

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Хавлина Т.В. на тему «Синтез технологического обеспечения отделочно-упрочняющей обработки лопаток турбин газотурбинного двигателя», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа, выполненная на кафедре «Технология машиностроения» ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», имеет научную и практическую ценность для дальнейшего развития технологий и проведения исследований в области повышения ресурса лопаток турбин газотурбинных двигателей. Проведенные исследования особенностей эксплуатации газотурбинных двигателей указывают на наличие совместного абразивно-эрозионного и температурного воздействия, оказываемого на лопатки турбин в процессе эксплуатации, что определяет необходимость разработки и совершенствования технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки лопаток. Решение поставленных задач осуществляется на базе функционально-ориентированных технологий и разработанного технологического обеспечения, направленного на повышение надежности и ресурса лопаток турбин при работе в сложных условиях.

Работа содержит введение, пять разделов, заключение, список литературы, приложения с методиками исследования и актами внедрения результатов работы. Общий объем работы 228 страниц, в том числе основной текст изложен на 160 страницах.

Газотурбинные двигатели нашли широкое применение в различных отраслях машиностроения. Так, например, газотурбинные двигатели эффективно используются в авиастроении, судостроении, оборонной промышленности, или при производстве установок для топливно-энергетического комплекса. Одним из конструктивных элементов газотурбинного двигателя является турбина, обеспечивающая преобразование или получение видов энергии с последующим распределением по сопряженным элементам, агрегатам и системам. В качестве главных рабочих деталей в турбине применяются сопловые и рабочие лопатки, комплекты которых образуют ступени. При эксплуатации различных видов газотурбинных двигателей данные детали работают в сложных и разнообразных по природе и особенностям условиях. Эти особенности характеризуются, в общем, неоднородностью эксплуатационных воздействий на функциональные части лопаток. Так, например, совместное воздействие газового потока, имеющего высокую температуру и содержание механических частиц, приводит к неравномерному износу поверхности пера в виде прогаров входных и выходных кромок, абразивного износа, изменения фазовых и структурных свойств материалов. Это, в целом, не дает возможность при эксплуатации реализовать в полной мере весь вложенный при проектировании и производстве потенциал детали.

С целью повышения работоспособности лопаток турбин и газотурбинных двигателей в современном машиностроении используются различные технологические решения с применением комплексов операций отделочно-упрочняющей обработки поверхностей пера лопатки. В основе таких операций в большинстве случаев лежат традиционные способы и методы, которые не сориентированы на возможные особенности эксплуатационных воздействий и их результаты, в виде возникающих неоднородных эксплуатационных разрушений (износа) поверхностей пера лопатки.

В связи с этим в данной работе выполняется комплекс мероприятий, направленных на исследование особенностей эксплуатации различных типов газотурбинных двигателей, изучение особенностей и результатов эксплуатационных воздействий, установление взаимосвязи между эксплуатационными воздействиями и возникающими разрушениями функциональных частей пера лопатки. Такой подход позволяет выстроить структуру технологического процесса, направленного на обеспечение специальных свойств как на уровне одной лопатки, так и на уровне турбины в целом, для различных типов газотурбинных двигателей.

Изложенное выше напрямую определяет необходимость проведения данных научных исследований и указывает на актуальность цели, имеющей практическое значение для повышения ресурса газотурбинных двигателей.

Исследование проведено в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ кафедры «Технология машиностроения» ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ».

По моему мнению, тематика проведенного соискателем Хавлиным Т.В. диссертационного исследования актуальна, в работе решаются сложные научно-технические задачи по обеспечению эффективной защиты лопаток турбин от совместного абразивно-эрозионного и температурного воздействия.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Для решения поставленных задач диссертационного исследования и получения результатов в представленной работе используются методы исследования, основывающиеся на принципах технологии машиностроения. Работа выполнена на базе основ внедрения в работу теоретического подхода к синтезу функционально-ориентированных технологий, логики в принятии решения, теории технических систем, трибологии, теории планирования эксперимента и математического моделирования. Экспериментальные исследования проведены с использованием лабораторной контрольно-измерительной аппаратуры, специально разработанного устройства и оснастки.

Изложенный выше материал указывает на объективность и подтверждает четко составленную последовательность в ходе решения задач исследований, подтверждает правильность выбора вариантов необходимых технологических решений, оправдывает перспективность исследуемого синтеза процессов отделочно-упрочняющей обработки лопаток турбин газотурбинных двигателей, работающих в условиях совместного абразивно-эрозионного и температурного

воздействия. В работе, выполненной автором, найдены решения для большого спектра задач, результаты которых направлены на повышение ресурса и надежности, как отдельных деталей, так и двигателей в целом. Выбранный подход в решении этих задач основывается на использовании современных перспективных методик научных изысканий, применении точного оборудования и сложной вычислительной техники. В соответствии с указанным выше, научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в работе, системны, согласованы и имеют высокую степень обоснованности.

