

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертацию Ратушной Татьяны Юрьевны «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

Актуальность диссертации Ратушной Т.Ю. не вызывает сомнения. Тема посвящена повышению эффективности восстановительного производства и долговечности многоступенчатых турбин, как стратегически важных объектов ТЭЦ. Долговечность и безотказность турбин достигнута за счет использования системного подхода при многофакторном прогнозировании и применении плазменной технологии восстановления некондиционных лопаток методом «имплантации». Предложенная инновационная технология восстановления высококонцентрированными источниками плазменной энергии позволяет значительно снизить динамические и вибрационные нагрузки на силовой агрегат турбины ТЭЦ.

Разработанная математическая модель динамических процессов, происходящих при эксплуатации турбины, позволяет учитывать изменения проектной геометрии лопаток турбин ТЭЦ, вследствие развивающихся коррозионно-эрозионных изменений и соответственно изменения действующих сил и моментов. Доказана и обоснована необходимость применения плазменных технологий в управлении технологическим процессом восстановления механических свойств лопаток из материалов аустенитного класса как инструмента снижения их внутренних напряжений.

Научная новизна работы заключается в разработке интегрированной методики оценки качества восстановленных лопаток турбин, основанной на использовании эффекта рассеяния магнитного поля в фазовой структуре материала и обнаружении скрытых дефектов на стадии их зарождения. Так же новизна представлена инновационным методом повышения вибрационной долговечности лопаток турбин, путем внедрения плазменной технологии формирования фазовой структуры лопаток с оптимальными физико-механическими свойствами материала; разработанной методикой и алгоритмом обоснования оптимального способа восстановления некондиционных лопаток турбины с применением имплантатов, позволяющим эффективно модифицировать свойства основы детали повышенной долговечности и исключить холодотянутые трещины.

Получены новые знания, заключающиеся: в выявленных зависимостях, устанавливающих связь между параметрами и режимами эксплуатации турбины и усталостными напряжениями в изношенных лопатках; в полученных функциональных зависимостях, описывающих тяжесть последствий дефектов, приводящих к возникновению аварий, позволяющих обосновать область эффективных пределов мощности и ресурсных характеристик турбины; прогнозировании основных параметров

конструктивно-технологических элементов турбины и оптимизации их, при проектировании новых и восстановлении существующих. Обоснованная оптимальная структура восстановленной лопатки позволила расширить горизонт понимания зависимости формирования фазовой структуры материала от режимов восстановления. Установленные зависимости качественных параметров плазменного восстановления лопаток от технологических режимов позволили контролировать и управлять неизбежными процессами возникающих растягивающих и сжимающих напряжений.

Особый научный и практический интерес представляет обоснованность эффективности предложенной технологии плазменного восстановления лопаток турбины, доказанная полученной в процессе эксперимента удовлетворительной фазовой структурой, представленной среднеигльчатым мартенситом и легированным ферритом, выделившимся по границам первичных аустенитных зерен в период кристаллизации.

Автором диссертации грамотно и структурировано представлены разработанная методика и алгоритм интегрированной оценки, обеспечивающие практическую значимость в прогнозировании ресурса лопаточного аппарата турбины и момента наступления отказа, а так же в проведении экспертизы технологических несоответствий и нарушений процесса восстановления деталей. Установленные уравнения описывают зависимость между технологическими параметрами процесса формирования адгезионной прочности и твердости покрытия и факторами влияющими на их качество.

Задача по разработке инновационного способа восстановления некондиционных лопаток решена автором за счет регулирования исследованных термодинамических параметров и установленных закономерностей изменения причинно следственных связей между режимами технологического процесса плазменного восстановления и формированием фазовой структуры материала детали, обеспечивающей запас прочности и устойчивость к динамическим нагрузкам.

Практическая значимость диссертации заключается в возможности применения полученных результатов исследований при конструировании машиностроительного оборудования и элементов турбины ТЭЦ, что позволит сократить время на его разработку и проектирование, повысить технико-экономические показатели работы энергетической машины.

Достоверность полученных результатов исследований подтверждена их натурными испытаниями обеспечивающие удовлетворительную сходимость с результатами теоретических изысканий. Комплекс результатов теоретических и экспериментальных исследований обогащает научную концепцию увеличения долговечности лопаток турбин ТЭЦ и открывает новые возможности для повышения энергоэффективности технологических блоков турбин тяжелого машиностроения и энергетических комплексов ТЭЦ.

Разработанная автором оригинальная конструкция трехзаходного вихревого смесителя за счет использования принципов турбулентности

потоков и избирательности в долеом соотношении компонентов порошковой смеси позволила эффективно управлять технологической операцией термомеханического воздействия при формировании механических свойств покрытий.

Разработанные методики и алгоритмы внедрены на ТОО «ПСГ Альтернатива» (РК, г. Петропавловск, 2017 г.) и ТОО «Петропавловский Экспертный Центр» (РК, г. Петропавловск, 2018 г.). Результаты диссертационных исследований также используются в учебном процессе Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева (РК, г. Петропавловск)

По результатам исследований опубликовано 14 печатных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ККСОН РК, 1 научная статья в высоко рейтинговом зарубежном издании, входящий в базу данных WoS и Scopus и имеющего *Процентиль 36*, 5 работ в трудах международных научных конференций, в том числе 3 зарубежных (одна конференция в базе данных Web of Science); 4 - в республиканских журналах.

Основные результаты диссертационной работы неоднократно докладывались и получили одобрение на международных научно-практических конференциях.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций базируется на использовании современных математических методах исследования, аргументированностью принятых допущений, достаточным объемом результатов экспериментальных исследований.

Диссертация Ратушной Т.Ю. является завершенной самостоятельной научно-квалификационной работой, выполненной с принципами внутреннего единства, академической честности и имеющей важное значение для отрасли тяжелого машиностроения.

Диссертация «Разработка инновационной технологии восстановления лопаток сложной геометрии паровых и газовых турбин ТЭЦ с применением высококонцентрированных источников плазменной энергии» соответствует специальности 6D071200 «Машиностроение», согласуется с новым классификатором направления подготовки кадров 8D07 «Инженерные, обрабатывающие и строительные отрасли», отвечает требованиям п. 6 «Правила присуждения степеней» и рекомендуется к защите, а ее автор Ратушная Татьяна Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071200 «Машиностроение».

Научный консультант,  
кандидат технических наук, д.т.н. РФ, доцент  
кафедры «Транспорт и машиностроение» РГП  
ПХВ СКГУ им. М. Козыбаева  
(г.Петропавловск, Республика Казахстан)  
Адрес: 150000, г. Петропавловск,  
ул. Пушкина, 86  
Тел.: 8(7152) 46-42-49 доп. 1159  
e-mail: cavinkin7@mail.ru

Савинкин  
Виталий Владимирович

