

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Москалёв И. Л., Литвак В. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В данной работе рассмотрены ключевые моменты 3 этапа разработанного алгоритма проведения технического диагностирования тепловых сетей (ТС), представленного в [1].

Большинство используемых в настоящее время геоинформационных систем [2] базируются на теории графов, поэтому в качестве модели для решения задачи используются ориентированные взвешенные графы. Перед решением задачи создается исходная модель-граф. В процессе решения строится и модифицируется результирующая модель-граф.

Исходной моделью является граф-участок, под которым понимают связную цепочку труб (подающий и обратный) между двумя соседними тепловыми камерами с весом, учитывающим протяженность и количество повреждений. Помимо протяженности и количества повреждений указывается информация о конкретном месте повреждения на участке и каким образом выявлено повреждение (гидравлические испытания, диагностика методами неразрушающего контроля, шурфовка и т.п.)

По итогам внесения вышеуказанной информации и ее последующей обработки формируется результирующая модель - граф отрезков. Под отрезком понимается часть тепловой сети, которая может состоять как из одного, так и из нескольких связанных между собой участков трубопроводов с общим приоритетом в очереди на замену. Отрезки разбиваются в пределах участка. Характерными факторами на начальном этапе разбивки на отрезки являются:

- Год прокладки трубопровода;
- Способ прокладки;
- Диаметр трубопровода.

### *Алгоритм предлагаемой методики*

Рассмотрим принципы и основные положения анализа и обработки результатов диагностики, перечень критериев отбраковки, основные положения и подходы к оценке остаточного ресурса.

По методам формирования и обработки информации все отрезки можно разделить на четыре группы (таблица 1), причем отрезки формируются в пределах участков:

**Таблица 1. Группы отрезков**

№ группы	Классификация отрезков	Наименование группы
1	отрезки трубопроводов ТС на начальном этапе разбивки	группа, не обработанная алгоритмом
2	отрезки трубопроводов ТС с зафиксированными эксплуатационными повреждениями за рассматриваемый период	группа реальной повреждаемости
3	отрезки трубопроводов ТС на которых отсутствовали повреждения в период эксплуатации, но появились повреждения в процессе гидравлических испытаний в межотопительный период	группа вероятной повреждаемости
4	отрезки трубопроводов ТС на которых за период с момента ввода в эксплуатацию или последнего капитального ремонта не выявлены повреждения	группа прогноза

В течение последних 20 лет финансирование работ на устранение физического износа было ничтожно малым, отсутствовала государственная поддержка. Это все сказалось не лучшим образом и привело к снижению эффективности теплоснабжения, а также к ускорению деградации систем теплоснабжения и теплофикации. Реальная ситуация ТС связана с высоким числом повреждений вызванных «старением» элементов сетей. Более 50% сетей выработали установленный ресурс в 25 лет и с каждым годом процент сетей, находящихся в этой группе увеличивается в среднем на 5%. Интенсивность замены отработанных элементов тепловой сети на новые с 90-х годов является недостаточным. Этими факторами, по-видимому, объясняется нарастание количества повреждений в ТС во время эксплуатации. [3-4]

На основании выше изложенного при отсутствующем финансировании на полномасштабные капитальные ремонты ТС по статье «ветхие сети» актуальным становится именно планирование замены трубопроводов на основании анализа 2-й и 3-й группы отрезков ТС.

Стоит отметить, что приоритетность замены определяется по следующим данным:

- Плотность повреждаемости;
- Плотность нарастания повреждаемости во времени (динамика повреждаемости).

4-я группа служит для прогнозирования износа, а в совокупности с информацией по 2-й и 3-й группе позволяет провести анализ причин ускоренного износа.

#### *Методика формирования развернутого плана*

##### 1. Формирование отрезков 2-й группы:

Просматривается перечень множества отрезков, относящихся к 1-й группе, из них выбирается участок с количеством эксплуатационных повреждений не менее 2-х шт., причем приоритетными являются участки с минимальным расстоянием между ними. Если такой участок обнаружен, то он выделяется в отдельный отрезок 2-й группы. Далее проверяются участки тепловой сети 1-й группы, граничащие с полученным отрезком. Если таких участков не обнаружено, то заканчивается формирование отрезка 2-й группы.

