

ОТЗЫВ

официального рецензента, доктора PhD Шерова Айбека Карибековича на диссертационную работу Ратушной Татьяны Юрьевны на тему «Разработка инновационной технологии восстановления лопаток сложной геометрии паровых и газовых турбин ТЭЦ с применением высококонцентрированных источников плазменной энергии», представленную на соискание ученой степени доктор философии (PhD) по специальности 6D071200 - Машиностроение

1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена необходимостью поддержания в рабочем состоянии турбинных агрегатов ТЭЦ и ГЭС и качественной оценки восстановленных лопаток турбин, с целью надежного обеспечения государства тепло и электроэнергией. Дефицит отечественных инновационных технологий восстановления существенно ограничивает использование высокого потенциала турбин ТЭЦ, а зарубежные аналоги комплектованных значительно повышают стоимость процессов реновации лопаток.

Применение инновационных технологий восстановления лопаток турбин ТЭЦ высококонцентрированными источниками плазменной энергии, с модификацией физико-механических свойств получаемой поверхности, позволяют повысить их долговечность и увеличить межремонтный ресурс.

Эффективность разработанной технологии для ремонтно-восстановительных работ выражена снижением затрат на ремонт на 18% и увеличением межремонтного интервала на 16%. Безотказная работа обеспечивают высокую производительность турбины.

Диссертационная работа Ратушной Татьяны Юрьевны на тему «Разработка инновационной технологии восстановления лопаток сложной геометрии паровых и газовых турбин ТЭЦ с применением высококонцентрированных источников плазменной энергии» направлена на повышение ресурса и производительности турбины.

Работа выполнялась в рамках гранта МОН РК по теме: «Разработка и внедрение энергоэффективной технологии восстановления лопаток сложной геометрии паровых и газовых турбин ТЭЦ высококонцентрированными источниками плазменной энергии с адаптивной системой управления процессами».

2. Научные результаты и их обоснованность (пункты 2,5,6 «Правил присуждения ученых степеней»)

В ходе проведенных исследований докторантом получены следующие результаты:

- разработаны и обоснованы критерии оценки тяжести последствий случайных дефектов лопаток турбин и установлены зависимости, определяющие пределы эффективного изменения энергии, вырабатываемой турбиной в зависимости от удельных затрат на восстановление последствий отказа;

- усовершенствована математическая модель изменения динамических и вибрационных нагрузок в процессе эксплуатации турбины;
- обоснованы допустимые пределы изменения напряженности восстанавливаемой поверхности в зависимости от структурно-фазовых изменений в лопатке турбин;
- установлены зависимости изменения адгезии напыляемого материала, твердости и фазовых составляющих материала от технологических режимов восстановления плазменной субстанцией;
- разработан инновационный технологический процесс плазменного восстановления структуры основы и проектной геометрии некондиционных лопаток турбин ТЭЦ методом «имплантации» с последующим термоциклированием;
- модернизирована конструкция плазмотрона путем введения в систему газоздушного тракта трехзаходного вихревого смесителя для многокомпонентной порошковой смеси.

Научные результаты, представленные в рецензируемой диссертационной работе, являются достоверными и подтверждены результатами экспериментальных исследований. Обоснованность результатов обусловлена использованием современных методов неразрушающего контроля, проведенных металлографических исследований, апробации предлагаемых конструктивных решений в условиях предприятий г. Петропавловск.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Первый результат является обоснованным и достоверным, т.к. в ходе экспериментов было установлено, что применение установленных зависимостей позволяет, с определенной вероятностью определять удельную стоимость затрат на устранение возникающих дефектов при изменяющейся технической мощности турбины.

Второй результат является достоверным, т.к. усовершенствованная математическая модель позволила описать изменения динамических нагрузок в разные интервалы времени в зависимости от режимов эксплуатации и возникающих вследствие коррозионно-эрозионных процессов дефектов проектной геометрии лопаток. Математическая модель позволила исследовать физический смысл растягивающих напряжений при изменении моментов инерции. Установленные зависимости обосновали необходимость в комплексном подходе при оценке эффективного ресурса работы элементов турбины с минимальными затратами на обслуживание и эксплуатацию.

Третий результат является достоверным, поскольку на основании определенных допустимых пределов изменения напряженности восстанавливаемой поверхности в зависимости от происходящих фазово-структурных изменений в лопатке турбин был разработан метод интегрированной оценки усталостных напряжений в структуре восстановленных лопаток турбин ТЭЦ и обоснована его применимость и адекватность измеренных параметров напряженности. Практические и экспериментальные

результаты исследований позволили подтвердить эффективность разработанного метода.

Четвертый результат является обоснованным, т.к. установленные зависимости изменения адгезии напыляемого материала, твердости и фазовых составляющих материала от технологических режимов восстановления плазменной субстанцией позволили экспериментально определить оптимальную дистанцию напыления, которая составила 120 мм, содержание пропана в плазмообразующем газе, 6-8% и зависимость коэффициента использования порошка.

Пятый результат является достоверным, т.к. разработанный инновационный технологический процесс позволяет восстанавливать некондиционные лопатки турбин ТЭЦ, ранее выбраковываемые. Эффективность применяемой инновационной технологии восстановления, позволяющей модифицировать физико-механические свойства получаемой поверхности детали, подтверждена металлографическими исследованиями.

Шестой результат является обоснованным, т.к. результаты экспериментальных исследований подтвердили теоретические положения о том, что модернизированная конструкция плазмотрона позволит управлять режимами технологического процесса в процессе формирования физико-механических свойств поверхности восстанавливаемой лопатки, тем самым повышать качество получаемого покрытия и контролировать коэффициент термического расширения в восстановленных деталях. В результате применения разработанной конструкции повысилась эффективность ремонтно-восстановительных работ при снижении затрат на ремонт на 18% и увеличился межремонтного интервала на 16%.

