

## КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕНА И ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩИМ СПОСОБОМ

Гарнышова Елена Владимировна<sup>1</sup>, Измайлова Евгения Вячеславовна<sup>2</sup>,  
Ваньков Юрий Витальевич<sup>3</sup>

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Россия

<sup>1</sup>*garnyshova@mail.ru*, <sup>2</sup>*evgeniya-izmailova@yandex.ru*, <sup>3</sup>*yvankov@mail.ru*

**Аннотация:** Для повышения энергоэффективности и продления срока службы поверхностей теплообмена и трубопроводных систем, которые в процессе эксплуатации обрастают коррозионно-накипными отложениями, необходимо своевременно проводить контроль неразрушающими методами. Наличие отложений изменяет толщину, массу и, следовательно, собственные частоты колебаний. Имея «акустический паспорт» изделия, зная текущие частоты колебаний контролируемых поверхностей, можно выявлять отложения и устранять их.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, поверхность теплообмена, отложения, метод свободных колебаний.

## CONTROL OF HEAT TRANSFER SURFACES AND PIPING SYSTEMS NON-DESTRUCTIVE METHOD

Garnyshova Elena Vladimirovna<sup>1</sup>, Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna<sup>2</sup>  
Vankov Yuri Vitalevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FSBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia

<sup>1</sup>*garnyshova@mail.ru*, <sup>2</sup>*evgeniya-izmailova@yandex.ru*, <sup>3</sup>*yvankov@mail.ru*

**Annotation:** To improve energy efficiency and extend the service life of heat exchange surfaces and piping systems, which in the process of operation are fouled with corrosion and scale deposits, it is necessary to carry out timely control by nondestructive methods. The presence of deposits changes the thickness, mass and, consequently, the natural frequencies of oscillations. Having the "acoustic passport" of the product, knowing the current vibration frequencies of the controlled surfaces, it is possible to identify deposits and eliminate them.

**Keywords:** non-destructive testing, heat exchange surface, deposits, method of free vibration.

Причиной снижения экономичности, надежности, нарушения или даже прекращения работы теплоэнергетического оборудования и трубопроводных систем являются поверхностные явления, самопроизвольно возникающие в результате контакта конструкционных материалов с водой и ее примесями [1, 2]. Являясь следствием тепловых, гидродинамических, химических и электрохимических процессов эти явления приводят к различным видам коррозионного разрушения

конструкций, в том числе и утонение стенок, образованию сквозных отверстий, накипных отложений и шлама. Отложения могут представлять собой инородные материалы, продукты износа или натуральные отходы, например, кальций, воск, гидраты, накипь, нафтенат и асфальтены.

Задачей исследования является разработка неразрушающего способа контроля поверхностей теплообмена и трубопроводных систем, основанного на методе свободных колебаний, а целью – снижение трудоемкости их контроля состояния.

Авторами было создано устройство (рис. 1), реализующее предлагаемый неразрушающий способ контроля [3–5].

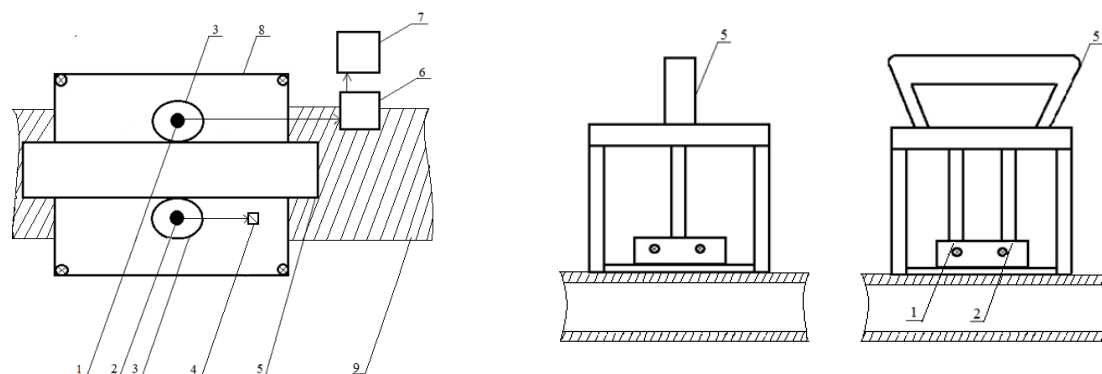


Рис. 1. Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена

На рис. 1 цифрами обозначены: 1 – пьезоэлектрический датчик; 2 – ударник; 3 – отверстия; 4 – тумблер; 5 – ручка; 6 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 7 – персональный компьютер (ПК); 8 – корпус; 9 – поверхность теплообмена или трубопровод.

Этот способ реализуется следующим образом: на поверхность теплообмена или трубопроводную систему 9 устанавливается устройство, на корпусе 8 которого находятся два отверстия 3, тумблер 4 и ручка 5, с помощью которой происходит его перемещение. В первом отверстии располагается ударник 2, управление которым осуществляется с помощью тумблера 4, имеющего два положения ВКЛ/ВЫКЛ. Во втором отверстии располагается пьезоэлектрический датчик 1, соединенный с АЦП 6. Корпус устройства 8 устанавливают на первый диагностируемый участок поверхности теплообмена. Далее при нажатии тумблера 4 в положение ВКЛ, ударник 2 возбуждает колебания на поверхности теплообмена, пьезоэлектрический датчик 1 принимает аналоговый сигнал. Далее нажимается тумблер 4 в положение ВЫКЛ. После возбуждения колебаний аналоговый сигнал с пьезоэлектрического датчика 1 поступает на АЦП 6, на выходе которого цифровой сигнал попадает в оперативную память ПК 7, где в виде файла на жесткий диск записывается посредством специального программного обеспечения, и подвергается дальнейшей

обработке.

Таким образом, неразрушающий способ контроля поверхностей теплообмена и трубопроводных систем заключается в записи сигналов свободных колебаний изделия с отложениями и сравнении их с сигналами свободных колебаний без отложений, и по этому сравнению судят о наличии и толщине отложений. Наличие отложений изменяет толщину, массу изделий и, следовательно, собственные частоты колебаний. Имея «акустический паспорт» изделия, зная текущие частоты колебаний контролируемых поверхностей, можно определить наличие и толщину отложений. Своевременный контроль поверхностей теплообмена, выявление отложений и его чистка позволяет повысить энергоэффективность, продлить срок службы.

#### Источники

1. Izmaylova E.V., Politova T.O., Garnyishova E.V., Garifullin M.Sh. Control of the condition of heat exchange surfaces by free vibration method / Water Power Energy Forum 2018, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 288 (2019) 012091. doi:10.1088/1755-1315/288/1/012091.

2. Izmailova E.V., Garnyishova E.V., Kazakov R. B., Serov V.V. Determination of the sediment thickness on the heat-exchange surfaces by free vibration method // Smart Energy System – 2019. E3S Web of Conferences 124, 05069 (2019). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405069>.

3. Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В., Гарнышова Е.В., Зиганшин Ш.Г. Патент на полезную модель № 198469, МПК G01B 5/00 «Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена» от 13.07.2020.

4. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена // V Национальная научно–практическая конференция «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и ЖКХ». – Казань: КГЭУ, С. 668-671.

5. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Оценка толщины отложений на внутренней поверхности теплообмена по затуханию собственных колебаний // ИЗВУЗ. ПЭ, 2020. Т. 22. № 4. С. 106-114.