УДК 620.9:662.92; 658.264

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА
ПОСТАВЛЯЕМОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЯМ**

Ахметова И.Г.[[1]](#footnote-1)\*, Лапин К.В.[[2]](#footnote-2)\*\*, Ахметов Т.Р.[[3]](#footnote-3)\*\*\*, Бальзамова Е.Ю.[[4]](#footnote-4)\*\*\*\*

**Аннотация**

Предлагается цифровое решение онлайн мониторинга качества поставляемой потребителям тепловой энергии в закрытых системах централизованного теплоснабжения. Предлагаемое решение справедливо для водяных систем теплоснабжения потребителей. Синергетический эффект мониторинга качества тепловой энергии заключается в своевременном выявлении параметров работы трубопроводов тепловых сетей при которых происходит интенсификация факторов внешней коррозии. В статье также затронут вопрос распределения фактических тепловых потерь в действующих системах централизованного теплоснабжения по участкам тепловых сетей.

**Ключевые слова**: теплоснабжение, цифровизация, тепловые сети, надежность, потери тепловой энергии, программный комплекс по определению надежности.

**Введение**

Реалии нынешнего состояния сферы централизованного теплоснабжения потребителей в Российской Федерации являются лейтмотивом для повышения эффективности процесса выработки и транспортировки тепловой энергии. Жесткое государственное регулирование теплоснабжения в части взаимоотношений с потребителями предусматривает экономическую обоснованность применения цен (тарифов) на тепловую энергию с соблюдением качества поставляемой тепловой энергии потребителям.

В рамках сбыта энергетических ресурсов перед теплоснабжающими организациями стоит задача по реализации тепловой энергии, то есть получению денежных средств от потребителя согласно условиям заключенного договора теплоснабжения. Одним из острых вопросов в этом плане для теплоснабжающих организаций является соблюдение качества поставляемой тепловой энергии.

Для этих целей теплоснабжающие организации выполняют мониторинг показателей качества тепловой энергии, так как от параметров качества тепловой энергии зависит размер платы потребителей.

Социальный аспект теплоснабжения также воздействует на государственную политику в сфере продаж коммунальных ресурсов (тепловая энергия на нужды отопления, вентиляции; горячая вода).

Согласно действующего законодательства Российской Федерации стоимость поставленной тепловой энергии потребителю подлежит пересчету в меньшую сторону в случае отклонений фактических параметров качества тепловой энергии от нормированных значений. При этом теплоснабжающая организация обязана выполнить изменение размера платы за коммунальные ресурсы (в т. ч. тепловой энергии) при ненадлежащем качестве ресурса.

Учитывая то, что основной группой потребителей в крупных городах является «Население», потребность в тепловой энергии «Населения» занимает значительную долю от общей потребности потребителей в тепловой энергии. На примере системы централизованного теплоснабжения города Казани (основные теплоснабжающие организации АО «Татэнерго», АО «Казэнерго») можно отметить то, что доля потребителей группы «Население», получающих тепловую энергию от централизованных сетей теплоснабжения, составляет порядка 70%.

Нужно обратить внимание на то, что нормативно-правовое государственное регулирование предусматривает приоритет исполнения жилищного законодательства в сфере ресурсоснабжения и предоставления коммунальных услуг гражданам над законодательством ресурсоснабжения (в частности теплоснабжения).

Несоблюдение со стороны теплоснабжающей организации параметров качества теплоснабжения стоимость фактически поставленной тепловой энергии должна быть уменьшена.

**Требования к соблюдению качества тепловой энергии**

Требования к качеству тепловой энергии и санкции за ненадлежащее качество предусмотрены в Правилами предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов (утверждены Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 №354).

 Рассмотрим требования к качеству тепловой энергии для нужд отопления по показателю «Обеспечение нормативной температуры воздуха в жилых помещениях» применительно к в многоквартирным домам республики Татарстан.

Нормы отклонения качества тепловой энергии и санкции к теплоснабжающей организации в отношении вышеуказанного показателя отражены в таблице 1.

