будет основываться на предположении, что подстанции потребителей работают должным образом и что здания соответствуют более высоким энергетическим стандартам. Оба обстоятельства будет трудно преодолеть, когда будут рассмотрены города с существующими сетями, в связи с тем, что нынешняя доля зданий, требующих более высоких температур, как ожидается, составит большую часть спроса на отопление в ближайшие десятилетия [1]. Однако, можно достичь температуры подачи 70 °С и температуры возврата 32 °С в пределах текущих ограничений СЦТ третьего поколения. Кроме того, нет документально подтвержденных исследований СЦТ, показывающих среднюю температуру возврата ниже 30 °С.

Альтернативой высоким инвестиционным затратам, связанным с обновлением инфраструктуры существующих СЦТ, является внедрение более эффективного управления. На практике текущий режим управления основан на знаниях оператора и исторических моделях потребления, основанных на температуре наружного воздуха. Исходя из опыта оператора, они могут нагнетать тепло в сеть до того, как это потребуется, без учета того, как поставляемая нагрузка на самом деле влияет на конечного пользователя. Недостатком такого подхода является то, что даже при удовлетворении требований клиентов температура

возврата в сети будет выше, чем это необходимо. Это означает не только то, что температура питания часто выше необходимой, но и то, что существует большой потенциал для снижения нагрузки на установку ЦТ за счет снижения температуры питания сети. С включением более точного управления подачей и обратной связью температура возврата может регулироваться вблизи заданной точки. Это говорит о том, что заданное значение может быть уменьшено при сохранении потребностей конечного пользователя в тепловом комфорте. Для достижения этой цели модельное прогнозирующее управление (МПУ) может быть использовано для удовлетворения потребностей клиентов и достижения более низких температур возврата в сети. Это достижение представляет большой интерес для теплоснабжающих организаций, поскольку оно потенциально может снизить тепловую нагрузку, т. е. можно было бы снизить пиковую нагрузку производства в холодные месяцы за счет снижения температуры сетевой воды.

#### Осуществление контроля

Целью представленного подхода к управлению является снижение нагрузки СЦТ путем снижения температуры распределения при сохранении более последовательной (более низкой дисперсии) и более низкой температуры возврата. Это достигается путем управления температурой возврата, близкой к заданному значению, с помощью температуры питания сети и массового расхода в качестве исполнительных механизмов, а прогнозирование нагрузки используется в качестве сигнала обратной связи к контроллеру. Подстанции в СЦТ контролируют количество воды, чтобы удовлетворить колебания нагрузки, которые влияют на падение давления в этой части сети. Изменение перепада давления последовательно решается циркуляционными насосами, так как перепад давления и скорость воды непосредственно связаны. Кроме того, с увеличением расхода воды увеличивается и падение давления, поскольку скорость воды пропорциональна квадратному корню из разности давлений. Поэтому, исходя из ранее упомянутой связи, массовый расход в СЦТ можно рассматривать как управляемое действие, связанное с циркуляционными насосами.

Связав разработанный прогностический контроллер модели обратной связи с физической моделью. Обзор выражает потребность в двух явных входных данных: фактическая нагрузка конечного пользователя ( $Q_{\text{требуемое}}$ ) в момент времени  $k + 6$  и фактическая нагрузка ( $Q_{\text{требуемое}}$ ) в момент времени  $k$  используются в качестве измеримого возмущения (рисунок 1).

