

Анипко О.Б., Гогенко А.Л., Арсеньева О.П.

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Одной из основных причин снижения интенсивности теплообмена при эксплуатации теплообменных аппаратов (ТА) является образование на теплообменной поверхности отложений, которые оказывают дополнительное сопротивление теплопередаче. Оценка термического сопротивления теплопередачи для различных условий эксплуатации ТА представляется важной, поскольку его рост в работающем ТА, в конечном итоге, может свести «на нет» преимущества самых высокоэффективных теплопередающих поверхностей [1].

К образованиям на поверхности, влияющим на термическое сопротивление теплопередаче следует отнести [2]: коррозию металлов, отложения солей и взвешенных твердых примесей, образование в потоке теплоносителей полимеров с их последующим отложением, кристаллизацию солей, оседание продуктов химических реакций, быструю адсорбцию органических соединений и другие.

Как видно процессам образования отложений подвержен широкий спектр теплообменного оборудования – от радиаторов систем охлаждения транспортных машин до технологического оборудования промышленности и теплоэнергетики. Здесь следует отметить, что при использовании чистых сред в качестве теплоносителей рост отложений настолько ограничен, что в процессе эксплуатации поверхность остается практически чистой (хладоны, аммиак, антифризы).

Толщина и теплофизические свойства слоя загрязнений зависят от времени работы, скорости потока теплоносителя, температуры, плотности теплового потока, концентрации примесей в теплоносителе, материала теплообменной поверхности. С учетом перечисленных факторов процесс образования и роста загрязнений представляется сложным, поэтому затруднительно разработать универсальный метод оценки термического сопротивления отложений в процессе эксплуатации.

Скорость образования слоя загрязнений $\delta_c(i)$ может быть оценена как разность факторов отложения (\hat{O}_a) и уноса (\hat{O}_w) [3]

$$\frac{d\delta_3}{d\tau} = \hat{O}_a - \hat{O}_w. \quad (1)$$

Фактор уноса (\hat{O}_w) трудно поддается аналитическому описанию, зависит от скорости теплоносителя и геометрической формы теплопередающей поверхности, в то время как практически можно наблюдать лишь действительную толщину отложений, как результат проявления обоих этих факторов. Поэтому дальнейший анализ ведётся исходя из предположения об интегральном эффекте отложения и уноса при образовании отложений.

После $\bar{\tau}$ часов работы коэффициент теплопередачи, как известно, определяется как

$$\frac{1}{k_{\bar{\tau}}} = \frac{1}{\alpha_{\bar{A}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_x} + R_{\bar{A}}(\bar{\tau}) + R_x(\bar{\tau}). \quad (2)$$

Или, если обозначить общее термическое сопротивление теплопередаче отложений в произвольный момент времени

$$R_{\tau} = R_{\bar{A}}(\bar{\tau}) + R_x(\bar{\tau}),$$

то выражение (2) перепишем в виде

$$\frac{1}{k_{\tau}} = \frac{1}{k} + R_{\tau}, \quad (3)$$

где $\frac{1}{k}$ – термическое сопротивление теплопередаче чистой поверхности.

Умножим левую и правую часть выражения (3) на k , тогда

$$\frac{k}{k_{\tau}} = 1 + kR_{\tau}. \quad (4)$$

Рассматривая уравнение теплопередачи с учетом (4) и принимая во внимание принцип постоянства теплового потока переносимого при рекуперации теплоты можно заключить, что температурный напор в ТА также изменится и будет составлять величину $(\Delta t)_{\tau}$.

Отложение слоя загрязнений (рис. 1) как со стороны горячего, так и холодного теплоносителей, уменьшают площадь проходного сечения, что влияет на скорость теплоносителей.