Таблица1. Нормы отклонения показателя качества тепловой энергии и санкции.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель качества | Норма отклонения | Санкция за ненадлежащее качество |
| Обеспечение нормативной температуры воздуха:- в жилых помещениях - не ниже +20 °C (в угловых комнатах - +22 °C); | допустимое превышение нормативной температуры - не более 4 °C;допустимое снижение нормативной температуры в ночное время суток (от 0.00 до 5.00 часов) - не более 3 °C;снижение температуры воздуха в жилом помещении в дневное время (от 5.00 до 0.00 часов) не допускается | за каждый час отклонения температуры воздуха в жилом помещении суммарно в течение расчетного периода, в котором произошло указанное отклонение, размер платы за коммунальную услугу за такой расчетный период снижается на 0,15 процента размера платы, определенного за такой расчетный период за каждый градус отклонения температуры |

По показателю качества «Обеспечение нормативной температуры воздуха в жилых помещениях» формула перерасчета платежей потребителей в случае нарушения качества выглядит следующим образом:

$P=n\_{1}\*n\_{2}\*0,15$,% (1)

где: P – величина пересчёта, в % от размера платы коммунальной услуги отопления за расчетный период (месяц);

$n\_{1}$ – отклонение температуры воздуха в жилом помещении от нормы в градусах Цельсия;

$n\_{2}$ – количество часов, в которые зафиксировано отклонение температуры воздуха в помещении (суммарно в течение расчетного периода).

Линейная зависимость величины пересчета платежей потребителей от времени несоблюдения качества тепловой энергии для нужд отопления при разных температурах воздуха в помещении показана на рис.1

Из рис.1 можно сделать вывод о том, что даже незначительное отклонение фактического качества тепловой энергии от нормативного приводит к значительному перерасчёту.

Например, отклонение температуры воздуха в помещении многоквартирного дома на 3°С (при 17°С внутри помещения) в течение пяти суток, отклонение температуры воздуха на 5°С в течение трех суток приводят к снижению платежа за месяц на 54%.

Рис.1 – Графики зависимости величины пересчета платежей потребителей от времени и степени несоблюдения качества тепловой энергии для нужд отопления

**Актуальность цифровых технологий мониторинга**

Вышеизложенные негативные последствия для теплоснабжающей организации указывают на необходимость внедрения цифровых технологий мониторинга качества поставляемой тепловой энергии потребителям.

В процессе транспортировки теплоносителя от источника тепловой энергии до объекта теплоснабжения потребителей неизбежно возникают технологические потери тепловой энергии, вследствие чего происходит снижение температуры теплоносителя.

Это обусловлено тем, что несоблюдение качества подаваемой потребителям тепловой энергии, как правило, происходит либо в системе централизованного теплоснабжения, когда на источнике тепловой энергии не соблюдается температурный график подачи теплоносителя; либо в конкретном районе объектов теплоснабжения из-за отклонений условий работы участков тепловых сетей от нормативных или из-за повышенного износа теплосети.

Как отмечено в [2], ежегодно количество тепловых сетей с превышенным нормативного срока эксплуатации растет на 3,6%, количество аварийных ситуаций на магистральных тепловых сетях в течение отопительного периода 2014-2015 гг. увеличилось на 16 % по сравнению отопительным периодом 2013-2014 гг. При этом количество не отражаемых данной статистикой более мелких, локальных нарушений в распределительных тепловых сетях, на порядки выше.

В плане снижения температуры теплоносителя наиболее значимой причиной является нарушение покровного слоя тепловой изоляции трубопроводов, а также нахождение трубопроводов тепловых сетей в сильно увлажненной среде или запросто в воде (например, при затоплении канала или подъеме грунтовых вод выше залегания трубопроводов, проложенных бесканальным способом).

Применение цифровых технологий мониторинга качества поставляемой тепловой энергии потребителям позволяет:

- оперативно реагировать и устранять причины нарушения норм качества тепловой энергии;

- исключить уменьшение размера платы для потребителя;

- исключить сверхнормативные потери тепловой энергии в сетях в случае снижения качества тепловой энергии из-за нарушения нормативных условий эксплуатации тепловых сетей либо ухудшения теплоизоляционных свойств сети (синергетический эффект).

**Цифровые технологии мониторинга**

Современное состояние технической базы в сфере цифровых технологий позволяет обеспечить на предприятии эффективный мониторинга качества поставляемой тепловой энергии потребителям в режиме онлайн.

Способы получения данных для цифрового мониторинга:

1. Непосредственный дистанционный сбор показаний приборов учета источников тепловой энергии, в тепловых камерах узловых точек теплосети и потребителей;
2. Опосредованный дистанционный сбор показаний приборов учета с сервера оператора коммерческого учета (в городах присутствия сторонних операторов коммерческого учета).