Обоснованность и достоверность основных результатов диссертационного исследования подтверждена апробацией на международных научно-практических конференциях и публикациями в журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК и в международных научных журналах, в том числе, рецензируемых в базе Web of Science и Scopus.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), вывода соискателя, сформулированных в диссертации

Первый научный результат является новым, т.к. впервые определены зависимости критериев тяжести последствий случайных дефектов позволяющие определять эффективную область значений, которая учитывает реальные условия эксплуатации, износы и минимальные удельные затраты при которых дальнейшая эксплуатации турбины эффективна, а возможные дефекты будут иметь минимальные последствия без особого ущерба.

Второй научный результат является новым, т.к. впервые определены зависимости, учитывающие коррозионно-эрозионные изменения, происходящие в процессе эксплуатации, вследствие которых на поверхности лопатки происходит изменение характера контактного взаимодействия пара и лопатки. Полученные результаты были учтены при разработке технологического процесса восстановления некондиционных лопаток турбин ТЭЦ, и позволили установить

зависимость для оценки возможности восстановления ранее выбраковываемых лопаток турбин.

Третий научный результат является новым, т.к. основан на впервые предложенной интегрированной методике оценки качества восстановленных лопаток турбин, основанной на комплексном использовании методов неразрушающего контроля и индекса технического состояния для исследования динамики и прогнозирования изменения свойств лопатки турбины, что позволяет обеспечить абсолютную информационную помощь принятия конструктивно-технологических решений, направленных на снижение количества отказов оборудования и предотвращения техногенных катастроф с участием энергетических комплексов.

Четвертый научный результат является новым, т.к. определены параметры технологического процесса восстановления, позволяющие получать поверхность необходимого качества за счет варьирования дистанции напыления, состава порошковой композиции, а также содержания и вида транспортирующего газа. На основе результатов металлографических исследований определена оптимальная фазовая структура основы восстанавливаемой детали, которая обеспечивает высокий уровень надежности при действии циклически изменяющихся динамических нагрузок.

Пятый и шестой результаты обладают научной новизной, т.к. разработанный инновационный технологический процесс восстановления лопаток турбин методом «имплантация» позволяет восстанавливать лопатки турбин ТЭЦ, ранее выбраковываемые на предприятиях, а модернизированная конструкция плазмотрона позволяют варьировать физико-механические свойства восстанавливаемой поверхности детали в зависимости от требуемых характеристик детали.

5. Практическая и теоретическая значимость научных результатов

По итогам диссертационного исследования получен ряд результатов, имеющих научную, практическую и теоретическую значимость:

1. разработаны и обоснованы критерии оценки тяжести последствий случайных дефектов лопаток турбин ($d_p \leq 0,5$ мм, $\sigma_{-1} = 40 \cdot 10^6$ Н/м², $a_\sigma = 1 \pm 0,05$, $P = 95$ МВт, $W = 23$ млн.тг) и установлены зависимости, определяющие пределы эффективного изменения энергии, вырабатываемой турбиной в зависимости от удельных затрат на восстановление последствий отказа;
2. усовершенствована математическая модель изменения динамических и вибрационных нагрузок в процессе эксплуатации турбины;
3. разработана методика и алгоритм интегрированной оценки качества восстановления лопаток турбин ТЭЦ и прогнозирования отказов нагруженных деталей на стадии предразрушения;
4. установлены зависимости изменения напряженности магнитного поля материала детали от структурно-фазовых составляющих и параметров технологического процесса плазменного восстановления некондиционных лопаток;
5. разработан инновационный технологический процесс плазменного восстановления структуры основы и проектной геометрии некондиционных

лопаток турбин ТЭЦ методом «имплантации» с последующим термоциклированием;

6. модернизирован плазмотрон путем введения в систему газоздушного тракта трехзаходного вихревого смесителя для многокомпонентной порошковой смеси, что позволяет эффективно управлять режимами технологического процесса восстановления некондиционных лопаток турбин ТЭЦ (скорость плазмы, состав многокомпонентной порошковой композиции, адгезия).

6. Замечания, предложения по диссертации

1) В работе, на рисунке 4.5 не в полной мере описаны графики исследования зон концентрации напряжений, экспериментальных лопаток турбин, после их восстановления и не указана погрешность измерений.

2) В работе недостаточно уделено внимания возможности и принципам реализации разработанной инновационной технологии плазменного восстановления, методом имплантации с восстановлением фазовой структуры ответственных высоконагруженных деталей в других отраслях промышленности.

Несмотря на указанные недостатки, диссертационная работа Ратушной Т.Ю. является целостным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научном и техническом уровне. Полученные автором научные и практические результаты являются достоверными и логически обоснованными.

7. Соответствие содержания диссертации в рамках требований Правил присуждения ученых степеней (пункт 5)

Диссертационная работа Ратушной Татьяны Юрьевны на тему «Разработка инновационной технологии восстановления лопаток сложной геометрии паровых и газовых турбин ТЭЦ с применением высококонцентрированных источников плазменной энергии», представленная на соискание степени доктора философии (Ph.D) по специальности 6D071200 – «Машиностроение» по степени актуальности изучаемой проблемы, степени новизны полученных научных результатов, теоретической и практической значимости соответствует требованиям «Правил присуждения ученых степеней» ККСОН МОН РК, предъявляемых к докторским диссертациям, а соискатель заслуживает присуждения степени доктора философии (Ph.D) по данной специальности.

Официальный рецензент

Ведущий конструктор.

Руководитель конструкторского бюро

ТОО «Казахстанская авиационная
индустрия», доктор PhD

г. Нур-Султан



А.К. Шеров