

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Пичко Артёма Павловича на тему «Синтез технологического обеспечения комплексного повышения ресурса лопаток турбокомпрессора газотурбинных установок нефтегазовой промышленности», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения

1. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Технология машиностроения» Донецкого национального технического университета и посвящена актуальной проблеме – комплексному повышению ресурса лопаток турбокомпрессора газотурбинных установок (ГТУ), работающих в сложных и принципиально различных условиях эксплуатации, на основе обеспечения функционально-ориентированных свойств и выравнивания их ресурсов за счет разработки технологического обеспечения и установления связей между параметрами покрытий лопаток компрессора и турбины.

Работа содержит введение, пять разделов, заключение, список литературы, приложения с методиками исследования и актами внедрения результатов работы. Общий объем работы 265 страниц, в том числе основной текст изложен на 160 страницах.

Для решения заданных технологических задач в нефтегазовой промышленности широко используются газотурбинные установки, представляющие собой сложные технические системы. К основным подсистемам ГТУ относятся компрессор и турбина, образующие турбокомпрессор, имеющий целый комплекс лопаток различного назначения. Лопатки компрессора и лопатки турбины работают в принципиально различных условиях, что обусловлено действием различных по характеру эксплуатационных воздействий и приводит к принципиально различному характеру разрушения лопаток компрессора в сравнении с разрушением лопаток турбины. Кроме того, в процессе эксплуатации ГТУ вследствие особенностей формы каждой лопатки, ее расположения, кинематики и движения пыле-газо-воздушного потока по тракту установки происходит неодинаковый и неравномерный износ каждой лопатки турбокомпрессора ГТУ. Все это приводит к неполному использованию эксплуатационного потенциала лопаток компрессора по сравнению с лопатками турбины и значительно снижает ресурс газотурбинной установки.

Известные в настоящее время технологические методы повышения ресурса лопаток турбокомпрессора обеспечивают равномерные одинаковые свойства как по каждой лопатке отдельно, так и по группам лопаток компрессора и турбины, что в условиях действия неравномерных и неодинаковых эксплуатационных воздействий не позволяет вести дальнейшее повышение эксплуатационных показателей ГТУ. В связи с этим для дальнейшего повышения эксплуатационных параметров ГТУ актуальным являются комплексные исследования особенностей действия эксплуатационных функций в компрессоре и турбине, установление связи между свойствами их лопаток, обеспечение специальных

свойств лопаток турбокомпрессора и разработка необходимого технологического обеспечения. Следует отметить, что создание технологического подхода комплексного обеспечения специальных свойств каждой лопатки и групп лопаток компрессора и турбины из условия равенства или кратности их ресурсов также является актуальной задачей, имеющей важное научное и практическое значение для повышения работоспособности ГТУ.

Исследование проведено в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ кафедры «Технология машиностроения» ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ». Исходя из сказанного, считаю, что представленная диссертационная работа Пичко А.П. в целом актуальна и соответствует перспективным направлениям исследований в области технологии машиностроения.

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

Степень обоснованности научных положений, сформулированных в диссертации, обеспечивается четкостью и последовательностью постановки в ней задач исследований, путей их решения, обоснованием необходимости комплексного повышения ресурса лопаток турбокомпрессора газотурбинных установок, работающих в сложных и принципиально различных условиях эксплуатации. Поставленные автором диссертации 7 задач для достижения цели исследования обусловили широкое применение теоретических и экспериментальных исследований с использованием современных методик, оборудования и компьютерной техники. Поэтому научные положения, выводы и рекомендации работы имеют высокую степень обоснованности.

Автором достаточно подробно изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения других авторов, посвященные вопросам создания прогрессивных технологий и технологического обеспечения повышения ресурса лопаток турбокомпрессора ГТУ. Список использованной литературы содержит 178 наименований.

В представленном диссертационном исследовании соблюдается единство задач исследования, защищаемых научных положений, выводов и рекомендаций, которые логически вытекают из материалов исследований и в полном объеме отражают поставленные задачи. Основные выводы по результатам выполненных исследований представлены в 8 пунктах на страницах 192...194 рукописи диссертации. Обоснованность и достоверность сделанных выводов не вызывает сомнения, так как они базируются на результатах теоретических и экспериментальных исследований, выполненных с применением современных методов исследования.

Для решения поставленных задач исследования и получения результатов в представленной работе использован следующий комплекс методов, принципов и научных положений: основные положения и принципы технологии машиностроения; основные принципы и методология синтеза функционально-ориентированных технологий в машиностроении; системные

подходы при создании технологий и технологического обеспечения формирования функционально-ориентированных покрытий (ФОП); принципы теории производительности и теории множеств. При этом выполненные экспериментальные исследования базировались на методах планирования эксперимента, а обработка результатов экспериментов проводилась с помощью статистических методов.

Исходя из сказанного, можно считать, что научные положения, выводы и рекомендации работы имеют высокую степень обоснованности.