Суть применения цифровых технологий мониторинга качества тепловой энергии заключается в получении данных о фактических параметрах теплоносителя в конкретных точках теплосети, сравнение этих данных с нормативными параметрами, выявление «проблемных» участков тепловых сетей, где температура теплоносителя ниже допустимых значений. Онлайн режим получения данных при этом является ключевым условием для своевременного выявления нарушений качества тепловой энергии, и реагирования персонала теплоснабжающей организации для устранения причины нарушения качества.

Синергетический эффект мониторинга качества тепловой энергии заключается в своевременном выявлении сверхнормативных потерь тепловой энергии в трубопроводах как причины нарушения качества, параметров работы трубопроводов тепловых сетей при которых происходит интенсификация факторов внешней коррозии.

На примере работы тепловых сетей по температурному графику 135/65°С, температура теплоносителя в конце участка тепловой сети при нормативной величине тепловых потерь составляет:

$t\_{к}=t\_{тн}^{ф}-Q\_{пот}^{max}\*\frac{0,1686+0,00615\*t\_{тн}^{ф}}{с\*G}\pm ∆t\_{н}^{τ}$ (2)

где  - фактическая температура теплоносителя в начале участка в текущий момент времени, °С.

 - расчетная максимальная величина тепловых потерь по участку тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха на отопление, принимаемая по расчету в соответствии с [5], Гкал/ч;

с – удельная теплоёмкость теплоносителя, ккал/(кг·°C);

 - расчетный расход теплоносителя на участке тепловой сети, т/ч

 - разница температур теплоносителя в начале участка с учетом времени прохождения температурной волны, °С.

**Элементы системы мониторинга**

Каждый объект системы мониторинга, оснащенный приборами учета, является контрольной точкой мониторинга. Каждая контрольная точка одновременно является базовой точкой для следующей по ходу движения теплоносителя контрольной точки.

В каждой контрольной точке фиксируются фактические и нормативные параметры качества тепловой энергии, а также время фиксации параметра. Контрольные точки соединяются между собой линиями тепловых сетей применительно к фактической схеме работы теплосети. Отправной точкой для мониторинга является время отсчета, которое выбирается пользователем системы мониторинга. Для исключения влияния тепловых нагрузок систем горячего водоснабжения потребителей на сходимость результатов расчета нормативной температуры теплоносителя рекомендуется использовать часы наименьшего водоразбора горячей воды (с 02:00 до 05:00).

Одним из количественных показателей цифрового мониторинга качества тепловой энергии является удельное количество расчетов отклонений фактической температуры теплоносителя от нормативного значения на вводе теплосети по объектам теплопотребления потребителей, охваченным системой мониторинга.

Например, в городе Казань в системе теплоснабжения АО «Татэнерго» сосредоточено более 7-ми тысяч объектов потребителей. В случае достаточности расчета температурного поля (отклонений температур) один раз в сутки, в динамике за отопительный период (210 суток) цифровая система мониторинга выполнит порядка 1,5 млн. расчетов отклонений, что было бы невозможно выполнить штатному персоналу, в обязанности которого входит контроль качества поставляемой тепловой энергии потребителям.

С точки зрения оптимального количества измерительных устройств для проведения мониторинга необходимо отметить следующее:

1. достаточность измерения только лишь температуры теплоносителя (наиболее значимый показатель качества транспорта тепловой энергии и низкая стоимость внедрения);
2. средства измерения температуры теплоносителя на выводах источников тепловой энергии и у потребителя уже установлены;
3. средства измерения температуры теплоносителя на линии теплосети устанавливаются в доступных элементах (павильоны, тепловые камеры, узловые точки с врезками трубопроводов в магистральные и квартальные сети). Таким образом, количество средств измерений, необходимых к установке для цифрового мониторинга, зависит от количества элементов теплосети, где размещается и обслуживается тепломеханическое оборудование и трубопроводная арматура (в месте, защищенном от негативного воздействия факторов окружающей среды).

Срок окупаемости внедрения цифровых технологий мониторинга качества тепловой энергии зависит от следующего:

А) стоимость установки необходимых средств измерений, оборудования дистанционной передачи показаний средств измерений (капитальные затраты);

Б) стоимость сверхнормативных потерь тепловой энергии на участках трубопроводов, которые могут быть выявлены при использовании цифровой системы мониторинга;

В) срок ликвидации сверхнормативных потерь тепловой энергии путем восстановления нормативных энергетических характеристик теплосети (время реагирования менеджмента компании и достаточность тарифных источников для выполнения технических мероприятий).

