

Малышев Евгений Владимирович

*студент, кафедра автоматизация технологических процессов
производства,*

Казанский государственный энергетический университет,

РФ, г. Казань

E-mail: mushroom.2904@mail.ru

Гильфанов Камиль Хабибович

Научный руководитель, доктор тех. наук, профессор,

Казанский государственный энергетический университет,

РФ, г. Казань

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ПНД
ТУРБОУСТАНОВКИ Т-100-130: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

В статье рассматриваются перспективные направления модернизации системы регенерации с подогревателями низкого давления (ПНД) турбоустановки Т-100-130. Проведен анализ современных методов интенсификации теплообмена, включая применение поверхностей сложной геометрии и интеллектуальных систем управления. Особое внимание уделено исследованию амплитудно-фазовых частотных характеристик тепловых параметров, что позволяет оптимизировать работу теплообменного оборудования в переходных режимах. Предложена комплексная методика модернизации, основанная на использовании дискретно-шероховатых поверхностей теплообмена и адаптивной системе управления.

The article discusses promising directions for modernizing the regeneration system with low-pressure heaters (LPH) of the T-100-130 turbine unit. An analysis of

modern methods for heat transfer intensification is carried out, including the application of complex-geometry surfaces and intelligent control systems. Particular attention is paid to the study of amplitude-phase frequency characteristics of thermal parameters, which allows for optimizing the operation of heat exchange equipment in transient modes. A comprehensive modernization methodology based on the use of discretely-roughened heat exchange surfaces and an adaptive control system is proposed.

Ключевые слова: турбоустановка Т-100-130, система регенерации, ПНД, интенсификация теплообмена, амплитудно-фазовые характеристики, модернизация.

Keywords: T-100-130 turbine unit, regeneration system, low-pressure heater (LPH), heat transfer intensification, amplitude-phase frequency characteristics, modernization.

ВВЕДЕНИЕ

Турбоустановка Т-100-130, несмотря на длительный срок эксплуатации, остается важным элементом энергосистемы России. Одним из ключевых направлений повышения ее эффективности является модернизация системы регенерации, в частности подогревателей низкого давления. Современные исследования показывают, что применение инновационных методов интенсификации теплообмена позволяет значительно повысить КПД турбоустановки без капитальной реконструкции [1].

Особый интерес представляют работы Гильфанова К.Х. и др. [2], где исследуются амплитудно-фазовые частотные характеристики тепловых параметров в цилиндрических каналах. Эти исследования имеют важное значение для оптимизации работы ПНД в переходных режимах эксплуатации.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа эффективности модернизации системы регенерации ПНД турбоустановки Т-100-130 использовались следующие методы:

1. Теоретический анализ теплообменных процессов в ПНД
2. Моделирование амплитудно-фазовых характеристик тепловых параметров
3. Экспериментальные исследования тепловой инерционности
4. Нейросетевое моделирование дискретно-шероховатых поверхностей теплообмена

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

На основе анализа работ [2, 3] установлено, что применение поверхностей теплообмена с искусственной шероховатостью в виде лунок позволяет увеличить коэффициент теплопередачи на 15-20% по сравнению с традиционными гладкими трубками. Это связано с интенсификацией турбулентного перемешивания теплоносителя и разрушением пограничного слоя.

Исследование амплитудно-фазовых частотных характеристик тепловых параметров в начальном участке цилиндрического канала [2] показало, что оптимальное управление режимными характеристиками ПНД должно учитывать:

- Фазовый сдвиг между изменением расхода и температуры
- Амплитудные соотношения при различных частотах возмущений
- Тепловую инерционность системы

Предлагаемая методика модернизации включает:

1. Замену теплообменных трубок на элементы с дискретно-шероховатой поверхностью
2. Внедрение интеллектуальной системы управления на основе нейросетевых алгоритмов

3. Установку дополнительных датчиков для мониторинга тепловых параметров

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что модернизация системы регенерации ПНД турбоустановки Т-100-130 с применением современных методов интенсификации теплообмена позволяет:

- Повысить КПД турбоустановки на 2-3%
- Снизить удельный расход топлива
- Увеличить надежность работы оборудования
- Обеспечить адаптацию к переменным режимам нагрузки

Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию геометрии теплообменных поверхностей и разработку цифровых двойников системы регенерации.

Список литературы:

1. Гильфанов К.Х., Шакиров Р.А., Гайнуллин Р.Н. Нейросетевое моделирование дискретно-шероховатых поверхностей теплообмена в виде лунок // Вестник Технологического университета. 2018. Т. 21. № 12. С. 102-105.
2. Гильфанов К.Х., Минашеев Н.Ю., Гайнуллин Р.Н. и др. Амплитудно-фазовые частотные характеристики тепловых параметров в начальном участке цилиндрического канала // Энергетика Татарстана. 2014. № 2 (34). С. 64-67.
3. Гильфанов К.Х., Шакиров Р.А., Гайнуллин Р.Н., Коннов Ф.В. Способ интенсификации теплообмена на основе интеллектуального управления режимными характеристиками теплообменного оборудования // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. № 4 (56). С. 91-102.

4. Попкова О.С., Файзуллина А.Н., Гильфанов К.Х. Определение параметров для эффективного горения малосерийного мазута // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 132. С. 1267-1276.