

УДК 621.311

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Колос В.М.

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

### Введение

Теплообменные аппараты на предприятиях энергетики применяются рекуперативного действия поверхностного типа. Теплоносители – горячая вода, пар, продукты нефтепереработки. 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.

От состояния поверхности нагрева всех перечисленных теплообменных аппаратов зависит эффективность их работы. Перспективным средством очистки поверхностей теплообмена от загрязнений является применение ультразвукового метода очистки, что повышает коэффициент теплопередачи теплообменника.

### Определение коэффициента теплопередачи от стенки трубок теплообменника к нагреваемой среде при различных толщинах загрязнений

Загрязнения поверхности нагрева различными отложениями резко снижают коэффициент теплопередачи ( $K$ ) теплообменного аппарата.

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/(м<sup>2</sup>•°С);

$\Delta t$ -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:

$\alpha_1, \alpha_2$ -коэффициенты теплоотдачи между первичным и вторичным теплоносителями и стенкой, Вт/(м<sup>2</sup>•°С);

$\frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}}, \frac{\delta_3}{\lambda_3}$ -термодинамическое 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) произведены расчеты при различной толщине.

Результаты этих расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1-Коэффициент теплопередачи в зависимости от толщины загрязнений стенок теплообменного аппарата

$\alpha_2$ $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ С}$	$\delta_3 = 0$	$\delta_3 = 0,1$ мм	$\delta_3 = 0,3$ мм	$\delta_3 = 0,5$ мм	$\delta_3 = 1,0$ мм	$\delta_3 = 1,5$ мм	$\lambda_3$ $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ С}$
	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ С}$	
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	

Из таблицы 1 видно, что значение коэффициента теплопередачи значительно снижается в зависимости от толщины загрязнений.

Например, для коэффициента теплоотдачи от поверхности трубы  $\alpha_2 = 58$  Вт/(м<sup>2</sup>•°С) и коэффициента теплопроводности загрязнений  $\lambda_3 = 0,12$  Вт/(м•°С) 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/(м<sup>2</sup>•°С); ( $K_{\delta=1,5} = 31,3$  Вт/(м<sup>2</sup>•°С)).

Эффективные средства очистки поверхностей теплообмена от загрязнений является применение ультразвуковой аппаратуры. Способ ультразвуковой очистки заключается в применении упругих колебаний ультразвуковой

частоты, возбуждаемых импульсным генератором и передаваемых объекту очистки с помощью магнитострикционного преобразователя, который приваривается к крышке теплообменника или к трубной доске.

Ультразвуковой способ очистки был применен на теплообменных аппаратах для подогрева мазута. Магнитострикционные преобразователи установлены на продольной оси теплообменника в центре передней крышки, соединены с трубной доской. Нагрев мазута осуществляется паром при давлении 0,6 МПа с температурой 170 °С. Подогреватели подвергались чистке отложений 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 %.

### **Вывод**

Приведены расчеты, подтверждающие эффективность ультразвуковой очистки поверхностей теплообменных аппаратов, применяемых на предприятиях энергетики Республики Беларусь.