Второй этап методики заключается в «наращивание» выделенного отрезка. Если отрезок содержит в себе количество повреждений равное «N» (при первоначальном формировании отрезка  $N=2$ ), то поиск производится в пределах граничащих участков 1-й группы находящихся за пределами границ повреждения найденного отрезка на расстоянии  $\leq L$ , причем  $L$  определяется по следующей формуле:

$$L = l_t / (n-1) * K_c + \Delta L, \quad (1)$$

где  $l_t$  - длина найденного отрезка (м),  $(n-1)$  - количество уже присоединенных отрезков (шт.), где  $K_c$  - коэффициент, ограничивающий скорость нарастания  $L$  при увеличении отрезка (по умолчанию принимается равным 3, определяется эмпирически),  $\Delta L$  - добавочное расстояние (м) (по умолчанию принимается равным 5 м, определяется эмпирически). Таким образом, наращивание участка происходит по линейному закону при увеличении шага поиска ( $L$ ).

Найденное повреждение отмечается как выбранное, для исключения его в дальнейшем рассмотрении. Причем, отрезок увеличивается до обнаруженного повреждения, тем самым происходит увеличение длины найденного отрезка на величину расстояния от найденного повреждения до прежней границы отрезка, соответственно граничный отрезок 1-й группы сокращается. Количество повреждений увеличивается на величину  $N=N+1$ .

Если после проверки граничных отрезков 1-й группы расстояние до ближайшего повреждения больше  $L$ , т.е. исчерпаны граничные отрезки 1-й группы, в т.ч. конец участка, изменение диаметра, номинальной толщины стенки, года закладки, вида

прокладки, то отрезок считается сформированным и наращивание отрезка завершается. При окончательном формировании отрезка учитываются следующие факторы:

- расстояние от его границы до камеры или (если оно есть и является отрезком 2-й группы) - если это расстояние меньше, чем заданный процент (25%), то отрезок продлевается до камеры;
- заданный напуск (10% от длины отрезка, но не более 5 м) - на эту величину отрезок увеличивается в обе стороны, но не далее камеры или границы ближайшего отрезка 2-й группы. Для этого отрезка рассчитывается удельная аварийность  $A_u$  измеряемая в единицах (количество повреждений/100 м).

Затем происходит переход к формированию следующего отрезка данной группы.

#### 1. Формирование отрезков 3-й группы:

Алгоритм полностью соответствует выше представленному в пункте 1, только рассматриваются повреждения, образовавшиеся при гидравлических испытаниях.

#### 1. Формирование отрезков 4-й группы:

После отработки участков 1-й группы по алгоритмам п.2 и п.3, оставшиеся отрезки включаются в группу 4.

#### *Формирование приоритетности заменяемых участков (присвоение веса отрезкам)*

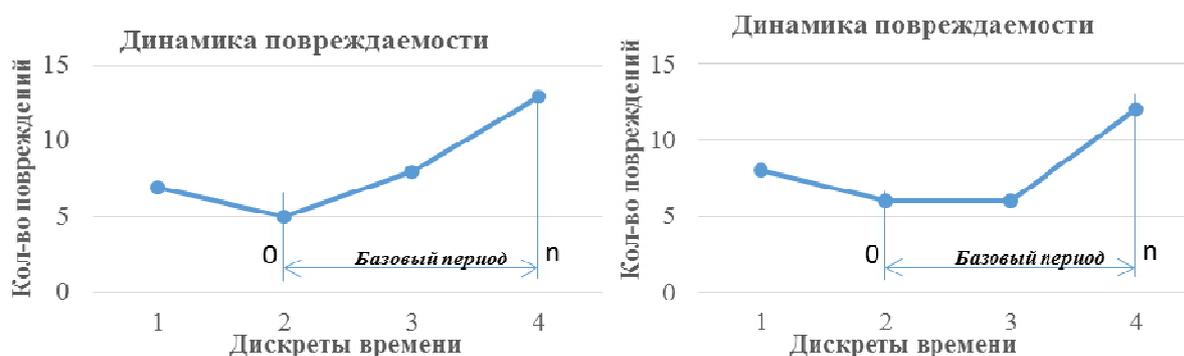
Упорядочивание отрезков присвоением приоритетов производится отдельно по каждой группе. Ниже рассмотрим ранжирование по каждой группе:

