

Методика расчета прогнозируемого остаточного срока службы трубопровода по минимальной вероятной толщине стенки труб и результатам диагностики

1 Общие сведения

Под остаточным сроком службы трубопровода понимается время эксплуатации трубопровода с момента текущего диагностирования до перехода в предельное состояние.

Оценка остаточного срока службы трубопровода основана на установлении текущего технического состояния трубопровода и его прогнозировании на время дальнейшей эксплуатации по результатам проведенного на нем комплекса диагностических обследований.

Определяющим при оценке остаточного ресурса в условиях коррозионно-эрозионного износа трубопровода является расчет на действие внутреннего давления. Эксплуатация трубопровода считается возможной, если фактическая толщина стенки всех элементов превышает отбраковочную $t_{отб}$.

2 Условные обозначения

α – коэффициент несущей способности;

D_n – наружный диаметр трубы или детали трубопровода, мм;

P – рабочее давление, МПа;

R_1^H – нормативное сопротивление, равное наименьшему значению временного сопротивления разрыва материала труб, принимаем по ГОСТу или ТУ на соответствующие трубы, МПа;

R_2^H – нормативное сопротивление, равное наименьшему значению предела текучести при растяжении, сжатии в изгибе материала труб, принимаем по ГОСТу или ТУ на соответствующие трубы, МПа;

R_1 – расчетное сопротивление материала труб и деталей трубопровода, МПа;

m_1 – коэффициент условий работы материала труб при разрыве;

m_2 – коэффициент условий работы трубопровода;

m_3 – коэффициент условий работы материала труб при повышенных температурах;

n – коэффициент перегрузки рабочего давления в трубопроводе;

k_1 – коэффициент однородности материала труб;

$t_{отб.расч.}$ – расчетное значение минимальной толщины стенки трубы трубопровода, мм;

$t_{мин.доп.}$ – наименьшая допустимая толщина стенки трубопровода, мм;

$t_{отб.}$ – минимальная толщина стенки или детали трубопровода, при которой они должны быть изъяты из эксплуатации, мм;

t_k – значение замеренной толщины, мм;

$t_{мин}$ – вероятная минимальная толщина стенки трубопровода, мм;

$t_{ср}$ – среднее значение замеренной толщины, мм;

t_n – исходное максимально-допустимое значение толщины стенки трубы, мм;

$t_{ном}$ – номинальная толщина стенки трубы, принимается на основании сертификата (при его отсутствии по результатам анализа проведенных измерений), мм;

δ – среднеквадратическое отклонение измеряемых толщин, мм

N – число замеров, шт;

$V_{ср}$ – средняя скорость коррозии стенки трубопровода, мм/год;

$T_{эсп.}$ – время эксплуатации трубопровода, лет;

$T_{ост}$ – остаточный ресурс трубопровода, лет.

K – коэффициент, зависящий от категории и срока службы технологического трубопровода без замены;

3 Методика расчета

3.1 Определение минимально допустимой толщины стенки труб

Если полученные значения $\frac{R_2^H \cdot m_3}{R_1^H \cdot m_2} \geq 0,75$ расчет ведем по формуле:

$$t_{\text{отб.рас}} = \frac{n \cdot P \cdot \alpha \cdot D_H}{2 \cdot (R_1 + n \cdot P)}, \quad (1)$$

иначе:

$$t_{\text{отб.рас}} = \frac{n \cdot P_a \cdot D_H}{2 \cdot (0,9 \cdot R_2^H \cdot m_3 + n \cdot P)}, \quad (2)$$

где:

$$R_I = R_I^H \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot k_I. \quad (3)$$

R_1^H и R_2^H для основных марок сталей берутся по РД 38.13.004-86 для остальных по ГОСТ или ТУ:

Полученные величины отбраковочного размера не могут быть менее минимально допустимой толщины стенки ($t_{\text{мин.дон}}$) технологического трубопровода по РД 38.13.004-86.

$$t_{\text{отб}} = \max \{t_{\text{отб.рас}}; t_{\text{мин.дон}}\}, \quad (4)$$

3.2 Определение среднеквадратичного отклонения замеряемой толщины

Если число замеров N меньше 10, то среднеквадратичное отклонение толщины стенки (δ) не вычисляем, так как точность ее оценки при этом недостаточна.

При числе замеров N больше 10 среднеквадратичные отклонения замеряемых толщин рассчитаем по формуле:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (t_k - t_{cp})^2}, \quad (5)$$

где средняя толщина стенки трубопровода (t_{cp}) вычисляется по формуле:

$$t_{cp} = \frac{\sum t_k}{N}. \quad (6)$$

3.3 Определение минимальной толщины стенки трубопровода

Вероятную минимальную толщину стенки трубопровода ($t_{\text{мин}}$) с учетом не контролируемых участков поверхности определяют для доверительной вероятности 95% по формуле:

$$t_{\text{мин}} = t_{cp} - 2 \cdot \delta. \quad (7)$$

Если рассчитанное значение больше минимального измеренного значения толщины, то за $t_{\text{мин}}$ принимаем минимальное измеренное значение.

Если $t_{\text{мин}} < t_{\text{отбр}}$ дальнейшая эксплуатация трубопровода не допускается.

3.4 Определение максимально вероятной скорости коррозии

Максимальная вероятная скорость коррозии стенки трубопровода (V_{cp}) определяется по формуле:

$$V_{cp} = \frac{t_n - t_{\text{мин}}}{T_{\text{эксн}}}. \quad (8)$$

3.5 Остаточный ресурс трубопровода

Остаточный ресурс трубопровода ($T_{\text{ост}}$) определяется по формуле:

$$T_{\text{ост}} = \frac{K \cdot (t_{\text{мин}} - t_{\text{отб}})}{V_{cp}}. \quad (9)$$