

УДК 658.264

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА

Яцко М.А.

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

На предприятиях большой и малой энергетики в эксплуатации находится большое количество теплообменного оборудования, которое работает в различных температурных условиях. В качестве греющего агента применяется пар, горячая вода, нагретые продукты нефтепереработки и других производств. От состояния поверхности нагрева теплообменного оборудования зависит эффективность его работы.

Загрязнения поверхности нагрева теплообменного оборудования различными отложениями резко снижают коэффициент теплопередачи и это приводит к значительному увеличению расхода тепла. Характер отложений на теплообменной аппаратуре зависит от свойств греющего агента и нагреваемой среды.

Количество тепла  $Q$ , передаваемого от греющего агента нагреваемой среде, определяется по формуле

$$Q = k * F * \Delta t,$$

где:  $k$  – коэффициент теплопередачи,  $Вт/(м^2 * °C)$ ;

$F$  – температурный напор,  $°C$ ;

$\Delta t$  – поверхность теплообмена,  $м^2$ .

Связь коэффициента теплоотдачи, коэффициента теплопроводности материала стенки теплообменной поверхности и слоя загрязнений с коэффициентом теплопередачи выражается уравнением

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_n - d_{вн}}{\lambda_{ст}} * \frac{d_{вн}}{d_{ср}} + \frac{\delta}{\lambda_3} * \frac{d_n + 2 * \delta}{d_{ср.з}} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где:  $\alpha_1$  – коэффициент теплоотдачи внутри теплообменной трубы,  $Вт/(м^2 * °C)$ ;

$\alpha_2$  – коэффициент теплоотдачи снаружи теплообменной трубы,  $Вт/(м^2 * °C)$ ;

$d_{вн}$  – внутренний диаметр теплообменной трубы,  $м$ ;

$d_n$  – наружный диаметры теплообменной трубы,  $м$ ;

$d_{ср}$  – средний диаметр теплообменной трубы,  $м$ ;

$d_{ср.з}$  – средний диаметр слоя загрязнений,  $м$ ;

$\delta$  – толщина слоя загрязнений,  $м$ ;

$\lambda_{ст}$  – коэффициент теплопроводности материала теплообменных труб,  $Вт/(м * °C)$ ;

$\lambda_3$  – коэффициент теплопроводности загрязнений,  $Вт/(м * °C)$ .

Эту формулу можно представить в следующем виде

$$k = \frac{1}{R_1 + R_{ст} + R_3 + R_2},$$

где:  $R_1$  – термическое сопротивление со стороны внутренней стенки трубы;

$R_{ст}$  – термическое сопротивление материала стенки трубы;

$R_3$  – термическое сопротивление слоя загрязнений;

$R_2$  – термическое сопротивление со стороны наружной стенки трубы.

Для определения влияния отложений на коэффициент теплопередачи от стенки трубы к нагреваемой жидкости (для теплообменника-подогревателя мазута) произведены расчеты при различной толщине загрязнений. Результаты этих расчетов приведены в таблице.

$\alpha_2$ , $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$\delta = 0$	$\delta = 0.1мм$	$\delta = 0.3мм$	$\delta = 0.5мм$	$\delta = 1.0мм$	$\delta = 1.5мм$	$\lambda$ , $\frac{Вт}{м * °С}$
	$k$ , $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k$ , $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k$ , $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k$ , $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k$ , $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k$ , $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	
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 видно, что значение коэффициента теплопередачи значительно снижается в зависимости от толщины загрязнений.

Например: для коэффициента теплоотдачи от поверхности трубы  $\alpha_2 = 58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{°С})$  и коэффициента теплопроводности загрязнений  $\lambda_3 = 0.12 \text{ Вт}/(\text{м} * \text{°С})$  коэффициент теплопередачи для труб с толщиной загрязнений  $\delta = 1.5$  мм в сравнении с чистой поверхностью трубы снижается на 45%.

Эффективным средством 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 подогревателях мазута. Магнитострикционные преобразователи установлены по продольной оси теплообменника в центре передней крышки, соединены с трубной доской. Нагрев мазута осуществляется паром при давлении 0.6 МПа с температурой 170<sup>0</sup>С. Подогреватели подвергались чистке отложений 1 раз в 5–6 месяцев. Расход пара на подогрев 1 т мазута до внедрения ультразвуковой очистки составлял 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%.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что применение ультразвуковой очистки на теплообменном оборудовании позволяет существенно улучшить экономические показатели работы теплообменного оборудования.

#### Литература

1. Багиров И.Т., Кардаш И.М. Снижение энергозатрат на нефтеперерабатывающих заводах. – М.: Химия, 1972.

УДК 621.184