

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Савченко А.В., Кравченко Е.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: sawchenko.aleks@yandex.ru

Задачей систем теплоснабжения является обеспечение требуемых параметров у потребителей, при которых достигаются комфортные условия жизни людей. Аварийные отказы нарушают теплоснабжение жилых и общественных зданий, что может стать следствием чрезвычайных ситуаций [1–4].

Свойство системы централизованного теплоснабжения (СЦТ) обеспечивать потребителей в течение заданного времени теплом, называется надежностью [1, 4].

Надежность СЦТ определяется тремя критериями: вероятность безотказной работы, коэффициентами готовности и живучести. В данной статье будет рассмотрена только вероятность безотказной работы (ВБР) – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказа не возникнет. В соответствии с [3] расчет надежности теплоснабжения должен производиться для каждого потребителя, при этом минимально допустимые показатели вероятности безотказной работы следует принимать для тепловых сетей $P_{тс} = 0,9$.

В методике [2] учтены только ВБР теплопроводов, при этом коррозия действует не только на трубы, но и на элементы теплосетей, такие как задвижки, вентили, грязевики. Учет интенсивности отказов этого оборудования может привести к существенным отличиям ВБР системы от рассчитанной по методике [2].

К отказам приводят следующие повреждения элементов тепловых сетей:

- 1) трубопроводов: сквозные коррозионные повреждения труб; разрывы сварных швов;
- 2) задвижек: коррозия корпуса или байпаса задвижки; искривление или падение дисков; неплотность фланцевых соединений; засоры, приводящие к негерметичности отключения участков;
- 3) сальниковых компенсаторов: коррозия стакана; выход и строя грундбуксы.

Целью данной статьи является оценка надежности тепловой сети при расчете вероятности безотказной работы с учетом основных значимых факторов.

В соответствии с [2] расчет вероятности безотказной работы тепловой сети определяется по следующей формуле:

$$P_C = \prod_{i=1}^N P_i = e^{-\lambda_1 L_1 t} \cdot e^{-\lambda_2 L_2 t} \cdot \dots \cdot e^{-\lambda_n L_n t} = e^{-t \sum \lambda_i L_i}, \quad (1)$$

где λ_i – интенсивность отказов i -ого участка, 1/час·км; t – время работы, ч; L_i – длина i -ого участка, км.

Такой расчет приводит к тому, что учитываются повреждения только на теплопроводах. Однако тепловая сеть состоит не только из труб, но и других элементов тепловых сетей, таких как ответвления с задвижками, компенсаторы, неподвижные опоры и опуски труб, которые находятся в подземных строительных сооружениях – тепловых камерах.

В связи с этим методику [2] можно модифицировать. Как известно, ВБР элемента тепловой сети определяется по формуле:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где λ – интенсивность отказов, 1/час; t – время эксплуатации, час.

Для задвижки формула (2) преобразуется в:

$$P_{\text{задв}} = e^{-\lambda_{\text{задв}} t}, \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{задв}}$ – интенсивность отказов задвижки.

Так как в данной работе рассматриваются не резервируемые системы, то отказ какого-либо элемента приводит к отказу всей системы, следовательно, для системы такой коэффициент рассчитывается как произведение вероятностей его элементов.

Тогда полная ВБР системы согласно (1) и (3) будет равна:

$$P'_c(t) = e^{-t \sum \lambda_i L_i} \times (e^{-\lambda_{\text{задв}} t})^n, \quad (4)$$

где n – количество задвижек.

В данной работе будут приняты ряд допущений:

- 1) в расчетах будет рассмотрено только влияние задвижек на общую ВБР;
- 2) будет принято, что на каждой тепловой камере стоит только одна задвижка;
- 3) будет принято, что для всех элементов тепловой сети срок эксплуатации одинаков.

В качестве примера расчета показателя надежности рассмотрим существующий участок тепловой сети города Томска (см. рис. 1).

Интенсивность отказов задвижки принималась $2 \cdot 10^{-3}$ 1/год [4].

Зависимости показателей вероятности безотказной работы сети от срока эксплуатации с учетом и без учета задвижек представлены на рисунке 2.