#### 1. 2-я группа:

- Учет динамики повреждений.

Для каждого выявленного отрезка определяется коэффициент динамики нарастания повреждений (повреждений /в месяц за месяц) за базовый период времени.

При этом за базовый период времени и дискрету времени принимается текущий момент и выполненный расчет назад таким образом, чтобы получить явную тенденцию нарастания количества повреждений во времени, что наглядно представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Динамика повреждаемости

Определение базового периода начинается с дискреты месяц. Стоит отметить, что дискрета времени может быть представлена, как месяцем на начальном этапе анализа, так и укрупнена до квартала и года.

Согласно динамике повреждаемости (рис. 1) минимальный размер базового периода составляет 2, достаточный - 3, т.е.  $3 \geq n \geq 2$ . Допускаем возможность включения только одной дискреты без нарастания количества повреждений и только при  $n = 2$ . Включение дискреты с убыванием количества повреждений не допускается и если при этом  $n \geq 2$ , то имеем базовый период, если  $n < 2$ , то переходим к следующей по величине дискрете. Если при максимальной дискрете (год) базовый период не

определен, то коэффициент динамики нарастания повреждений  $K_{дин}$  принимаем равным 0. Иначе рассчитываем  $K_{дин}$  по формуле:

$$K_{дин} = \frac{\sum_n (K_{п\ i} - K_{п\ i+1})}{n * K_t} \quad (2),$$

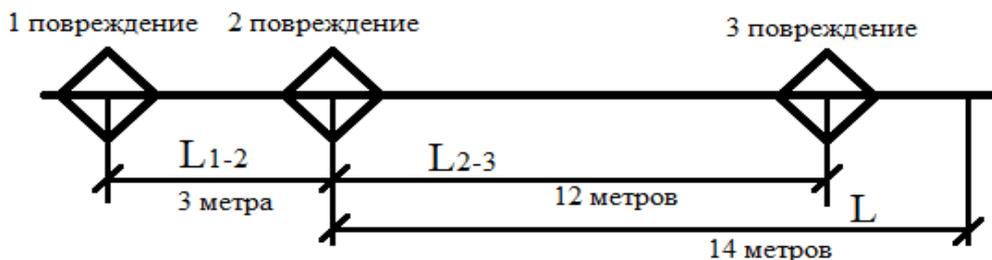
где  $K_{п\ i}$  - количество повреждений за период  $i$ -й дискреты,  $n$  - количество дискрет в базовом периоде,  $K_t$  - коэффициент приведения к месяцу, равный для перечисленных дискрет, соответственно 1, 3, 6, 12.

Учет повреждений, выявленных при гидравлических испытаниях, как усиливающего фактора.

Из числа невыбранных повреждений (повреждения, относящиеся к гидравлическим испытаниям) выбираются все, лежащие в пределах рассматриваемого отрезка. По ним отдельно рассчитывается удельная повреждаемость.