Выходными сигналами от прогнозируемо управляемой модели являются массовый расход и температура подачи от ТЭЦ. Эти сигналы используются в качестве входных данных в физическую модель, которая затем вычисляет распространение тепла в сети. В момент времени  $k + 6$  фактическая потребность в тепле вводится в физическую модель для расчета температуры возврата в ТЭЦ, которая является представляющим интерес управляющим сигналом. Погрешность, возникающая между результирующей температурой возврата и требуемой температурой, оценивается внутренней моделью. В момент времени  $k$  модельно прогностический контроль (МПК) использует внутреннюю модель и сигнал обратной связи для прогнозирования траекто-

рии будущих входов и выходов, где он пытается минимизировать ошибку за горизонтом прогнозирования. МПК применяет только первый шаг в оптимальной последовательности к физической модели, чтобы достичь желаемой температуры возврата. В момент времени  $k + 1$  контроллер получает новую ошибку, горизонт прогнозирования сдвигается вперед, и процесс получения оптимальных ходов управления повторяется.

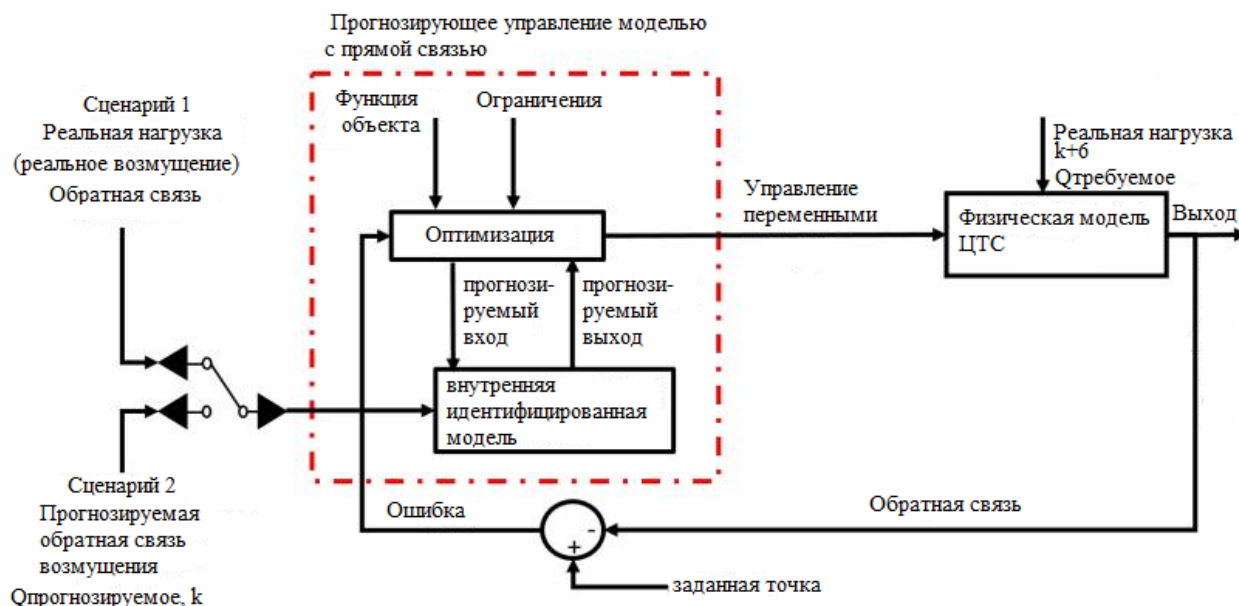


Рисунок 1 – Реализация прогнозирующего управления с прямой связью

### Заключение

Данный подход позволяет увеличить надежность и экономичность сети центрального теплоснабжения за счет снижения температуры теплоносителя. Таким образом, повысив качество управления, не произойдет ухудшение теплоснабжения заказчика.

### Литература

1. Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: Учебник для вузов / А.А. Калмаков [и др.]; под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1986. – 479 с.
2. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: Учебник для студентов вузов / Г.П. Плетнев. – 4-е изд., стер. – Москва: МЭИ, 2007. – 351 с.
3. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления / С.А. Чистович, В.К. Аверьянов, Ю.Я. Темпель. – Л.: Стройиздат, Ленинград. отделение, 1987. – 248 с.
4. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование / В.В. Пыркв. – К.: Такі справи, 2007. – 252 с.: ил.