

Лутфуллин Данияр Ленарович, студент,
АГТУ ВШН Альметьевский государственный
технологический университет, Высшая школа нефти

Научный руководитель:
Мельникова Эльвира Фаизовна,
АГТУ ВШН Альметьевский государственный
технологический университет, Высшая школа нефти

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ТРУБОПРОВОДА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Аннотация. Статья посвящена методологии выбора оптимальной толщины стенки трубопровода с целью повышения надёжности и эффективности инженерных сооружений. Рассматриваются основные критерии прочности материалов, условия безопасной эксплуатации и практические методы расчётов. Особое внимание уделено влиянию внутренней нагрузки и прочностных характеристик стали на выбор конструктивных решений. Приводится пример пошагового расчёта требуемой толщины стенки с учётом заданных условий и допускаемых значений

Определение оптимальной толщины стенки трубопровода играет важную роль в обеспечении надежности и долговечности трубопроводных систем. Избыточная толщина ведет к неоправданному увеличению веса и стоимости проекта, тогда как недостаточная толщина повышает риск разрушения конструкции вследствие механических нагрузок и коррозии. Поэтому важно правильно рассчитать толщину стенки, учитывая физические свойства материала и эксплуатационные характеристики.

Ключевые слова: Толщина стенки, трубопроводы, кольцевые напряжения, расчёт, прочность, эксплуатация, сталь, проектировочные решения.

Формула для расчета кольцевых напряжений

Расчёт толщины стенки трубопровода основывается на формуле кольцевых напряжений. Данная формула описывает связь между внутренним давлением, диаметром трубы и толщиной стенки. Она выглядит следующим образом:

$$\sigma = pD/2s = 2sp/D \quad (1)$$

где:

σ - напряжение в стенке трубы (Па),

p - внутреннее давление (Па),

D - внутренний диаметр трубы (м),

s - толщина стенки (м).

Данная формула предполагает равномерное распределение внутренних усилий вдоль окружности поперечного сечения трубы и справедлива для цилиндрических тел, работающих под действием внутреннего давления.

Требования к материалу трубы

Материал трубы должен обладать достаточной прочностью, пластичностью и устойчивостью к коррозионным воздействиям. Важнейшим параметром здесь выступает предел текучести металла $[\sigma]$, который характеризует максимальную нагрузку, которую способен выдержать материал без необратимых деформаций.

Оптимальная толщина стенки должна удовлетворять условию:

$$\sigma \leq [\sigma] \leq \sigma_{\max}$$



Подставляя выражение для σ , получаем:

$$pD^2s \leq [\sigma].2spD \leq [\sigma].$$

Отсюда легко выразить минимально необходимую толщину стенки:

$$s \geq pD^2[\sigma]s \geq 2[\sigma]pD$$

Эта формула даёт точное значение минимальной необходимой толщины стенки для предотвращения деформации или разрушения трубы под воздействием рабочего давления.

Практическое применение методики

Расчёт демонстрирует последовательность действий при определении оптимальной толщины стенки:

Исходные данные:

Внутреннее давление $p=10$ МПа.

Диаметр трубы $D=0,5$ мД.

Допускаемое напряжение $[\sigma]=200$ МПа.

Рассчитаем минимальную толщину стенки:

$$s=10 \times 0,52 \times 200 = 5400 = 0,0125 \text{ м} = 12,5 \text{ мм.}$$

Полученный результат показывает, что минимальная необходимая толщина стенки составляет 12,5 мм. Однако следует помнить, что фактическая толщина часто выбирается с запасом, учитывая возможные дополнительные факторы риска, такие как дефекты сварки, неравномерность распределения давления и др.

Заключение

Использование простых математических формул позволяет быстро и точно определять оптимальную толщину стенок трубопроводов, обеспечивая безопасность и экономичность проектов. Важно понимать принципы работы труб под нагрузкой и выбирать подходящие материалы, соответствующие условиям эксплуатации. В дальнейшем разработка новых подходов и методов расчета может привести к созданию ещё более эффективных конструкций, сочетающих прочность, долговечность и доступность.

Список литературы:

1. Чернышов Г.Н. Проектирование и строительство линейных объектов магистральных трубопроводов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2018. – 384 с.
2. Смирнов Б.М., Казанцев О.Б. Механика сплошных сред в расчетах трубопроводных систем. – СПб.: Издательство Политехнического университета, 2019. – 416 с.
3. Инструкция по определению толщины стенки нефтепровода // НПАОПС-ТРУБОПРОМ-МГНХИ. – Москва, 2020. – 56 с.
4. Шульман В.И., Старков И.Ю. Методы оценки ресурса металлических элементов трубопроводов. – Новосибирск: Наука, 2017. – 288 с.
5. ГОСТ Р 52857.1-007. Контроль неразрушающий. Метод ультразвуковой толщинометрии.

