

Филин Андрей Васильевич, студент магистр по направлению подготовки «теплоэнергетика и теплотехника», 1 курс Национальный исследовательский

Мордовский государственный университет, Россия, г.о. Саранск

Лапин Евгений Сергеевич, Старший преподаватель кафедры теплоэнергетических систем Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Россия, г.о. Саранск

Лапин Роман Сергеевич, студент бакалавр по направлению подготовки «теплоэнергетика и теплотехника», 1 курс Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Россия, г.о. Саранск

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОМЫВКИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НАСТЕННЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ

Аннотация: Влияние систем теплоснабжения на окружающую среду связано с тем, что в теплоэнергетическом оборудовании в результате физико-химических процессов, протекающих в водной среде, на теплопередающих поверхностях образуются твердые отложения, ухудшающие процессы теплопередачи.

Коррозионный слой и отложения увеличивают потребление топлива, снижают надежность, эффективность и работоспособность теплообменного оборудования и трубопроводов. Образование отложений может полностью блокировать работу системы, привести к закупориванию, ускорить коррозию и привести к местным перегревам, прогарам и разрывам котлов и труб, результатом которых является увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу и сбросы в водоемы.

Рассмотрена возможность совершенствования процесса химической промывки теплообменников настенных теплогенераторов, основанные на применении импульсных процессов течения рабочей жидкости.

Ключевые слова: химическая промывка, поверхность теплопередачи, эффективность, надежность.

Annotation: The influence of heat supply systems on the environment is due to the fact that in thermal power equipment, as a result of physico-chemical processes occurring in an aqueous medium, solid deposits form on heat transfer surfaces that worsen heat transfer processes.

The corrosion layer and deposits increase fuel consumption, reduce the reliability, efficiency and operability of heat exchange equipment and pipelines. The formation of deposits can completely block the operation of the system, lead to clogging, accelerate corrosion and lead to local overheating, burnouts and ruptures of boilers and pipes, which result in an increase in emissions of harmful substances into the atmosphere and discharges into reservoirs.

The possibility of improving the process of chemical flushing of heat exchangers of wall-mounted heat generators based on the use of pulsed processes of working fluid flow is considered.

Key words: chemical washing, heat transfer surface, efficiency, reliability.

Введение. Преимущественные требования к современным системам теплоснабжения – надежность, долговечность, эффективность, экономичность. Одним из способов повышения энергоэффективности системы теплоснабжения является применение более прогрессивных способов промывки пластинчатых теплообменников.

В результате комплексных исследований выделяют три основные формы присутствия отложений в теплоэнергетическом оборудовании: первичная накипь, вторичная накипь, продукты коррозии. Четкой границы между этими видами отложений не существует, так как накипь при определенных условиях может превращаться в шлам и наоборот – шлам в накипь [1].

Химические способы очистки широко используются на практике, при их использовании достигается более полное удаление отложений. Существующие

методы химической очистки основаны на полном либо частичном превращении нерастворимых отложений в соли или комплексы, хорошо растворимые в воде [2].

Одним из путей решения по снижению отложений на теплопередающей поверхности является организация импульсного режима циркуляции. В работах [3; 4; 5] описано активное влияние импульсной циркуляции на образование отложений на теплопередающих поверхностях.

Цель работы – применение технологии импульсной циркуляции рабочей жидкости (H_3PO_4) для повышения эффективности химической промывки теплообменников настенных теплогенераторов.

Методика исследований. Для внедрения импульсной технологии течения жидкости была разработана лабораторная установка для промывки теплообменников настенных теплогенераторов, представленная на рис. 1.

