

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Михайлова Вячеслава Александровича на тему «Совершенствование структурного и технологического обеспечения изготовления лопаток компрессора вертолетных газотурбинных двигателей на основе связанных технологий», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения

1. Общие сведения о диссертации

Диссертационная работа Михайлова В.А. на тему «Совершенствование структурного и технологического обеспечения изготовления лопаток компрессора вертолётных газотурбинных двигателей на основе связанных технологий» выполнена на кафедре «Технология машиностроения» ДОНЕЦКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. По поставленным цели, задачам исследований и содержанию представленная диссертационная работа полностью соответствует паспорту научной специальности 05.02.08 - Технология машиностроения. Исследование проведено в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ кафедры «Технология машиностроения» ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Работа состоит из титульного листа, оглавления, введения, пяти разделов, заключения, перечня сокращений, списка литературы и приложений. Полный объем диссертации составляет 197 страницы, в том числе 139 страниц основного текста, 57 рисунка, 10 таблиц, перечень сокращений, 154 литературных источника, 3 приложения.

Диссертация прошла достаточно широкую апробацию на международных научно-технических конференциях и расширенном научном семинаре кафедры «Технология машиностроения» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» и получила поддержку ведущих специалистов в исследуемой области машиностроения. Основные положения диссертации опубликованы в 15 научно-технических работах, в том числе: 6 статей в ведущих рецензируемых изданиях ВАК ДНР, имеющих РИНЦ; 7 статей в ведущих рецензируемых журналах России, входящих в перечень ВАК РФ; 5 публикаций в материалах международных научно-технических конференций; 1 декларационный патент Украины.

Личный вклад соискателя в решение поставленных задач исследований бесспорный и состоит в том, что им выполнен анализ эксплуатационных особенностей групп лопаток компрессора с функционально-ориентированными свойствами, разработаны конкретные рекомендации по внедрению результатов выполненных исследований в машиностроительное производство и с соавторами опубликованы разработанные принципы, структурные модели и синтез ком-

плексного многосвязного технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки групп лопаток.

2. Актуальность темы диссертационной работы

Представленная диссертационная работа посвящена актуальной проблеме – повышению ресурса лопаток компрессора вертолетных газотурбинных двигателей посредством его выравнивания между структурными группами лопаток на основе комплексных отделочно-упрочняющих многосвязных технологических процессов и обеспечения функционально-ориентированных свойств.

Известно, что вертолетный газотурбинный двигатель состоит из большого числа подсистем, модулей и элементов, которые работают в сложных эксплуатационных условиях. При этом к основным подсистемам этого авиационного двигателя относится компрессор, который имеет множество лопаток различного назначения, располагающихся на дисках ступеней, образующих группы лопаток, выполняющих заданные эксплуатационные функции. Следует отметить, что эти группы лопаток имеют различный характер эксплуатационного воздействия, обусловленный особенностями движения пылевоздушного потока по тракту компрессора, пространственной формой лопаток, их расположением и кинематикой движения. Это приводит к возникновению неодинакового и неравномерного абразивно-эрозионного износа каждой лопатки, лопаток в группе и групп лопаток относительно друг друга в компрессоре. Все это в целом снижает ресурс вертолетного газотурбинного двигателя, уменьшает потенциальные возможности полного использования всех групп лопаток компрессора из условия равенства их ресурсов, снижает оперативность его ремонта и восстановления, а также ограничивает возможность организации различных структурных групп лопаток в модульные структуры, что значительно снижает эффективность их отделочно-упрочняющей обработки, восстановления и ремонта.

Для повышения ресурса лопаток компрессора вертолетных газотурбинных двигателей используется целый комплекс различных методов отделочно-упрочняющей обработки, технологических процессов и принципов рациональной обработки. При этом для выравнивания износа рабочих поверхностей лопаток применяются функционально-ориентированные покрытия. Эти покрытия обеспечивают реализацию функционально-ориентированных свойств рабочих поверхностей лопаток компрессора, что значительно повышает их ресурс.

Выполненные исследования позволили установить, что компрессор вертолетного газотурбинного двигателя структурируется из различных групп лопаток. При этом на каждую группу лопаток действуют свои определенные эксплуатационные воздействия, характеризующиеся возникновением различного по характеру и интенсивности износа этих групп лопаток. Поэтому для каждой группы лопаток необходимо обеспечивать свой конкретный технологический процесс отделочно-упрочняющей обработки, обеспечивающий функционально-ориентированные свойства лопаток компрессора. Причем существующие технологические процессы и применяемые методы не позволяют выравнивать ресурс лопаток компрессора различных групп лопаток в едином комплексе. Ре-

шение этих вопросов становится возможным на базе единых связей и обеспечения заданных параметров функционально-ориентированных свойств между различными группами лопаток компрессора газотурбинного двигателя. Для этого необходимо совершенствование технологического обеспечения и создание комплексного многосвязного технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки лопаток с функционально-ориентированными свойствами.