Целенаправленное восприятие исследователем изученных достижений и теоретических разработок других авторов обеспечило объективность действительности результатов исследования без внесения изменений в реальность происходящих процессов, связанных с развитием отделочно-упрочняющей обработки, направленной на повышение ресурса лопаток турбин. Количество литературных источников, используемых в ходе выполнения научной работы, составляет 140 наименований.

В работе прослеживается четкая закономерность, соответствие и существенная связь между поставленными задачами исследования, защищаемыми научными положениями, и составленными выводами и рекомендациями работы. Описание результатов исследования отображено в виде выводов, которые перечисляются в 10 пунктах, на страницах 173-176 рукописи диссертации. Выбранная автором совокупность процессов, процедур и методов получения, обоснования и подтверждения достоверности выводов диссертационного исследования, не вызывает сомнения в их реальности и подтверждает твердость их фактического значения для данной области науки.

Поэтому, научные положения, выводы и рекомендации работы имеют высокую степень обоснованности.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Содержание и формулировка научных положений и выводов, предложенных в диссертационном исследовании, имеют высокую степень достоверности, что подтверждается математическими расчётами в работе, использованием измерительных приборов и качественного промышленного оборудования, приданием соответствий во всех теоретических расчётах практическим результатам, проведенными экспериментальными испытаниями на лабораторных установках с применением образцов на поверенном оборудовании лаборатории ДОННТУ. В основе экспериментальных исследований заложены базовые принципы методик планирования эксперимента. Обработку результатов эксперимента выполняли с помощью статистических методов.

Достоверность результатов работы также подтверждается приведенными в приложениях актами внедрения в производство разработанных методик, составленных с использованием современных стандартных аналитических методов и результатов экспериментальных испытаний.

Результаты диссертационного исследования были представлены для рассмотрения и обсуждения на различных научно-технических конференциях и

семинарах, где были удостоены должного внимания со стороны ведущих специалистов в области технологии машиностроения.

Научная новизна диссертации

Основной мыслью диссертации является необходимость проведения синтеза технологического обеспечения отделочно-упрочняющей обработки и создания типового технологического процесса для обеспечения функционально-ориентированных свойств лопаток турбин различных типов газотурбинных двигателей. Был определен объект исследования – структура технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки для обеспечения специальных свойств лопаток турбин, работающих в условиях совместного абразивно-эрозионного и температурного воздействия, и предмет – условия и связи в выборе параметров технологических операций обработки для обеспечения функционально-ориентированных свойств лопаток турбин, работающих при данных нагрузках. Научная идея работы заключается в создании структуры типового технологического процесса обработки лопаток турбин, работающих в условиях совместного абразивно-эрозионного и температурного воздействия, на базе применения функционально-ориентированных покрытий.

Полученные соискателем результаты исследования достоверны и достойны высокой оценки. Научная новизна сформулирована следующим образом:

1. Установлено, что для защиты от совместного эксплуатационного воздействия лопаток турбин необходимо применять многослойные разнотолщинные функционально-ориентированные покрытия, позволяющие обеспечить одновременный износ на всей рабочей поверхности.

2. Впервые разработан общий подход к обеспечению функционально-ориентированных свойств лопаток турбин газотурбинных двигателей, работающих в условиях совместного эксплуатационного воздействия, позволяющий создавать технологии с реализацией принципа обеспечения разнородной равноэффективной защиты поверхности пера лопаток.

3. Усовершенствована технология отделочно-упрочняющей обработки с применением функционально-ориентированных покрытий для лопаток турбин, на основе структурных и функциональных зависимостей, с типизацией технологического процесса, что позволяет повышать их ресурс.

Практическая ценность полученных результатов для науки и техники

1. Предложенная структура технологического процесса, конструкторское и технологическое обеспечение отделочно-упрочняющей обработки позволяют увеличить ресурс лопаток турбин, работающих в условиях комплексного абразивно-эрозионного и температурного воздействия.

2. Разработанная и предложенная методика и рекомендации позволяют проектировать типовой технологический процесс для повышения ресурса лопаток турбин газотурбинных двигателей, работающих в условиях совместного функционального воздействия.

3. Предложенная методика прецизионного изучения начальных условий, организационных связей между ними, а также их дифференциация, объединение и классификация позволяют осуществить выбор наиболее рациональных технологических решений для повышения ресурса лопаток многоступенчатых турбин, работающих в условиях совместного абразивно-эрозионного и температурного воздействия.

4. Результаты диссертационного исследования внедрены в производство на действующих предприятиях Донецкой Народной Республики и Российской Федерации, что также подтверждает их практическую ценность. Общий ожидаемый экономический эффект от внедрения результатов работы составит 111000,00 рублей РФ (сто одиннадцать тысяч рублей РФ).

Полнота изложения в опубликованных трудах основных результатов диссертации и апробация. Язык и стиль диссертации

Основные результаты исследования опубликованы в 12 научных трудах, в том числе: 6 статей в специализированных изданиях, утвержденных ВАК Донецкой Народной Республики, включенных в базу научного цитирования «РИНЦ», 6 статей на международных научно-технических конференциях.