Схематично визуализация цифрового мониторинга представлена на рисунке 2.

**Время 03:00**

**Тф=86,2°С**

**Тн=86,1°С**

**Потребитель 1**

**Источник тепловой энергии**

**Tфакт=91°С**

**Тф=87,2°С**

**Тн=86,9°С**

**Тф=88,4°С**

**Тн=88,6°С**

**Время 09:22**

**Тф=90,8°С**

**Тн=90,8°С**

**ТК1**

**ТК3**

**Потребитель 2**

**ТК5**

**Тф=86,4°С**

**Тн=86,2°С**

**Время 06:40**

**Тф=87,7°С**

**Тн=87,9°С**

**ТК2**

**Потребитель 3**

**Потребитель 5**

**Тф=87,0°С**

**Тн=86,2°С**

**Тф=84,2°С**

**Тн=86,3°С**

**Потребитель 4**

**Тф=85,8°С**

**Тн=86,4°С**

**Время 09:50**

Рис.2. Визуализация цифрового мониторинга.

На рис. 2 показаны контрольные точки системы цифрового мониторинга. Из рисунка видно то, что Потребители 4 и 5 в момент времени 09:50 часов находятся в состоянии нарушения качества поставляемой тепловой энергии – температура теплоносителя меньше нормативного значения.

На пути теплоносителя расчетные параметры факта и нормы температуры теплоносителя приведены с учетом времени прохождения температурной волы. Температура теплоносителя в ТК2 в 06:40 часов соответствует нормативным показателям по отношению к ТК1. Следовательно, на участке тепловой сети от ТК2 до Потребителей 4 и 5 происходит снижение температуры теплоносителя ниже нормативных значений. В этом случае задача реагирования для теплоснабжающей организации состоит в восстановлении нормативных значений эксплуатации участка тепловой сети (восстановление нормального устройства слоя теплоизоляции, откачивание воды из канала залегания трубопроводов).

**Заключение**

Исходя из описанного процесса мониторинга точек тепловой сети в онлайн режиме предлагаемое решение может быть реализовано только путем программного обеспечения, в котором заложены контрольные точки теплосети, фактические и нормативные температуры теплоносителя в этих точках с учетом времени прохождения теплоносителя по трубопроводам, а также инструменты фиксации ненормативных состояний в отношении качества тепловой энергии по конкретным потребителям.

Использование вышеописанных цифровых технологий мониторинга качества тепловой энергии позволит теплоснабжающим, теплосетевым организациям обеспечить постоянные наблюдения за параметрами тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения и получить результаты, которые служат обоснованием управленческих решений по обеспечению надлежащего качества тепловой энергии. При этом цифровой мониторинг также решает задачу контроля распределения фактических потерь тепловой энергии по участкам теплосети и позволяет фиксировать контрольные точки, где по данным цифрового мониторинга имеются сверхнормативные потери тепловой энергии, вследствие которых темп снижения температуры теплоносителя по ходу от источника к потребителю превышает нормативное значение.

**Литература**

1. Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов, утверждены Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 №354.
2. Отчет «О ситуации с теплоснабжением в РФ», Фонд энергетического развития, <http://www.energosovet.ru/stat880.html>. 2016.
3. Методические вопросы исследования надежности больших

систем энергетики: Вып. 70 Методические и практические проблемы надежности систем энергетики. В 2-х книгах. / Книга 1, с.125 / отв. ред. Н.И. Воропай. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2019, 371 c.

4. Николаенко Р. А., Ермоленко М. В., Степанова О. А. Влияние увлажнения тепловой изоляции на величину тепловых потерь тепловых сетей // Молодой ученый. 2014. №6. С. 207-210. URL https://moluch.ru/archive/65/10655/ (дата обращения: 21.09.2019).

5. Приказ Минэнерго России от 30.12.2008 N 325 «Об утверждении порядка определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя».

1. \* Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Республика Татарстан, Россия, e-mail: irina\_akhmetova@mail.ru [↑](#footnote-ref-1)
2. \*\* АО «Татэнерго», г. Казань, Республика Татарстан, Россия, e-mail: lapinkv@tatenergo.ru [↑](#footnote-ref-2)
3. \*\*\* АО «Казэнерго», г. Казань, Республика Татарстан, Россия, e-mail:
 timurnaladka@mail.ru [↑](#footnote-ref-3)
4. \*\*\*\* Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Республика Татарстан, Россия, e-mail: balzamova@mail.ru [↑](#footnote-ref-4)