

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА СРЕДНЕВЗВЕШЕННЫЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

*А. В. Мухамбаев, главный специалист АО «Газпром промгаз»*

*Д. А. Мильков, заведующий отделом развития систем теплоэнергоснабжения АО «Газпром промгаз»*

*И. А. Войлоков, доцент кафедры «Организация строительства», кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»*

*А. С. Горшков, заведующий отделом разработки схем и программ развития систем энергоснабжения, доктор технических наук, АО «Газпром промгаз»*

## ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] показано влияние объемов реконструкции (перекладки) ветхих и аварийных участков тепловых сетей на средневзвешенный период эксплуатации трубопроводов. В результате получено выражение вида:

$$\bar{\tau}_{t+1} = \bar{\tau}_t + 1 - \bar{\tau}^- \cdot \frac{l_{\Sigma}^-}{l_{\Sigma}}, \quad (1)$$

которое показывает, что через год после реконструкции (в период времени  $t + 1$ ) средневзвешенный период эксплуатации трубопроводов тепловой сети окажется равным сумме текущего средневзвешенного периода эксплуатации и единицы (все существующие трубопроводы к этому времени «состарятся» на один год) за вычетом средневзвешенного периода эксплуатации реконструируемых трубопроводов, умноженного на их долю в общей протяженности тепловой сети.

Выражение (1), в частности, полезно тем, что из него можно вывести условие «нестарения» (неувеличения средневзвешенного периода эксплуатации) трубопроводов:

$$\bar{\tau}^- \cdot \frac{l_{\Sigma}^-}{l_{\Sigma}} > 1. \quad (2)$$

Условие (2) при известных значениях суммарной протяженности тепловой сети  $l_{\Sigma}$  и средневзвешенного периода эксплуатации реконструируемых участков тепловой сети  $\bar{\tau}^-$

позволяет оценить требуемый объем перекладки трубопроводов  $l_{\Sigma}^{-}$ , при котором  $\bar{\tau}_{t+1} = \bar{\tau}_t$ , т. е. средневзвешенный период эксплуатации тепловых сетей не увеличивается.

В статье [1] показано, что выражение (1) не учитывает объема нового строительства тепловых сетей на средневзвешенный период их эксплуатации.

## МЕТОДИКА

В рамках данного исследования рассмотрим влияние нового строительства тепловых сетей на средневзвешенный период их эксплуатации.

Как показано в работе [1], текущий, на момент времени  $t$ , средневзвешенный период эксплуатации трубопроводов тепловой сети определяется из выражения:

$$\bar{\tau}_t = \frac{\tau_1 \cdot l_1 + \tau_2 \cdot l_2 + \dots + \tau_{n-1} \cdot l_{n-1} + \tau_n \cdot l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} + l_n} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n l_i}, \quad (3)$$

где  $\tau_i$  — фактический срок службы трубопроводов  $i$ -го года эксплуатации, например,  $\tau_1 = 1$  и т. д.;

$l_i$  — протяженность (длина) трубопроводов  $i$ -го года эксплуатации.

Параметр  $\tau_1$  в уравнении (3) включает все трубопроводы, период эксплуатации которых не превышает одного года.

Большая часть вновь построенных в Санкт-Петербурге зданий подключается к тепловым сетям централизованной системы теплоснабжения. Чаще всего новые объекты присоединяются к существующим городским сетям системы теплоснабжения, ввиду чего объемы нового строительства тепловых сетей незначительны по сравнению с общей их протяженностью (около 10 000 км в однострубно́м исчислении).

Анализ технологических нарушений в тепловых сетях Санкт-Петербурга выполнен в исследовании [3], модель физического износа, качественно описывающая полученные в [3] результаты, приведена в работах [4, 5].

Фактические объемы реконструкции и нового строительства тепловых сетей представлены в Схеме теплоснабжения Санкт-Петербурга [2]. Данные за период с 2018 по 2022 год приведены в табл. 1.

Таблица 1. Объемы реконструкции и нового строительства тепловых сетей в Санкт-Петербурге, км [2]

Год	201	201	202	202	202	С
-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

	8	9	0	1	2	среднее значение
Реконструкция	133,1	172,4	164,5	169,7	159,6	159,8
Новое строительство	35,8	43,1	56,5	56,9	52,9	49

Примечание. В табл. 1 протяженности трубопроводов приведена в однострубом исчислении.

Из данных, представленных в табл. 1, следует, что за период с 2018 по 2022 год средняя протяженность реконструируемых участков тепловых сети  $l_{\Sigma}^{-}$  составила 159,8 км, нового строительства — 49 км.

Протяженность вновь построенных участков тепловых сетей обозначим  $l_{\Sigma}^{+}$ . Тогда через один год средневзвешенный период эксплуатации тепловых сетей составит:

$$\begin{aligned} \bar{\tau}_{t+1} &= \frac{(\tau_1+1) \cdot l_1 + (\tau_2+1) \cdot l_2 + \dots + (\tau_n+1) \cdot l_n + \tau_1 \cdot l_{\Sigma}^{+}}{l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{\Sigma}^{+}} = \\ &= \frac{\tau_1 \cdot l_1 + \tau_2 \cdot l_2 + \dots + \tau_n \cdot l_n + (l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{\Sigma}^{+})}{l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{\Sigma}^{+}} = \frac{\tau_1 \cdot l_1 + \tau_2 \cdot l_2 + \dots + \tau_n \cdot l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{\Sigma}^{+}} + 1. \end{aligned} \quad (4)$$

Введем следующее обозначение:

$$k = \frac{l_{\Sigma}^{+}}{l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{\Sigma}^{+}}, \quad (5)$$

которое показывает долю протяженности новых трубопроводов от суммарной протяженности тепловой сети.