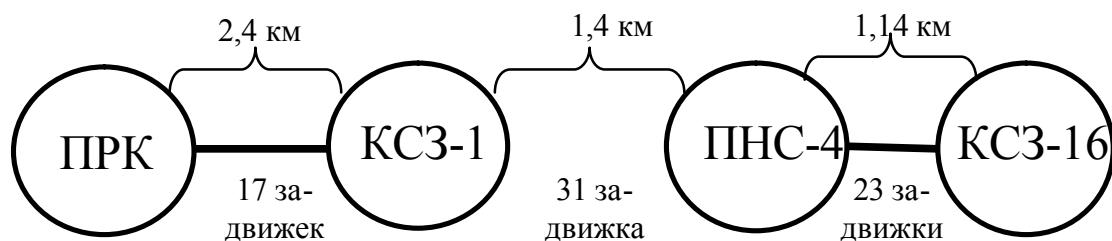


Рис. 1. Участок тепловой сети города Томска

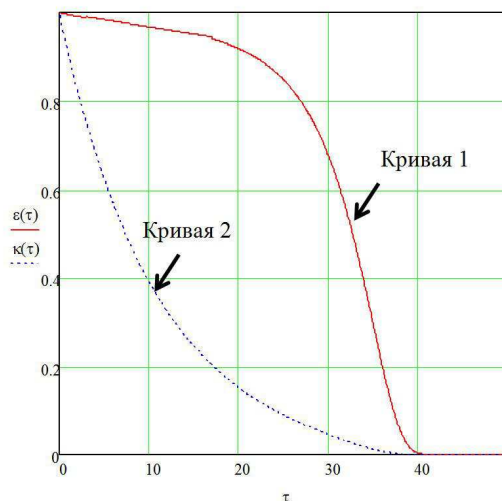


Рис. 2. Вероятность безотказной работы в зависимости от срока эксплуатации, рассчитанная по методике [2] ($\varepsilon(\tau)$) и с учетом задвижек ($\kappa(\tau)$)

На графике, представленном на рисунке 2, видно, что кривую 1 можно разделить на два участка: до 20 лет и после 20 лет. На первом участке с течением времени происходит плавное изменение ВБР примерно на 2–3 % за каждые 5 лет. При сроке эксплуатации 5 лет этот коэффициент равен примерно 0,98, через 20 лет – 0,92. На втором участке с увеличением срока эксплуатации происходит резкое падение значения показателя надежности. За 10 лет (с 20 до 30 лет эксплуатации) вероятность падает с 0,92 до 0,68.

Кривая 2 (см. рис. 2) показывает вероятность безотказной работы системы с учетом интенсивности отказов задвижек. Данная кривая резко убывает на всем рассмотренном сроке эксплуатации. За каждые 5 лет ВБР уменьшается примерно в два раза, уже через 10 лет эксплуатации коэффициент равен всего лишь 0,4.

Расчетные значения подтвердили высказанное ранее предположение о существенном влиянии интенсивности отказов элементов тепловой сети на надежность системы. Такие значительные различия между значениями вероятностей по методике [2] и по предлагаемой методике,

которая учитывает интенсивности отказов задвижек, показывают непродолжительный срок эксплуатации задвижек и необходимость уточнения методики определения ВБР для определения показателей надежности теплоснабжения.

Выводы: 1) Подтвердилось предположение о необходимости учета интенсивностей отказов элементов тепловой сети, таких как задвижек при расчете вероятности безотказной работы. 2) В данной работе были рассмотрены только задвижки, учет других элементов требует дальнейшего рассмотрения. 3) Был рассмотрен небольшой по длине участок теплосети, увеличение длины участка, несомненно, приведет к еще большему различию ВБР, рассчитанной по методике [2] и по предлагаемой методике.

Список литературы:

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 40 с.
2. Методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения. Приказ № 154 Минэнерго России и Минрегион России.
3. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети: нормативно-технический материал. – М., 2004. – 68 с.
4. Теплоснабжение: учебник для высш. учеб. завед. / А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.

УДК 62-519

**ИССЛЕДОВАНИЕ НОМИНАЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С УНИФИЦИРОВАННЫМ
ВЫХОДНЫМ СИГНАЛОМ**

Степанова А.О., Атрошенко Ю.К.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: 04081992ermisinasascha@bk.ru

В основе работы любых температурных датчиков, использующихся в системах автоматического управления, лежит принцип преобразования измеряемой температуры в электрическую величину.

Спай, погружаемый в контролируруемую среду, называется рабочим концом термопары, а второй спай – свободным.

Принцип действия термопар основан на термоэлектрическом эффекте, заключающемся в том, что в замкнутом контуре, состоящем из двух разнородных проводников, течет ток, если места спаев проводников имеют различные температуры. Если взять замкнутый контур, состоящий из разнородных проводников (термоэлектродов), то на их спа-