

## Методика анализа повреждаемости трубопроводов

*О.Н.Лобко, Харьковская национальная академия городского хозяйства*

Современные инженерные системы городского хозяйства и предприятий представляют собой сложный взаимосвязанный комплекс сооружений, трубопроводов и оборудования. Обеспечение нормальной работы этого комплекса является основной задачей специалистов по проектированию, строительству и эксплуатации инженерных систем.

Надежная работа систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) является основой жизнеобеспечения населенных пунктов. Одним из показателей надежности тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения является поток отказов  $л$  (1/кмгод) который определяется из выражения

$$л = n / L \quad (1)$$

где  $л$  – поток отказов, 1/кмгод;  $n$  – количество повреждений трубопроводов, 1/год;  $L$  – суммарная длина трубопроводов, км.

Определение зависимости потока отказов от срока службы теплопроводов необходимо для оценки их надежности, планирования расхода материально-технических и трудовых ресурсов.

В значительной части работ представлен анализ зависимости потока отказов от срока эксплуатации за незначительный период или дается качественный анализ указанного показателя. Определение количества повреждений трубопроводов за весь период эксплуатации тепловых сетей затруднен из-за отсутствия данных, которые не фиксировались за указанный период или утеряны. В последнее время в связи с повышением качества эксплуатации и использования ЭВМ налажен учет повреждений теплопроводов.

В связи с этим предлагается определять зависимость среднего значения потока отказов  $л_{ср}$  от срока службы теплопроводов за весь период эксплуатации. Величина  $л_{ср}$  определяется, как среднее значение для участков теплопроводов, входящих в рассматриваемую систему, которые имели разные сроки ввода в эксплуатацию, и для которых имелись значения количества повреждений за несколько лет.

Анализ повреждаемости теплопроводов для условий, когда имеются данные по срокам ввода в эксплуатацию участков теплопроводов, значения по их повреждаемости за определенный период, который составляет несколько лет от срока эксплуатации можно осуществлять по указанной ниже методике.

С этой целью определяется зависимость среднего значения  $л_{ср}$  от срока эксплуатации. Значение  $л_{ср}$  определяется следующим образом. Рассмотрим тепловую сеть, состоящую из участков трубопроводов, имеющих различные сроки ввода в эксплуатацию и данные по их повреждаемости за определенный период, не совпадающий со всем периодом эксплуатации.

Принятые обозначения:  $i$  – номер участка,  $i=1,m$ ;  $m$  – число участков;  $L_i$  – длина  $i$ -го участка;  $t_i$  – календарный год постройки (сдачи в эксплуатацию)  $i$ -го участка;  $t_1$  – первый календарный год снятия показаний по повреждаемости теплопроводов;  $j$  – порядковый номер года снятия показаний,  $j=1,c$ ;  $c$  – число лет снятия показаний;  $t_j = t_1 + j - 1$  – текущий календарный год снятия показаний по

повреждаемости теплопроводов;  $T_{ki}$  – период эксплуатации  $i$ -го участка от года введения в эксплуатацию (года постройки) до года начала снятия показаний:  $T_{ki} = t_1 - t_i$ ;  $T_{k \min} = \min_{i=1, m} T_{ki}$ ;  $T_{k \max} = \max_{i=1, m} T_{ki}$

$T_k$  – расчетный период эксплуатации:  $T_k = T_{k \min}, T_{k \max}$ ;  $d(x)$  – бинарная функция целочисленного аргумента  $x$ , которая задается равенством

$$d(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = 0 \\ 0, & \text{если } x \neq 0 \end{cases}$$

$$m_k = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^c \delta(T_{ki} + j - T_k - 1);$$

$m_k$  – число участков, на которых сняты показания по повреждениям в  $T_k$ -год эксплуатации, если  $m_k = 0$ , то за  $T_k$  год эксплуатации нет данных по повреждаемости теплопроводов;  $n_{ij}$  – количество отазов на  $i$ -ом участке в  $j$ -ый порядковый год снятия показаний;  $L_i = \frac{n_{ij}}{L_i}$  – плотность (по годам) потока отказов на  $i$ -ом участке за  $j$ -

ый порядковый год снятия показаний;  $L_{cp}(T_k)$  – средняя по всем имеющемуся наблюдениям плотность (по годам) потока отказов за текущий  $T_k$  год эксплуатации:

$$L_{cp}(T_k) = \begin{cases} \text{не определена, если } m_k = 0 \\ \text{(нет наблюдений)} \\ \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^c \delta(T_{ki} + j - T_k - 1) n_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^c \delta(T_{ki} + j - T_k - 1) L_i}, & \text{если } m_k \neq 0 \end{cases}$$

где  $T_k = T_{k \min}, T_{k \max}$ .

При незначительном отличии в длинах участков теплопроводов и условий эксплуатации  $L_{cp}$  можно определять по упрощенной зависимости:

$$L_{cp}(T_k) = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^c \delta(T_{ki} + j - T_k - 1) \cdot n_{ij} / L_i}{m_k}, & \text{если } m_k \neq 0. \end{cases}$$

Таким образом, зная год ввода в эксплуатацию участков теплопроводов тепловой сети и количество повреждений этих участков за определенный период, не совпадающий со всем периодом эксплуатации, можно получить зависимость среднего значения потока отказов  $L_{cp}$  от срока эксплуатации системы теплопроводов за весь период работы.

Предложенная методика может быть применена при анализе повреждаемости трубопроводов других инженерных сетей и систем.

