

УДК 621.565.952

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКЕ

Колос В.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Тарасевич Л.А.

Теплообменные аппараты поверхностного типа на предприятиях энергетики имеет широкое применение. В качестве теплоносителя используются горячая вода, пар, продукты нефтепереработки. По принципу действия рекуперативные теплообменные аппараты делятся на непрерывного и периодического действия. Они применяются в стационарных энергетических, теплофикационных и промышленных теплоиспользующих установках.

К рекуперативным теплообменным аппаратам непрерывного действия относятся: кожухотрубные теплообменные аппараты (горизонтальные и вертикальные), змеевиковые, спиральные теплообменники с ребристыми и гофрированными пластинчатыми поверхностями нагрева.

К рекуперативным теплообменным аппаратам периодического действия относятся: водоподогреватели-аккумуляторы, автоклавы, вулканизаторы, варочные котлы, конвекторы и подобные им теплообменники.

Эффективность работы всех перечисленных теплообменных аппаратов зависит от загрязнений отложениями поверхностей нагрева, что приводит к увеличению термического сопротивления этих поверхностей. Перспективным средством очистки поверхностей теплообмена от отложений является применение ультразвуковой очистки, что ведет к повышению коэффициента теплопередачи теплообменника.

Площадь поверхности нагрева теплообменного аппарата (F) определяется по общеизвестной формуле:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}, \quad (1)$$

где:

Q – теплопроизводительность аппарата, Вт;

K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²•°С);

Δt – температурный напор, °С.

Коэффициент теплопередачи (K) поверхностных теплообменных аппаратов с учетом загрязнений определяется по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2)$$

где:

α_1, α_2 – коэффициенты теплоотдачи между первичным и вторичным теплоносителями и стенкой, Вт/(м²•°С);

$\frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}}, \frac{\delta_3}{\lambda_3}$ – термическое сопротивление стыка трубок и слоя загрязнения;

$\lambda_{ст}, \lambda_3$ – теплопроводность стенки трубки и слоя загрязнения, Вт/(м•°С);

$\delta_{ст}, \delta_3$ – толщина стенки трубки и слоя загрязнения, м.

Для определения влияния отложений на коэффициент теплопередачи от стенки к нагреваемой жидкости (в данном случае – мазута) проведены расчеты при их различной толщине.

Результаты этих расчетов представлены в таблице 1

Таблица 1

Коэффициент теплопередачи в зависимости от толщины загрязнений стенок теплообменного аппарата

α_2 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	$\delta_3 = 0$	$\delta_3 = 0,1$ мм	$\delta_3 = 0,3$ мм	$\delta_3 = 0,5$ мм	$\delta_3 = 1,0$ мм	$\delta_3 = 1,5$ мм	λ_3 $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$
	$k,$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$						
290	276,1	223,9	160,1	120,6	77,5	55,7	0,12
174	170,5	148,5	118,3	94,6	65,8	49,9	
58	56,8	54,5	49,9	45,2	37,1	31,3	
290	276,1	244,6	200,1	167	121,5	92,8	0,23
174	170,5	157,5	136,9	120,6	94	76,1	
58	56,8	56,0	52,2	55,6	45,4	40,5	
290	276,1	256,4	223,9	197,2	149,6	118,3	0,35
174	170,5	162,4	148,5	136,9	112,5	94	
58	56,8	56,8	54,5	52,9	48,7	45,2	
290	276,1	261	303,9	211	168,2	139,2	0,46
174	170,5	164,7	154,3	143,8	121,8	105,6	
58	56,8	55,7	55,3	53,9	50,6	47,6	

Как видно из таблицы 1, значение коэффициента теплопередачи в значительной мере снижается в зависимости от толщины загрязнений.

Например, для коэффициента теплоотдачи от поверхности трубы $\alpha_2 = 58$ Вт/(м²·°C) и коэффициента теплопроводности загрязнений $\lambda_3 = 0,12$ Вт/(м·°C) коэффициент теплопередачи для труб с толщиной загрязнений $\delta = 1,5$ мм в сравнении с чистой поверхностью трубы снижается на 45 % ($K_{\delta=0} = 56,8$ Вт/(м²·°C); ($K_{\delta=1,5} = 31,3$ Вт/(м²·°C)).

Эффективным средством очистки поверхностей теплообмена от отложений является использование ультразвуковой аппаратуры. Способ ультразвуковой очистки заключается в применении упругих колебаний ультразвуковой частоты, возбуждаемых импульсным генератором и передаваемых объекту очистки с помощью магнитострикционного преобразователя, который крепится к крышке теплообменника или к трубной доске.

Экспериментальные исследования были проведены на теплообменных аппаратах для подогрева мазута. Магнитострикционные преобразователи устанавливались на продольной оси теплообменника в центре передней

крышки и соединялись с трубной доской. Нагрев мазута производился паром при давлении 0,6 МПа с температурой 170 °С. Очистка производилась 1 раз в 5–6 месяцев. Расход пара на подогрев 1 т мазута до внедрения ультразвуковой очистки составил 0,122 т или 0,288 ГДж/т. Расход пара на подогрев мазута после внедрения ультразвуковой очистки составил 0,0676 т/т или 0,159 ГДж/т. Снижение расхода пара составило 45 %.

Приведенные результаты исследований подтверждают эффективность применения ультразвуковой очистки поверхностей теплообменных аппаратов, применяемых на предприятиях различных отраслей народного хозяйства.