

Щербин Сергей Анатольевич,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: dekan_ftk@angtu.ru

Глотов Валерий Андреевич,

обучающийся, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: valera.glotov.2002@mail.ru

Глотов Анатолий Андреевич,

обучающийся, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: glotovanatolii@gmail.com

ОПТИМАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Shcherbin S.A., Glotov V.A.

OPTIMAL THICKNESS OF THERMAL INSULATION

Аннотация. Рассмотрена методика определения оптимальной толщины тепловой изоляции из условия минимизации приведенных годовых затрат.

Ключевые слова: оптимизация, тепловая изоляция, термическое сопротивление, тепловые потери.

Abstract. The method of determining the optimal thickness of thermal insulation from the condition of minimizing the unit annual costs is considered.

Keywords: optimization, thermal insulation, thermal resistance, heat loss.

Значительным экономическим фактором при проектировании технологического оборудования в химической промышленности является снижение тепловых потерь посредством применения тепловой изоляции. В некоторых случаях использование теплоизоляции также способствует защите оборудования от коррозии (за счет предотвращения образования конденсата) и проведению специфических химико-технологических процессов – адиабатных, изотермических, процессов, сопровождающихся тепловым эффектом и других. Не менее важным предназначением изоляции является обеспечение безопасных условий труда для рабочего персонала. В соответствии с данными [1], температура наружной поверхности тепловой изоляции для аппаратов, расположенных в рабочей или обслуживаемой зонах помещений, не должна превышать 35-55 °С. Температура наружной поверхности тепловой изоляции оборудования, расположенного на открытом воздухе в рабочей или обслуживаемой зоне, должна быть не выше 60 °С. Для трубопроводов, расположенных за пределами рабочей или обслуживаемой зоны, температура наружной поверхности тепловой изоляции не должна превышать температурных пределов применения материалов покровного слоя, и не должна быть выше 75 °С.

Теплоизоляционный материал должен обладать высокой пористостью и, соответственно, плотностью, низкой гигроскопичностью, высокой удельной теплоемкостью, термостойкостью, механической прочностью и долговечностью. Для обоснованного выбора материала можно использовать условие [2]:

$$\lambda_T \leq \frac{\alpha_0 d}{2}, \quad (1)$$

где λ_T – коэффициент теплопроводности материала тепловой изоляции, Вт/(м·К); α_0 – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности тепловой изоляции к окружающей среде, Вт/(м²·К); d – наружный диаметр изолируемой поверхности, м.

Увеличение толщины теплоизоляции не приводит к пропорциональному уменьшению тепловых потерь, так как при этом возрастает площадь поверхности теплообмена с окружающей средой. Оптимальная толщина слоя тепловой изоляции может быть определена из условия минимальных приведенных годовых затрат на устройство 1 м² тепловой изоляции Z , руб/(м²·год):

$$Z = EK + \Xi, \quad (2)$$

где K – капитальные затраты, руб/м²; E – коэффициент эффективности капиталовложений, год⁻¹; Ξ – эксплуатационные затраты, руб/(м²·год).

Капитальные затраты в наибольшей степени определяются стоимостью материала тепловой изоляции, а эксплуатационные затраты зависят от стоимости тепловой энергии.

В результате оптимизации было получено выражение [3] для определения оптимальной толщины слоя тепловой изоляции δ_T :

$$\delta_T = \left(\sqrt{\frac{(t_{cp} - t_0)\tau C_Q}{E\lambda_T C_T}} - \sum_{j=1}^m R_j \right) \lambda_T, \quad (3)$$

где t_{cp} и t_0 – температуры горячей среды и окружающей среды, °С; τ – продолжительность работы оборудования за год, ч/год; C_Q – удельная стоимость тепловой энергии, руб/(Вт·ч); E – коэффициент эффективности капиталовложений, год⁻¹; C_T – стоимость материала изоляции, руб/м³; $\sum_{j=1}^m R_j$ – сумма термических сопротивлений теплоотдачи и теплопроводности всех слоев стенки, кроме слоя теплоизоляции, м²К/Вт.

Выражения (1) и (3) позволяют обоснованно выбрать материал и толщину слоя тепловой изоляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 61.13330.2012. Свод правил. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003. М.: Минрегион России, 2012.

2. Щербин С.А., Глозов В.А. Подбор материала для устройства тепловой изоляции // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. Т. 1. № 8. С. 103-104.

3. Щербин С.А., Глозов В.А., Глозов А.А. Подбор материала и толщины тепловой изоляции // Сборник научных трудов АнГТУ. 2021. С. 95-98.