

**ОЦЕНКА ТЕПЛОТДАЧИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ХЛОРИДА  
КАЛЬЦИЯ И ХЛОРИДА НАТРИЯ**

*Алексеева Н. В.*

*К.т.н., доцент кафедры «Технологические процессы, аппараты  
и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный  
технический университет», Тамбов, Россия, alexejewa.nadja@gmail.com*

Эффективность переноса тепла от источника к потребителю имеет важное значение в экономическом развитии технологий теплоснабжения. Основными элементами теплопереноса, которые оказывают существенное влияние на возможно переносимое количество тепла и сопутствующие им тепловые потери, являются теплоноситель и используемое оборудование. При выборе теплоносителя технологи составляют ряд требований, предъявляемых к теплоносителю. Разработка аппаратного оформления теплообменного оборудования подразумевает обязательные теплоизоляционные элементы. Совместное использование теплоносителя и оборудования влечет за собой ряд негативных технологических явлений, решение которых необходимо учитывать при проектировании и расчете теплообменного оборудования. К таким явлениям следует отнести осадкообразование, увеличение гидравлического сопротивления и уменьшение скорости теплоносителя, изменение теплопроводности стенок оборудования [1]. В настоящее время существует ряд подходов к решению подобных задач [2], что требует более подробного исследования.

Одним из методов организации теплоснабжения является использование водных растворов с присадками для снижения осадкообразования внутри используемого оборудования. В качестве профилактики организуется промывка оборудования кислотными или щелочными растворами. Недостатком метода является последующая необходимость утилизации отработанных высокоминерализованных растворов, что негативно влияет на экологическую составляющую технологического процесса.

К наиболее экологически безопасным процессам относится процесс водоподготовки с помощью ионообменных смол. Данный процесс в основном используется для подготовки воды для парогенераторов. Суть процесса заключается в замене солей кальция, магния и железа, являющихся основными источниками образования осадков на хорошо растворимые соли натрия. Данный процесс можно использовать и для подготовки воды для сетей теплоснабжения. Для оценки эффективности использования данного процесса необходимо оценить, как изменится скорость теплоотдачи в теплоносителе при смене вида соли.

Таким образом, целью работы является определение изменений в процессе теплопереноса при смене соли хлорида кальция на соль хлорида натрия при прочих равных условиях. Объективную оценку можно провести при сравнении коэффициентов массоотдачи, которые определяются из критерия Нуссельта ( $Nu$ ) по критериальному уравнению для турбулентного режима течения теплоносителей (для оценочного расчета при сравнении теплоносителей можно пренебречь множителем, учитывающим параметры системы при температуре стенки) [3]:

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,42}, \quad (1)$$

где  $Nu = \frac{\alpha \cdot d}{\lambda}$ ;  $Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$ ;  $Pr = \frac{c \cdot \mu}{\lambda}$ .

Расписав все критерии подобия и выразив коэффициент теплоотдачи, получаем:

$$\alpha = 0,021 \cdot \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}} \cdot \frac{\lambda^{0,58} \cdot \rho^{0,8} \cdot c^{0,42}}{\mu^{0,88}} = 0,021 \cdot K \cdot K_1, \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий технологические и аппаратные параметры проведения процесса,  $K_1$  – корреляционный коэффициент, зависящий от характеристик теплоносителя. Таким образом, необходимо получить зависимость  $\alpha = f(K_1)$ .

Для расчета были использованы справочные данные для раствора хлорида натрия и кальция: плотность раствора  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>), удельная теплоемкость  $c$  (Дж/кг·К), удельная теплопроводность  $\lambda$  (Вт/м·К) и динамический коэффициент вязкости  $\mu$  (Па·с) в зависимости от концентрации раствора. Результаты расчета представлены на рисунке.

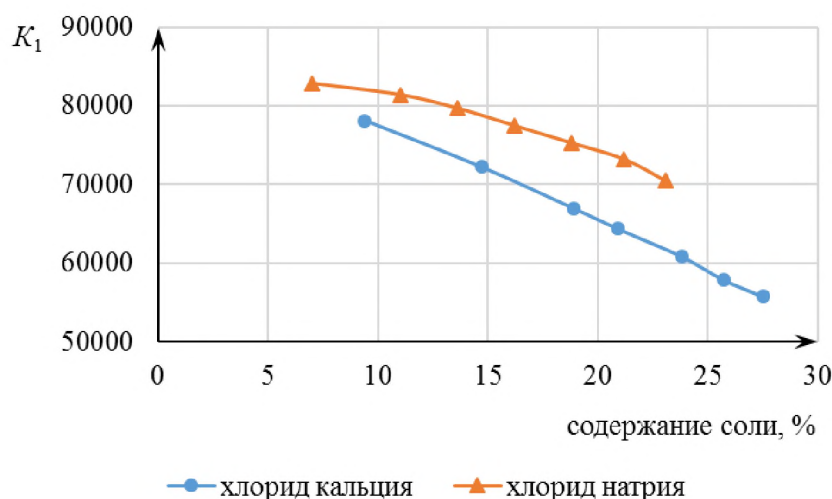


Рисунок – Зависимость коэффициента корреляции для расчета коэффициента теплоотдачи

Проведенные математические расчеты, основанные на справочных теплофизических характеристиках рассмотренных водных растворов хлорида кальция и хлорида натрия, позволяют сделать вывод о повышении коэффициента

теплоотдачи в растворах хлорида натрия по сравнению с раствором хлорида кальция при прочих равных условиях, что говорит о дополнительном положительном эффекте процесса водоподготовки теплоносителя в технологии теплоснабжения путем замены ионов кальция на ионы натрия. Повышение концентрации соли в растворе приводит к большей степени различия коэффициентов массоотдачи. Таким образом, ионообменный процесс эффективно использовать и для подготовки теплоносителя при подаче тепла потребителю.

### **Список использованных источников**

1. Шеина, Е. И. Анализ схемных решений систем централизованного теплоснабжения / Е. И. Шеина // Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. – Воронеж, 2019. – С. 47–49.
2. Иванова, Т. П. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы на системах водоснабжения и канализации в чрезвычайных ситуациях / Т. П. Иванова, В. П. Полуянов, А. М. Юрьев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2008. – № 3. – С. 98–109.
3. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – Москва : Издательство Альянс, 2007.