3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

В целом, научные положения и выводы, сформулированные в диссертационной работе, достоверны, о чем свидетельствуют результаты экспериментальных исследований, а также приведенные в приложениях акты внедрения в производство разработанных методик и положительные решения по заявкам на изобретения.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов подтверждаются корректным использованием апробированных методов исследований и научных теорий, адекватностью разработанных моделей, применением современного математического аппарата, приборов и технологического оборудования, достаточной сходимостью теоретических и экспериментальных исследований, полученных по результатам опытных испытаний лопаток компрессора и турбины с ФОП, эффективностью внедрения результатов работы в производство.

Достоверность результатов экспериментальных исследований также обеспечивается использованием современных средств и методик исследования, базирующихся на методах планирования эксперимента и статистических методах обработки полученных результатов.

Результаты исследований неоднократно обсуждались на различных научно-технических конференциях и семинарах и получили одобрение ведущих специалистов в области технологии машиностроения.

4. Научная новизна диссертации

Из содержания диссертации следует, что для достижения поставленной в диссертационной работе цели автором сформулирована научная новизна предмета исследования, которая заключается в создании структуры отделочно-упрочняющего технологического процесса для обеспечения функционально-ориентированных свойств (ФОС) и равенства ресурсов лопаток компрессора и лопаток турбины ГТУ, которые работают в принципиально различных условиях эксплуатации, на основе реализации ФОП и установления связей параметров этих покрытий для лопаток компрессора и турбины.

В связи с этим заслуживают внимания полученные соискателем научные результаты, позволившие следующим образом сформулировать научную новизну выполненной диссертационной работы:

- предложено, для повышения ресурса лопаток компрессора и лопаток турбины, которые работают в сложных и принципиально различных условиях эксплуатации, обеспечивать ФОС и равенство ресурсов этих групп лопаток в соответствии с принципом структурного соответствия свойств, технологических воздействий и эксплуатационных функций групп лопаток.

- впервые разработаны принципы, технологический подход и методы комплексного повышения работоспособности различных групп лопаток турбокомпрессора, работающих в принципиально различных условиях эксплуатации, за счет обеспечения ФОС и равенства ресурсов этих групп лопаток, на основе применения ФОП и обеспечения связей параметров этих покрытий для лопаток компрессора и лопаток турбины.

- впервые установлена связь и основные закономерности реализации структуры технологического процесса напыления ФОП лопаток компрессора и лопаток турбины из условия равенства ресурсов лопаток различных групп.

- получил дальнейшее развитие технологический метод в обеспечении равенства ресурсов лопаток компрессора и лопаток турбины, базирующийся на послойном формировании ФОП лопаток и обеспечении гомоморфного соответствия толщин и количества слоев покрытий лопаток компрессора и лопаток турбины.

5. Практическая ценность полученных результатов для науки и техники

1. Разработанные функционально-ориентированные технологические процессы и обеспечение для отделочно-упрочняющей обработки лопаток турбокомпрессора ГТУ, которые работают в принципиально различных условиях эксплуатации, повышают и выравнивают ресурсы лопаток компрессора и лопаток турбины.

2. Разработанная методика и алгоритм синтеза технологического обеспечения для комплексного повышения ресурса лопаток турбокомпрессора ГТУ позволяют на основе установленных связей и закономерностей проектировать конкретные варианты технологических процессов отделочно-упрочняющей обработки лопаток с ФОП для компрессора и турбины, работающих в принципиально различных условиях эксплуатации.

3. Предложенные рекомендации комплексного повышения ресурса лопаток турбокомпрессора с ФОП позволяют на основе установленных связей и закономерностей параметров покрытий выравнивать ресурсы лопаток компрессора и турбины, а также обеспечить возможность реализации полного использования эксплуатационного потенциала лопаток компрессора и лопаток турбины ГТУ, что повышает их технико-экономические показатели.

4. Результаты работы внедрены в производство на ряде действующих предприятиях ДНР и Российской Федерации, что также подтверждает их практическую ценность.

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

Основные результаты диссертационной работы Пичко А.П. опубликованы в 11 научно-технических работах, в том числе: 7 статей в ведущих рецензируемых изданиях ВАК ДНР, имеющих РИНЦ; 1 статья в ведущем рецензируемом журнале ВАК России, имеющем РИНЦ; 3 публикации в материалах международных научно-технических конференций. Судя по содержанию опубликованных работ, можно утверждать о том, что полученные соискателем научные результаты выполненных исследований достаточно полно освещены в публикациях, представленных в соответствующих профессиональных изданиях.

Ценность представленной диссертационной работы, на мой взгляд, состоит в том, что в ней автор в разделе 1 даёт подробную характеристику условий и особенностей эксплуатации газотурбинных установок в нефтегазовой промышленности, анализирует возникающие разрушения лопаток турбокомпрессора и по ним разрабатывает технологические основы комплексного обеспечения требуемых свойств лопаток компрессора и турбины, работающих в различных условиях эксплуатации, на базе функционально-ориентированного подхода.

