

УДК 658.264

**ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ
ОЧИСТКИ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ON THE EFFICIENCY OF USE OF ULTRASONIC CLEANING FOR
HEAT-EXCHANGE EQUIPMENT**

М.Д. Сытая

Научный руководитель – Л.А. Тарасевич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь
leo07@tut.by

M. Sytaya

Supervisor – L. Tarasevich, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в статье рассматриваются эффективность применения ультразвуковой очистки теплообменного оборудования.*

***Abstract:** the article discusses the effectiveness of ultrasonic cleaning of heat exchange equipment.*

***Ключевые слова:** ультразвуковая очистка, теплообменное оборудование.*

***Keywords:** ultrasonic cleaning, heat exchange equipment.*

Введение

На энергетических предприятиях нашли применение большое количество теплообменного оборудования, работающего на разных параметрах и при разных температурах. В качестве рабочих сред в теплообменных установках используют влажный пар, сетевую и подпиточную воду. Эффективность работы оборудования напрямую зависит от загрязнения поверхностей нагрева, так как они снижают коэффициент теплопередачи из чего вытекает увеличение расхода тепла.

Основная часть

Характер загрязнений теплообменного оборудование зависит используемого типа теплоносителей в двух контурах (греющий и нагреваемый).

Количество тепла Q , которое передается от греющего контура к нагреваемому можно найти по формуле:

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

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

F - температурный напор, $°C$;

Δt - площадь поверхность теплообмена, $м^2$.

Взаимосвязь между коэффициентом теплопроводности материала стенки и коэффициентом теплоотдачи слоя загрязнений с коэффициентов теплопередачи выражается уравнением:

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

где: α_1 - коэффициент теплоотдачи внутри теплообменной трубы, $Вт/(м^2 * °C)$;

α_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, $м$;

δ - толщина слоя загрязнений, $м$;

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

λ_3 - коэффициент теплопроводности загрязнений, $Вт/(м * °C)$.

Так же данную формулу можно представить в следующем виде:

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

где: R_1 - термическое сопротивление со стороны внутренней стенки трубы;

$R_{см}$ - термическое сопротивление материала стенки трубы;

R_3 - термическое сопротивление слоя загрязнений;

R_2 - термическое сопротивление со стороны наружной стенки трубы.

При различной толщине загрязнений были произведены расчеты её влияния на коэффициент теплопередачи. Результаты сведены в таблицу.

Результаты расчетов подтверждают вышесказанное о том, что при увеличении толщины загрязнения коэффициент теплопередачи падает.

Ярким примером является снижения коэффициента на 45% при толщине загрязнений всего 1.5 мм.

Перейдем к средствам очистки поверхностей. Одним из наиболее эффективных является ультразвуковая чистка. Принцип действия заключается в использовании колебаний ультразвуковой частоты и передаче их объекту при помощи магнитострикционного преобразователя, который закрепляется способом приварки к крышке теплообменного устройства или трубной доске.

Данный метод первоначально использовался для очистки подогревателей мазута. Магнитострикционные устройства для подогрева мазута присоединяют к передней крышке с помощью сварки. Далее данные

преобразователи соединяют с трубной доской. Нагрев вещества осуществлялся паром с установленными параметрами: давление – 0,6 Мпа, температура – 170 градусов Цельсия. Чистка осуществлялась один раз в полгода. До начала использования рассматриваемого метода чистки расход пара на подогрев составлял 0,122 тонны. Для сравнения, при использовании чистки расход сократился на 45%.

Таблица 1 – Результаты расчета влияния толщины стенки на коэффициент теплопередачи

$\alpha_2,$ $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$\delta = 0$	$\delta = 0.1мм$	$\delta = 0.3мм$	$\delta = 0.5мм$	$\delta = 1.0мм$	$\delta = 1.5мм$	$\lambda,$ $\frac{Вт}{м * °С}$
	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	$k,$ $\frac{Вт}{м^2 * °С}$	
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	

Заключение

Подводя итоги, можем сделать вывод, что применение ультразвуковой чистки на теплообменном оборудовании улучшило его физические и экономические параметры.

Литература

1. Снижение энергозатрат на нефтеперерабатывающих заводах / И.Т. Багиров, И.М. Кардаш. – М.: Химия, 1972.
2. Ультразвуковая очистка [Электронный ресурс] / Ультразвуковая чистка. – Режим доступа: <http://www.electrolibrary.info/newtechnolog/17-ultrazvukovay-ochistka-poverhnostey.html/>. – Дата доступа: 25.04.2022.