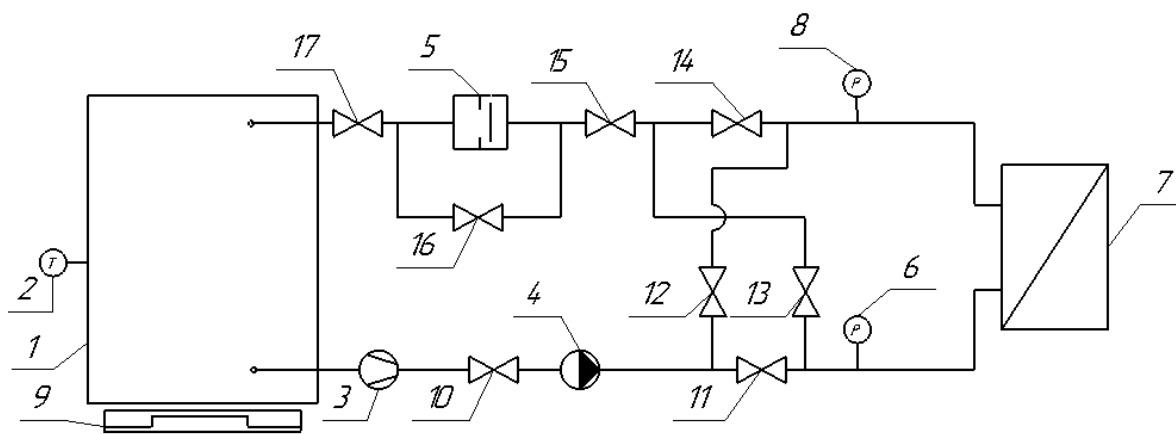


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки для промывки теплообменников настенных теплогенераторов и ее элементы: 1 – бак рабочей жидкости; 2 –термометр; 3 – расходомер; 4 – циркуляционный насос; 5 – электромагнитный клапан; 6, 8 – датчик давления; 7 – пластинчатый теплообменник; 10-17 – запорная арматура; 9 – электрическая плитка

Лабораторная установка имеет два режима работы: I режим со стационарной циркуляцией рабочей жидкости; II режим с импульсной циркуляцией рабочей жидкости.

I режим со стационарной циркуляцией рабочей жидкости:

Установка работает следующим образом, рабочая жидкость в виде раствора ортофосфорной кислоты (концентрация 1:10) заполняет бак 1, осуществляется нагрев рабочей жидкости до заданной температуры электрической плиткой 9, далее осуществляется циркуляция рабочей жидкости циркуляционным насосом 4 по контуру бак 1 – теплообменник 7. В этом режиме задвижки 12, 13, 15, 17 находятся в закрытом положении. Температура рабочей жидкости контролируется термометром 2 и поддерживается электрической плиткой 9. Процесс промывки теплообменника осуществляется до того момента пока перепад давления на теплообменнике 7 не станет равным номинальному. Контроль перепада давления осуществляется при помощи датчиков давления 6 и 8.

II режим с импульсной циркуляцией рабочей жидкости:

Установка работает следующим образом, рабочая жидкость в виде раствора ортофосфорной кислоты (концентрация 1:10) заполняет бак 1, осуществляется нагрев рабочей жидкости до заданной температуры электрической плиткой 9, далее осуществляется циркуляция рабочей жидкости циркуляционным насосом 4 по контуру бак 1 – теплообменник 7. При достижении нужной скорости рабочей жидкости запускается ударный узел, тем самым создавая импульсный режим течения рабочей жидкости. Процесс промывки теплообменника осуществляется до того момента пока перепад давления на теплообменнике 7 не станет равным номинальному. Контроль перепада давления осуществляется при помощи датчиков давления 6 и 8.

Лабораторная установка для промывки теплообменников настенных теплогенераторов реализована на кафедре теплоэнергетических систем ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва». Внешний вид установки приведен на рис. 2.