Таким образом, повышение ресурса лопаток компрессора вертолетных газотурбинных двигателей посредством его выравнивания между структурными группами лопаток на основе комплексных отделочно-упрочняющих многосвязных технологических процессов и обеспечения функционально-ориентированных свойств является актуальной задачей, имеющей важное научное и практическое значение, и соответствует перспективным направлениям исследований в области технологии машиностроения.

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

Это требование обеспечивается четкостью и последовательностью постановки задач исследований, путей их последовательного и корректного решения, обоснованием необходимости повышения ресурса лопаток компрессора вертолетных газотурбинных двигателей посредством его выравнивания между структурными группами лопаток на основе комплексных отделочно-упрочняющих многосвязных технологических процессов и обеспечения функционально-ориентированных свойств. Поставленные автором диссертации задачи 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 изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения других авторов, посвященные вопросам создания прогрессивных технологий и технологического обеспечения повышения ресурса групп лопаток газотурбинного двигателя, что подтверждается представленным списком использованной литературы.

В диссертации соблюдено единство задач исследования, защищаемых научных положений, выводов и рекомендаций. Выводы логически вытекают из материалов исследований, в полном объеме отражают поставленные задачи. Основные выводы диссертации представлены в 9 пунктах на страницах 163...165 рукописи. 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 научных результатов в диссертационной работе представлен широкий комплекс научно-технических разработок, базирующихся на следующем: общих положениях,

принципах и методах, используемых в технологии машиностроения; основополагающих принципах, методах и методологии синтеза функционально-ориентированных технологий; общих принципах теории производительности и правилах синтеза структуры технологических процессов; алгебре групп и теории множеств; методах морфологического анализа и синтеза структуры операций технологических процессов; экспериментальных исследованиях, которые проводились на базе методов теории планирования эксперимента; математической обработке результатов экспериментов, которая выполнялась с помощью известных статистических методов. Поэтому, научные положения, выводы и рекомендации работы имеют высокую степень обоснованности.

4. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

В целом, научные положения и выводы, сформулированные в диссертационной работе, на мой взгляд, достоверны, о чем свидетельствуют результаты экспериментальных исследований, а также приведенные в приложениях акты внедрения результатов работы в производство, разработанные методики исследований, изобретение и положительное решение по заявке на изобретение.

Достоверность представленных результатов и обоснованность выводов, сделанных в диссертационной работе, 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, полученными результатами экспериментальных исследований лопаток компрессора с функционально-ориентированными покрытиями с использованием образцов-свидетелей, эффективностью внедрения результатов работы в производство.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств и методик исследования. Анализ содержания диссертационной работы показал, что экспериментальные исследования проводились с использованием современного технологического оборудования и приборов.

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

5. Научная новизна диссертации

В работе выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на совершенствование структурного и технологического обеспечения изготовления лопаток компрессора вертолетных газотурбинных двигателей на основе связанных технологий.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем.

1. Установлено, что на лопатки компрессора действуют неравномерные эксплуатационные воздействия, которые реализуются по группам лопаток, при этом абразивно-эрозионный износ лопаток компрессора характеризуется не-

равномерностями трех рангов.

2. Впервые разработан технологический подход синтеза комплексного технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки лопаток компрессора на основе многосвязных технологических процессов и обеспечения функционально-ориентированных свойств структурным группам лопаток из условия равенства их ресурса.

3. Определено множество связей параметров структуры отдельных технологических процессов для обеспечения необходимого множества функционально-ориентированных свойств группам лопаток компрессора из условия равенства их ресурса по большему его значению.

6. Практическая ценность полученных результатов для науки и техники

1. Разработанная структура комплексного многосвязного технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки создала возможность обеспечения свойств лопаток на базе функционально-ориентированных покрытий из условия равенства ресурса различных групп лопаток компрессора, эксплуатируемых при действии неравномерностей трех рангов их абразивно-эрозионного износа.

2. Предлагаемая методика синтеза структуры комплексного многосвязного технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки лопаток компрессора обеспечивает повышение их ресурса до 60 %.

3. Предлагаемые общие рекомендации синтеза структуры комплексного многосвязного технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки групп лопаток компрессора на основе функционально-ориентированных покрытий и принципа равенства ресурсов их групп позволили выполнить синтез конкретных вариантов технологических процессов для различных групп лопаток компрессора газотурбинного двигателя.

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

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

Судя по содержанию опубликованных работ, представленных в автореферате, можно утверждать о достаточно полном освещении основных положений диссертационной работы в приведённых публикациях профессиональных изданий.

Материалы диссертации изложены логически четко, последовательно, на высоком профессиональном уровне и понятном языке с использованием терминологии, принятой в исследуемой области знаний. Основные результаты выполненных научных исследований являются содержательными и вносят определенный вклад в развитие науки о технологии машиностроения. Содержание диссертации соответствует ее названию и поставленной цели исследования. Ру-

копись диссертации и автореферат оформлены в целом грамотно, согласно установленным нормам.

