

Щербин Сергей Анатольевич,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: dekan_ftk@angtu.ru

Глазков Евгений Викторович,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: evglazkov27@gmail.com

КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Shcherbin S.A., Glazkov E.V.

COMPENSATION OF TEMPERATURE DEFORMATIONS

Аннотация. В статье проанализированы причины и возможные последствия температурных деформаций в оборудовании, а также перспективные мероприятия для компенсации этого опасного явления.

Ключевые слова: температурное расширение, деформация, компенсация тепловых удлинений, температурный зазор.

Abstract. The article analyzes the causes and possible consequences of temperature deformations in equipment, as well as promising measures to compensate for this dangerous phenomenon.

Keywords: thermal expansion, deformation, compensation of thermal elongation, temperature gap.

Согласно современным нормативным документам, компенсация теплового расширения должна предусматриваться на этапе проектирования для всех конструкций, подверженных температурным воздействиям. Отсутствие мероприятий, компенсирующих этот фактор, может привести к серьезным авариям, особенно в трубопроводных системах, технологическом оборудовании и строительных конструкциях. Каждый участок трубопровода между неподвижными опорами должен быть рассчитан на компенсацию тепловых удлинений, которая может осуществляться за счет самокомпенсации или путем установки компенсаторов [1].

Тепловое расширение обусловлено увеличением амплитуды колебаний атомов в кристаллической решетке при нагревании. Количественно это явление характеризуется коэффициентом линейного теплового расширения, который показывает относительное изменение линейных размеров (длины) тела, происходящее в результате изменения его температуры на 1 К при постоянном давлении:

$$\alpha = \Delta L / (L_0 \cdot \Delta T),$$

где α - коэффициент линейного расширения материала, 1/К; L_0 - первоначальная длина тела, м; ΔT - изменение температуры, К; ΔL - изменение длины, м.

Коэффициенты расширения различных материалов могут существенно различаться. Например металлы обычно характеризуются коэффициентами в диапазоне $10^{-5} < \alpha < 2,5 \cdot 10^{-5}$ 1/К, в то время как полимерные материалы могут иметь коэффициенты в 5-10 раз больше. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании узлов из разнородных материалов.

В зависимости от способности воспринимать температурные деформации, соединения узлов классифицируются на несколько основных типов. Каждый тип имеет свои преимущества, недостатки и область оптимального применения, указанные [2].

Расчет температурных зазоров является критически важным этапом проектирования узлов с компенсацией теплового расширения. Правильный расчет обеспечивает надежную работу конструкции в течение всего срока эксплуатации и предотвращает возникновение аварийных ситуаций.

Базовый расчет температурного зазора выполняется по формуле линейного расширения, но при этом необходимо учитывать ряд дополнительных факторов: неравномерность нагрева, влияние связей с другими элементами конструкции, возможные отклонения от расчетных температур, усадочные деформации:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

где: $1,1 \leq K_1 \leq 1,3$ - коэффициент неравномерности нагрева; $1,2 \leq K_2 \leq 1,5$ - коэффициент запаса; $0,8 \leq K_3 \leq 1,0$ - коэффициент влияния связей.

При расчете зазоров для трубопроводных систем необходимо учитывать не только температуру транспортируемой среды, но и температуру окружающей среды, особенно для наружных трубопроводов. Разность между максимальной температурой эксплуатации и минимальной температурой монтажа определяет расчетный температурный перепад.

Современная инженерная практика предлагает широкий спектр конструктивных решений для компенсации теплового расширения. Выбор оптимального решения зависит от конкретных условий эксплуатации, экономических факторов и требований к надежности системы.

Будущее компенсации теплового расширения связано с развитием интеллектуальных систем, способных автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации и предотвращать аварийные ситуации на ранней стадии их развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Ростехнадзора № 536 от 15.12.2020 "Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением".

2. Таблицы компенсации теплового расширения узлов – Текст: электронный // URL:<https://inner.su/articles/tablitsy-kompensatsii-teplovogo-rasshireniya-uzlov/> (дата обращения: 14.02.2026).