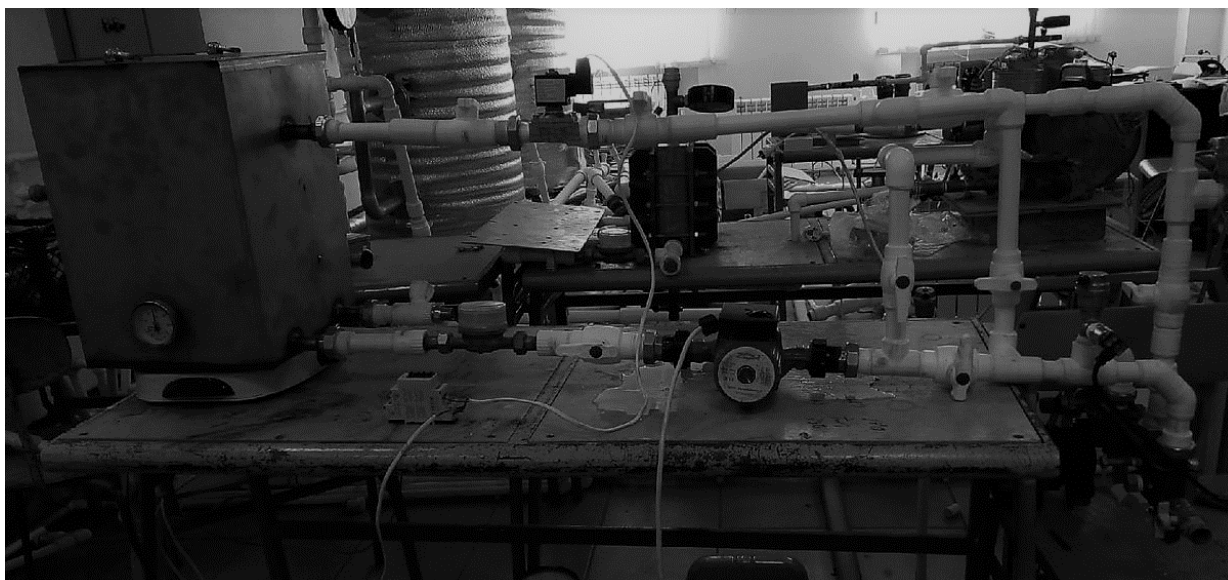


Рисунок 2 – Внешний вид лабораторной установки для промывки теплообменников
настенных теплогенераторов

Проводился полный факторный эксперимент типа 2^3 , где число факторов $k=3$, число уровней $p=2$, число опытов $N=8$, число повторных опытов $n=5$ [6; 7].

По результатам экспериментов построено уравнение математической модели:

$$\hat{y} = 100,99 - 5,73x_1 - 16,25x_2 - 2,50x_1x_2x_3, \quad (10)$$

где x_1 – частота колебаний рабочей жидкости, Гц;

x_2 – температура рабочей жидкости, °С;

x_3 – объем рабочей жидкости, м³.

Адекватность математической модели определяется по критерию Фишера:

$$F_{\text{расч.}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\{y\}}^2}, \quad (12)$$

$F_{\text{расч.}} < F_{\text{табл.}}$, следовательно, модель адекватна.

Результаты исследований. Поясним физический смысл полученной математической модели. Полученное соотношение показывает взаимосвязь

эффективности химической промывки пластинчатого теплообменного аппарата с такими факторами, как температура рабочей жидкости, частоту колебаний рабочей жидкости и объем рабочей жидкости. На параметр оптимизации перечисленные факторы влияют пропорционально, на что указывают линейные эффекты (Рис 3–5). С увеличением значений факторов эффективность химической промывки должна увеличиваться.