*Пример применения методики при формировании отрезков 2-й группы:*

Рассмотрим участок тепловой сети (рис. 2):



**Рис. 2.** Участок трубопровода с выявленными повреждениями

На участке трубопровода тепловой сети выбираем отрезок с парой эксплуатационных повреждений (повреждение 1 и 2). Расстояние между повреждениями равно 3 м. Определяем по формуле (1) шаг поиска следующего повреждения:

$$L = 3 / (2 - 1) * 3 + 5 = 14 \text{ м}$$

Если ближайшее эксплуатационное повреждение 3 находится на расстоянии не более 14 м от одной из границ повреждений, в данном случае 12 м от повреждения 2. Т.е. отрезок 2-3 удовлетворяет требуемым условиям и он присоединяется к отрезку 1-2. Таким образом, произошло «наращение» отрезка и уже отрезок 1-3 протяженностью 15 м относится к отрезку 2-й группы. Затем повторяется расчет по формуле (1):

$$L = (3 + 12) / (3 - 1) * 3 + 5 = 27,5 \text{ м}$$

Следующее эксплуатационное повреждение необходимо искать в пределах 27,5 м на данном расстоянии от границ участка 1-3 повреждения не обнаружены, т.е. отрезок сформирован и поиск закончен.

Далее находится следующий участок и повторяется алгоритм формирования отрезка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Москалёв И.Л., Литвак В.В. Разработка принципиально нового подхода к техническому диагностированию тепловых сетей // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи - Томск: СКАН, 2014. - С. 199-203.
2. Журкин И. Г., Шайтура С. В. Геоинформационные системы. - Москва: Кудиц-пресс, 2009. - 272 с

3. С. Кара-Мурза; С. Телегин. Царь-холод, или почему вымерзает Россия // Российский экономический журнал. – 2004. - № 1. – С. 88-93.
4. Зингер Н.М., Малафеев В.А. Технические проблемы развития теплофикации и централизованного теплоснабжения в работах ВТИ // Электрические станции. – 1996. – № 7. – С. 23–28.

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СЛИТКОВ НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРУЕМОГО КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА**

Горшенин А. С., Раилова Р. Р.

Самарский государственный технический университет, г. Самара

В настоящее время все возрастающими темпами увеличивается ассортимент и объемы проката, получаемого из алюминиевых слитков. Анализ технологии производства цилиндрических слитков методом полунепрерывного литья в водоохлаждаемый кристаллизатор выявил главную проблему данного метода - образование неоднородной структуры слитка. Для ее устранения проводят термическую обработку слитков, одним из видов которой является гомогенизационный отжиг. Важным этапом термической обработки является охлаждение слитков после гомогенизации со скоростью, не превышающей критическую - 70 0С/ч для предотвращения закалки сплава.

Проведенный анализ способов охлаждения алюминиевых слитков показал, что наиболее целесообразно использовать специальную камеру, позволяющую обеспечить заданную технологией скорость охлаждения слитков и повысить выработку качественной продукции.

Применение существующих режимов охлаждения не обеспечивает одинаковой скорости снижения температуры во всех частях алюминиевых слитков, особенно на их торцах и на боковых поверхностях крайних слитков, что приводит к отклонению структуры и твердости металла от номинальной и появлению брака при изготовлении готовых изделий.

В настоящее время отсутствуют методы расчета и режимы проведения процессов охлаждения, учитывающие геометрию садки и камеры охлаждения и обеспечивающие одинаковую скорость снижения температуры во всех частях алюминиевых слитков, а также способствующие снижению энергетических затрат.

В связи с этим совершенствование процесса охлаждения алюминиевых слитков воздухом на основе моделирования регулируемого конвективного теплообмена, обеспечивающего одинаковую скорость снижения их температуры во всех точках садки, является актуальной научной задачей, решение которой позволит обеспечить качество выпускаемой продукции.

Для изучения процесса охлаждения слитков в камере охлаждения автором была разработана математическая модель регулируемого конвективного теплообмена в системе алюминиевые слитки – охлаждающий воздух [1].

При разработке математической модели регулируемого конвективного теплообмена в системе алюминиевые слитки – охлаждающий воздух были приняты следующие допущения: 1) задача теплообмена принималась двухмерной; 2) теплообмен рассматривался в половине высоты канала  $\delta$  и при омывании половины слитка; 3) температура воздуха  $t_{\text{в}}$  по высоте канала  $\delta$  принималась одинаковой; 4) температура