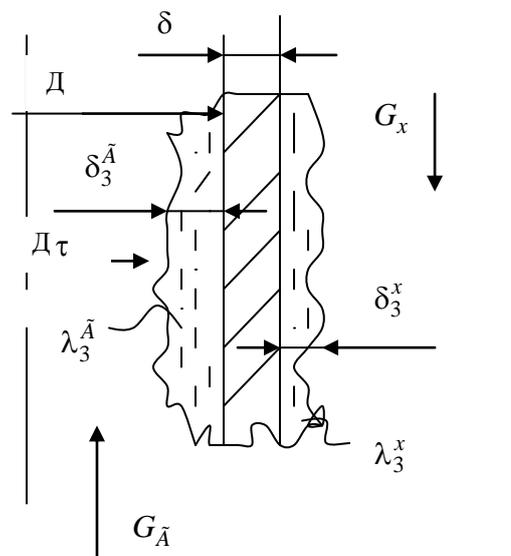


Рисунок 1 – Отложение загрязнений на теплообменной поверхности

При изменении проходного сечения возможно или увеличение скорости теплоносителя (если привод насоса регулируемый), либо её увеличение до некоторого максимально возможного значения

$$W^{\max} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot k_{\text{c\u0430\u0438}} \cdot N_o}{\rho \xi S_o}},$$

где N_o – расчетное значение мощности на прокачивание теплоносителя, а $k_{\text{c\u0430\u0438}} = 1,15 \dots 1,2$ – коэффициент запаса.

После чего, ввиду недостаточной мощности, начнет падать напор; скорость теплоносителя будет снижаться, а следовательно и коэффициент теплопередачи будет уменьшаться пропорционально Re^n в пределах одного и того же гидродинамического режима. При изменении скорости ниже $Re_{\delta\delta}$ степень изменения коэффициента теплоотдачи от Re поменяется.

При этом ввиду отложений изменится форма канала, шероховатость поверхности, температура разделяющей стенки, что в конечном итоге приведет к изменению температурного напора.

Таким образом совокупный эффект от влияния отложений на теплопередачу целесообразно оценить коэффициентом теплопередачи изменяющимся от времени работы ТА.

$$K_{\tau} = K_o \cdot A \cdot (\Delta t_{i\delta i.})^l \cdot \left(\frac{G}{G_o}\right)_x^p \left(\frac{G}{G_o}\right)_{\tau}^m, \quad (5)$$

где A – эмпирический коэффициент, $\Delta t_{i\delta i.} = \frac{\Delta t}{\Delta t_{\delta\delta i.}}$; l, p, m – эмпирические показатели

степени, получаемые для различных типов поверхностей.

С учетом (5) работа ТА будет описываться дифференциальным уравнением, полученным на основе применения уравнений теплового баланса и теплопередачи

$$-G_{\bar{A}} c dt = k_{\tau} \Delta t_{\delta\delta i.} dF \quad (6)$$

для случая, когда греющий теплоноситель не претерпевает фазовый переход, и в общем случае

$$-G_{\bar{A}} di = k_{\tau} \Delta t_{\delta\delta i.} dF. \quad (6')$$

Совместное применение выражений (5), (6) или (6') позволяет оценивать величину коэффициента теплопередачи на различных этапах эксплуатации.

Литература

1. Стерман Л.С., Тевлин С.А., Шарков А.Т. Тепловые и атомные электростанции. М.: Энергия. 1982.
2. Справочник по теплообменникам. Т.2/ Под редакцией Мартыненко О.Г. М. Энергоатомиздат. 1987. –352 с.
3. Tovazhnyansky L.L., Kapustenko P.A. Intensification of Heat and Mass Trasfer in Channels of Plate Condensers. Chem. Eng. Commun. Vol.31., no.6.

УДК 66.048.28.001

Аніпко О.Б., Гогенко О.Л., Арсеньєва О.П.

ЗМІНА ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЩОДО УТВОРЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ НА ТЕПЛО ПЕРЕДАЮЧОЇ ПОВЕРХНІ

Отримано диференційне рівняння яке дозволяє проводити параметричний аналіз теплопередачі при забрудненні поверхні у будь-який час експлуатації теплообмінника.