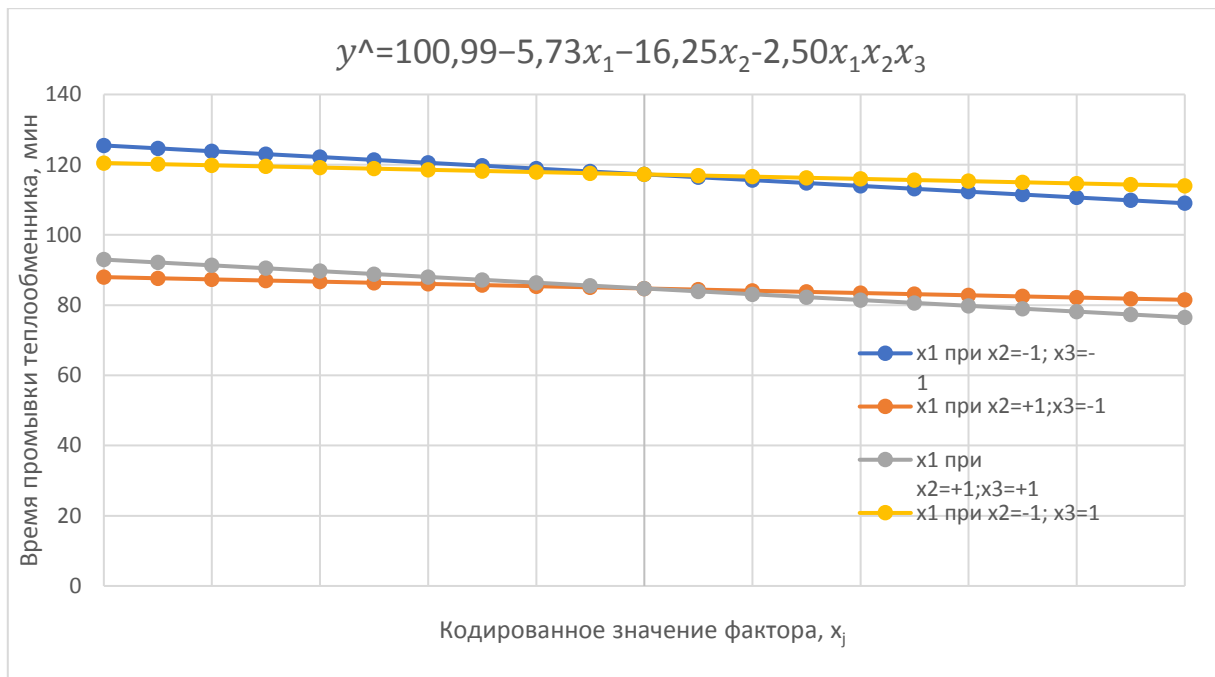


Рисунок 3– График математической модели на x_1 при $x_2, x_3 = const$

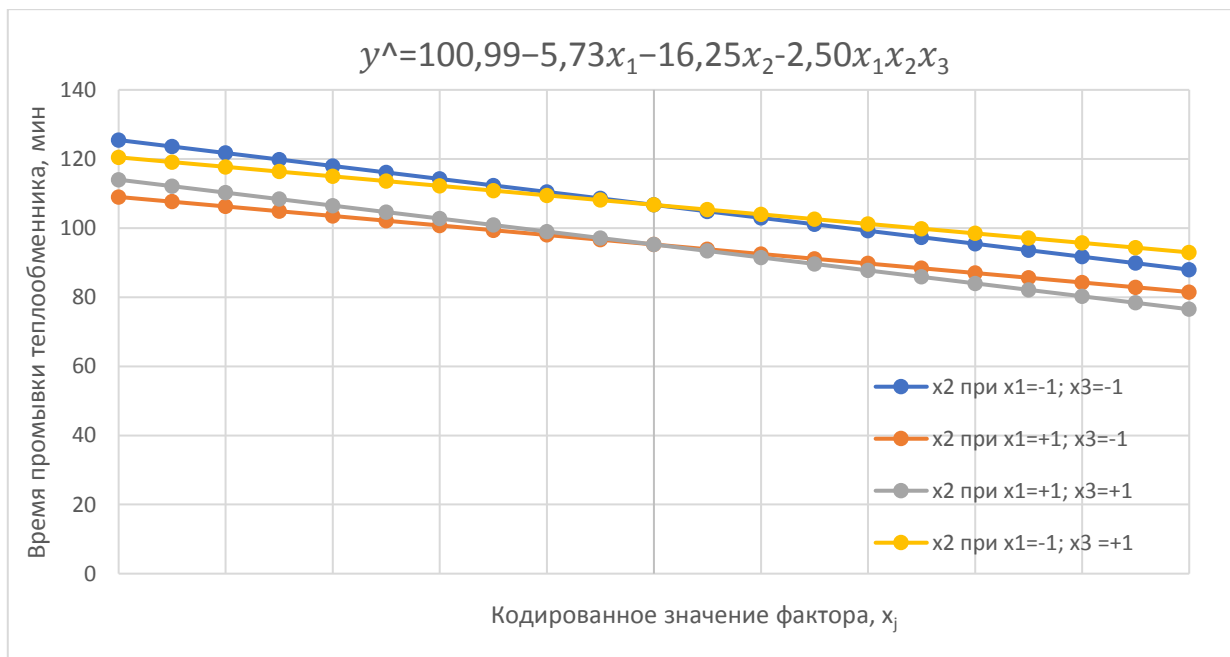


Рисунок 4 – График математической модели на x_2 при $x_1, x_3 = const$

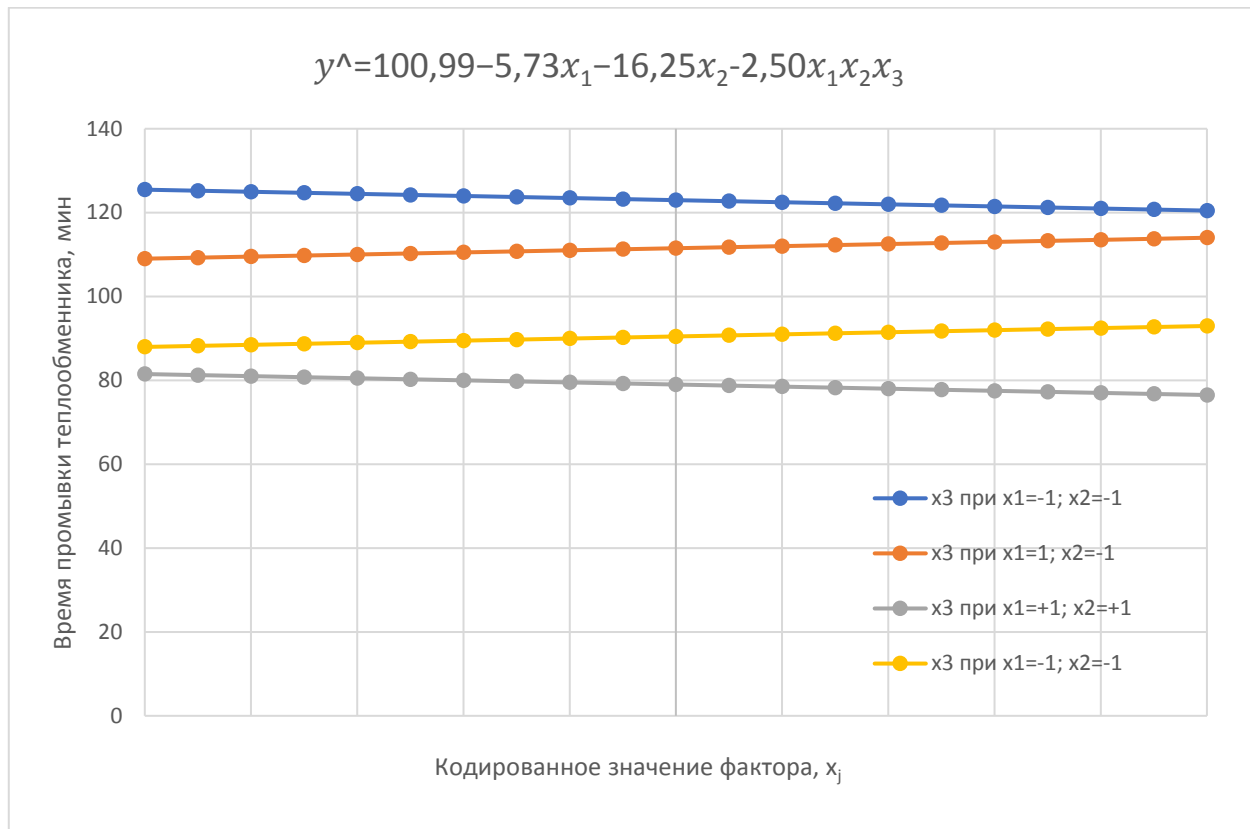


Рисунок 5 – График математической модели на x_3 при $x_1, x_2 = const$

Выводы. Наибольшее влияние оказывает температура рабочей жидкости и частота колебаний рабочей жидкости. Наименьшее влияние оказывает изменение объема рабочей жидкости.

Минимальное время промывки теплообменника настенного теплогенератора достигнуто при амплитуде колебаний 1 Гц, температуре рабочей жидкости 60 °С при объеме 28 л и составило 76,5 минут.

Библиографический список:

1. Балабан-Ирменин Ю.В. Закономерности накипеобразования в водогрейном оборудовании систем теплоснабжения (обзор) / Ю.В. БалабанИрменин [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. – 2004. – Т. 30. – № 3 – С. 10–16.

2. Абрамов В.А. Накипеобразование в судовых теплообменниках, методы их очистки и растворимость $CaCO_3$ в растворах сульфаминовой кислоты при 126

повышенных давлениях CO₂ / В.А. Абрамов // Судовые энергетические установки. – 2013. – № 31. – С. 5–24.

3. Кудашев, С. Ф. Индивидуальный тепловой пункт с импульсной циркуляцией теплоносителя: специальность 05.23.03 "Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С. Ф. Кудашев. – Саранск, 2014. – 133 с.

4. Пат. РФ № 86841, МПК А01G 25/00. Ударный узел для газогидравлического устройства/А. П. Левцев, А. Н. Макеев; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева». -№ 2009116882; заявл. 04.05.2009; опубл. 20.09.2009, Бюл. № 26.

5. Система импульсной промывки секционных радиаторов / А. Ю. Ефимов, М. В. Девяткина, В. А. Ефимов, В. В. Хряпин // Сельский механизатор. – 2021. – № 5. – С. 24-25.

6. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976.

7. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности). – М.: Легкая индустрия, 1974.