Материал диссертации изложен логически четко, последовательно, на высоком профессиональном уровне. Полученные в диссертации результаты являются содержательными и вносят определенный вклад в развитие науки о технологии машиностроения. Содержание диссертации соответствует ее названию и поставленной цели исследования. Рукопись диссертации и автореферат оформлены в целом грамотно, согласно установленным нормам, хорошо иллюстрированы. Автореферат диссертации достаточно полно отображает сущность диссертации, ее научные положения, результаты и выводы.

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

7. Замечания

В целом, представленная диссертационная работа не имеет принципиальных недостатков, которые могли бы повлиять на её положительную оценку. Однако, на мой взгляд, по работе следует сделать некоторые замечания и рекомендации.

1. Практическую значимость работы стоило бы подтвердить количественными характеристиками тех или иных показателей, например, привести сведения по повышению ресурса лопаток.

2. Считаю факторы 1 и 3, из-за которых наблюдается различие эксплуатационных функций (стр. 29): «различия особенностей эксплуатации» и «неодинаковые действия эксплуатационных воздействий» идентичными. Рационально было бы представить эти сведения одной формулировкой.

3. На рисунке 2.5 следовало указать зоны износа лопаток: где он незначительный, а где максимальный. Исходя из этого, следовало бы дать более детальное описание особенностей эрозионного износа поверхностного слоя исследуемых деталей, представленных на рис. 2.6 и 2.7, так как визуально из-за их низкого качества рисунки не дают полного представления о степени износа отдельных зон.

4. Неясно, на основании чего приведены сведения по толщине покрытий на стр. 69-70, 108 рукописи диссертации.

5. В описании формул 2.7 и 2.11 следовало привести единицы измерения толщины слоев покрытия и интенсивности разрушения покрытия.

6. При описании рисунка 3.12 следовало более детально пояснить, что является входным V и выходным W потоками технологического процесса напыления лопаток компрессора и турбины.

7. Из анализа табл. 5.3 – 5.5, в которых приведены технологические параметры напыления по вариантам ФОП, не ясно, как устанавливалась длительность напыления каждого слоя покрытия.

8. Материал, описывающий особенности синтеза структуры комплексного технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки лопаток (стр. 102 – 111), следовало бы выделить в отдельный подраздел.

9. Подраздел 4.2.1. «Общий подход в создании нового способа обеспечения функционально-ориентированных свойств лопаток на основе вакуумных ионно-плазменных покрытий» большей частью представляет собой описание изобретения (стр. 130 – 136). На мой взгляд, этот материал следовало бы изложить в обычной форме, дав ссылку на заявку (Приложение П 5). То же самое касается подраздела 4.2.2 «Технологические особенности в реализации функционально-ориентированных свойств».

10. В диссертационной работе имеются описки, опечатки, неточности изложения стилистического характера, слишком большие и в ряде случаев, плохо понятные формулировки, представленные, например, на стр. 13, 33, 128-130, 136, 163, 181 и др.

8. Заключение по диссертационной работе

Изучение содержания диссертационной работы, автореферата, публикаций и изобретений свидетельствует о том, что она является завершенной, целостной научно-исследовательской работой, посвященной актуальной теме. В ней содержатся обоснованные научные положения, выводы, рекомендации, имеющие научную новизну и практическую ценность в области технологии машиностроения, а также содержатся новые решения актуальной проблемы – повышения ресурса лопаток компрессора и лопаток турбины ГТУ, работающих в сложных и принципиально различных условиях эксплуатации, за счет обеспечения ФОС и выравнивания их ресурсов на основе разработки технологического обеспечения реализации ФОП и установления связей между их параметрами.

В автореферате в полной мере отображены основные положения и выводы, изложенные в диссертационной работе.

Актуальность, практическое значение, новизна и законченность исследований, обоснованность и достоверность выводов, сделанных в диссертационной работе, заслуживают положительной оценки.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 05.02.08 – технология машиностроения.

Перспективным развитием представленной диссертационной работы можно считать описание пространственных контуров границ износа покрытия, а соответственно и топографических параметров различных слоев покрытий посредством математических зависимостей.

Отмеченные замечания по работе не являются принципиальными. В основном они носят рекомендательный характер и могут быть учтены при дальнейшей научной деятельности соискателя.

Считаю, что диссертационная работа на тему «Синтез технологического обеспечения комплексного повышения ресурса лопаток турбокомпрессора газотурбинных установок нефтегазовой промышленности» по своему объёму, содержанию, актуальности, научной и практической значимости, важности и глубине решения задач полностью соответствует требованиям п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор – Пичко Артем Павлович заслуживает присуждения ему 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.: +7928-600-57-61; E-mail: butenkowiktor@yandex.ru)

Бутенко В.И.
2.12.2019г.

Согласен на автоматизированную обработку персональных данных

Бутенко Виктор Иванович

Подпись д.т.н. профессора Бутенко Виктора Ивановича удостоверяю

Учёный секретарь Учёного совета **В.И. Анисимов**