Из выражения (5) следует, что:

$$l_{\Sigma}^{+} = k \cdot (l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{\Sigma}^{+}). \quad (6)$$

Подставим полученное выражение для  $l_{\Sigma}^{+}$  в уравнение (4). Получим:

$$\bar{\tau}_{t+1} = \frac{\tau_1 \cdot l_1 + \tau_2 \cdot l_2 + \dots + \tau_n \cdot l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n + k \cdot (l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{\Sigma}^{+})} + 1 = \frac{\bar{\tau}_t}{(1+k)} + 1. \quad (7)$$

Таким образом, получено выражение для определения средневзвешенного периода эксплуатации трубопроводов тепловой сети с учетом вклада в него доли нового строительства.

При  $k = 1$  выражение (7) примет вид:

$$\bar{\tau}_{t+1} = \bar{\tau}_t + 1, \quad (8)$$

что и следовало ожидать.

Приняв общую протяженность тепловых сетей в однетрубном исчислении равной 10 000 км [1], а  $l_{\Sigma}^+ = 49$  км, получим, что доля нового строительства тепловых сетей составляет:

$$k = \frac{l_{\Sigma}^+}{l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{\Sigma}^+} = \frac{49}{10000} = 0.0049,$$

т. е. крайне малую величину (доля вновь построенных участков тепловой сети составляет менее 0,5% от суммарной ее протяженности).

Таким образом, предположение о незначительном влиянии нового строительства на средневзвешенный период эксплуатации трубопроводов тепловой сети, высказанное в работе [1], оказывается обоснованным.

Рассмотрим условие «нестарения» (неувеличения средневзвешенного периода эксплуатации) трубопроводов тепловой сети за счет нового строительства.

Для этого, аналогично тому, как это было сделано в исследовании [1], рассмотрим следующее условие:

$$\bar{\tau}_{t+1} = \bar{\tau}_t. \quad (9)$$

Тогда

$$\bar{\tau}_t = \frac{\bar{\tau}_t}{(1+k)} + 1,$$

откуда

$$k = \frac{1}{\bar{\tau}_t - 1}. \quad (10)$$

Выражение (10) показывает, какой должна быть доля нового строительства для выполнения условия (9).

С учетом того, что на текущий момент времени средневзвешенный период эксплуатации трубопроводов в Санкт-Петербурге составляет примерно 20 лет [1], объем нового строительства тепловых сетей должен составлять:

$$k = \frac{1}{20 - 1} = 0.053,$$

т. е. примерно в десять раз больше фактического (0,0049).

Это не означает, что следует обязательно строить новые участки тепловой сети в городе лишь для того, чтобы их средневзвешенный период эксплуатации оставался неизменным. Это показывает лишь пример влияния нового строительства на рассматриваемую величину. Более уместно «остановить старение» трубопроводов за счет их более масштабной реконструкции, т. е. воспользоваться моделью, представленной в работе [1], формулой (1) и условием (2).

## ВЫВОДЫ

Выполнена оценка влияния нового строительства тепловых сетей на средневзвешенный период эксплуатации трубопроводов. Показано, что доля новых участков тепловой сети от общей ее протяженности составляет не более 0,5%, ввиду чего влияние нового строительства не оказывает существенного влияния на средневзвешенный период эксплуатации трубопроводов, формула для расчета которого с учетом реконструкции ветхих и аварийных участков тепловой сети приведена в исследовании [1].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мухамбаев А. В. Оценка объемов реконструкции тепловых сетей на средневзвешенный период эксплуатации трубопроводов / А. В. Мухамбаев, Д. А. Мильков, А. С. Горшков // Инженерные системы, 2024, № 1, с. 28–32.
2. Схема теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2033 года (актуализация на 2023 год). [Электронный ресурс]: URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ingen/shemy-razvitiya-inzhenerno-energeticheskogo-kompleksa/shema-teplosnabzheniya/> (дата обращения: 17.12.2023).
3. Кирюхин С. Н. Оценка данных о технологических нарушениях в тепловых сетях / С. Н. Кирюхин, Е. В. Сеннова, А. О. Шиманская // Энергосбережение, 2018, № 6, с. 38–45.
4. Горшков А. С. Износ и повреждение тепловых сетей. Решение проблемы качества и надежности энергоснабжения / А. С. Горшков, П. П. Рымкевич // Энергосбережение, 2019, № 4, с. 50–55.
5. Горшков А. С. Износ и повреждение тепловых сетей. Решение проблемы качества и надежности энергоснабжения / А. С. Горшков, П. П. Рымкевич // Энергосбережение, 2019, № 5, с. 67–72.