Анализ содержания опубликованных научных трудов указывает на полноту и достоверность изложения частей разделов, положений, методик и выводов выполненных исследований на страницах научно-технических журналов и в сборниках конференций.

В опубликованных трудах четко определяется личный вклад соискателя. На это указывает следующее: выполнена разработка общего подхода по созданию специальной технологии; раскрыт процесс изучения особенностей эксплуатации газотурбинных двигателей; предложены принципы применения функционально-ориентированной технологии для повышения ресурса лопаток турбин; выполнена разработка метода повышения ресурса лопаток турбин; даны рекомендации по построению структурных моделей покрытия и выполнению синтеза структуры технологического обеспечения.

Материал диссертационного исследования изложен на страницах рукописи диссертации и в автореферате, которые оформлены в целом грамотно, согласно установленным нормам. Изложение последовательности процесса исследования и его результатов выполнено четко, грамотно и в логической последовательности. Результаты трудов соискателя имеют высокую оценку и значимость для развития науки в области технологии машиностроения. Автореферат диссертации в достаточной мере отображает актуальность темы исследования, цель и задачи исследования, научную новизну, а также содержание всех разделов, выводов и приложений работы.

Диссертационная работа полностью отвечает паспорту специальности 05.02.08 – Технология машиностроения и имеет научно-практическое направление.

Замечания

В целом, диссертацию можно оценить как законченную самостоятельную научно-исследовательскую работу, содержащую новые технические решения

необходимые для совершенствования технологии, применяемой для повышения ресурса деталей газотурбинных двигателей. Однако по работе имеются некоторые замечания и рекомендации, а именно:

1. В теоретической значимости работы, на мой взгляд, следовало бы более детально осветить разработку методики декомпозиции и синтеза функциональных элементов лопаток турбин и функций изученных эксплуатационных воздействий. Это является неотъемлемой частью последовательности разработки функционально-ориентированной технологии направленной на обеспечение специальных свойств лопаткам турбин газотурбинных двигателей.

2. В разделе 2 (стр. 48, 60, 72, 74, 75, 81), в разделе 3 (стр. 90, 91), в разделе 4 (стр. 118) и в разделе 5 (стр. 161, 162, 166, 168, 169) автором используется понятие принципа разноуровневой равноэффективной защиты. На мой взгляд, в рукописи следовало бы более подробно описать основу самого принципа и последовательность его реализации в ходе исследования.

3. В исследовании описывается наличие совместного абразивно-эрозионного и температурного воздействия на лопатки турбин. Является ли данный фактор совместного воздействия характерным для турбин различных типов газотурбинных двигателей?

4. В разделе 2 (рис. 2.16) и в разделе 4 (рис. 4.3) изображены схемы нанесения функционально-ориентированного покрытия. На мой взгляд, в работе следовало бы дать более детальное описание структуры данных покрытий и метод расчета толщины для каждого частного случая.

5. В разделе 2 (стр. 73, 74) описаны общие рекомендации по применению модульного функционально-ориентированного покрытия. Здесь же указывается функциональное назначение и общая толщина каждого модуля. Из вышеперечисленного не совсем ясно, каким образом производить расчёты параметров модулей и формирование их структуры и свойств.

6. В разделе 1 (рис. 1.6), в разделе 2 (рис. 2.11) и в разделе 3 (рис. 3.2) изображения имеют большое количество структурных элементов, мелкий шрифт, а также насыщены большим количеством буквенных и символьных обозначений. Рационально было бы увеличить размер рисунков или отображать только рассматриваемый функциональный элемент с более подробным пояснением в тексте диссертации.

7. В диссертации разработан способ нанесения функционально-ориентированного покрытия и формирования его свойств. Считаю, что было бы полезно, особенно для практического использования, более подробно описать методику определения пространственных контуров границ и архитектуры наносимого покрытия.

8. В работе имеются опечатки, опiski, повторения, сложные формулировки, представленные, например, на стр. 87-90, 121-122, 132 и др.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа соискателя Хавлина Т.В. выполнена на высоком научном уровне. Результатом работы является решение важной задачи

актуального направления в развитии технологии машиностроения. Приведенные результаты можно классифицировать как новые, обоснованные и имеющие большое практическое и научное значение для создания технологических процессов повышения ресурса лопаток турбины, работающих в условиях совместного абразивно-эрозионного и температурного воздействия, за счет применения функционально-ориентированных покрытий.

В автореферате в полной мере отображены основные положения и выводы диссертации.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

По содержанию, оформлению, объему, научной новизне, практической ценности и публикациям диссертационная работа соответствует требованиям п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор – Хавлин Тарас Викторович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Официальный оппонент, доктор технических наук (специальность 05.02.08 - Технология машиностроения), профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУВО «Донской государственной технической университет» (Россия, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1 тел.: +7 989-501-71-20);
E-mail: merop@yandex.ru



Попов М.Е.

*Согласен на автоматизированную
обработку персональных
данных*



Попов Михаил Егорович

Подпись Попова Михаила Егоровича *заверяю*

Учёный секретарь Учёного совета ДГТУ



В. Н. Анисимов