Весьма ценным в диссертационной работе является обстоятельный анализ особенностей работы структурных групп лопаток компрессора вертолётного газотурбинного двигателя, существующих методов и технологий, направленных на повышение их ресурса, а также характера износа лопаток и возможные пути повышения их износостойкости, что позволило соискателю не только обоснованно сформулировать цель и задачи диссертационного исследования, составить структурную схему диссертации, но и предложить ряд конкретных решений и рекомендаций, направленных на повышение ресурса лопаток компрессора вертолётных газотурбинных двигателей посредством его выравнивания между структурными группами лопаток на основе комплексных отделочно-упрочняющих многосвязных технологических процессов и обеспечения функционально-ориентированных свойств.

Автореферат диссертации, представленный соискателем на 20 страницах, достаточно полно отображает сущность диссертации, ее научные положения, результаты и выводы.

8. Замечания по диссертационной работе

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

1. В научной новизне полученных результатов диссертант отмечает, что на лопатки компрессора действуют неравномерные эксплуатационные функции или воздействия. На мой взгляд, это известный факт, и в научную новизну не следовало выносить эти данные. Желательно было бы привести сведения о том, какие конкретные эксплуатационные функции действуют на рассматриваемые лопатки компрессора.

2. В теоретической значимости работы автор отмечает, что разработал методику и алгоритм синтеза структуры комплексных многосвязных технологических процессов отделочно-упрочняющей обработки лопаток компрессора, обеспечивающих равный их ресурс в условиях действия неравномерностей трех рангов, возникающих в компрессоре от абразивно-эрозионного износа. На мой взгляд, эти разработки было бы целесообразнее привести в практической значимости работы.

3. В практической значимости работы диссертант приводит данные о внедрении результатов работы на различных предприятиях, при этом он отмечает, что получен экономический эффект, подтверждаемый справками о внедрении результатов работы в производство. Однако в диссертационной работе не приведены расчеты экономического эффекта, полученного на предприятиях.

4. В подразделе 2.3 работы автор выполнил анализ действующих неравномерностей эрозионного износа лопаток компрессора вертолетного газотурбинного двигателя. Однако при этом он не дал ответа на вопрос о возможности

распространения полученных результатов исследования на другие авиационные двигатели, применяемые например, в самолетах.

5. В подразделе 2.5 диссертации автор рассматривает основные особенности синтеза технологического обеспечения изготовления лопаток компрессора на основе комплексных связных технологических процессов реализации функционально-ориентированных свойств. Видимо, здесь следовало бы перечислить использованное технологическое обеспечение и описать его с помощью конкретных примеров.

6. В третьем разделе диссертационной работы автор представляет развернутую структуру многосвязного технологического процесса напыления функционально-ориентированного покрытия лопаток компрессора (подраздел 3.4). Однако здесь следовало бы привести не только развернутую структуру этого технологического процесса, но и представить режимы напыления функционально-ориентированных покрытий.

7. В подразделе 4.4 диссертации при разработке методики определения геометрических параметров пространственного контура границ покрытия групп лопаток компрессора автор на рис. 4.6 представляет различные лопатки, указывая при этом к какой группе относятся те или иные лопатки. Однако в работе не приводятся данные или критерии, благодаря которым можно было бы определить – к какой ступени относятся конкретные лопатки.

8. Из текста диссертации не ясно, чем формула (5.3) определения геометрических параметров пространственного контура границ покрытия отличается от формулы (4.1) определения значения величины равного промежутка времени наблюдения за износом покрытия лопатки компрессора.

9. В диссертационной работе и автореферате имеются отдельные недоработки, опiski и опечатки:

- шрифт на рисунках выбран не удачным (например, на рис. 2.12, стр. 50 буквы надписей превратились в штрихи);
- на стр. 16 диссертации не указана размерность скорости воздуха на выходе из компрессора;
- на рис. 4.7 диссертации – два раза повторяется сокращение ПКГ;
- на странице 143 диссертации не корректно сформулирована фраза об общей толщине покрытия лопатки в зоне максимального его износа;
- на рис. 5.11 пропущено выражение «технологического процесса».

9. Заключение по диссертационной работе

Изучение диссертационной работы Михайлова В.А. на тему «Совершенствование структурного и технологического обеспечения изготовления лопаток компрессора вертолётных газотурбинных двигателей на основе связных технологий», автореферата, публикаций и изобретений свидетельствует о том, что представленная к защите диссертация является завершённой, целостной научно-квалификационной работой, посвящённой актуальной теме, содержит обоснованные научные положения, выводы, рекомендации, имеет научную новизну и практическую ценность в области технологии машиностроения, содержит но-

вые решения актуальной проблемы – повышения ресурса лопаток компрессора вертолетных газотурбинных двигателей посредством его выравнивания между структурными группами лопаток на основе комплексных отделочно-упрочняющих многосвязных технологических процессов и обеспечения функционально-ориентированных свойств.

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

Актуальность, практическое значение, новизна и законченность исследований, обоснованность и достоверность выводов заслуживают положительной оценки. Отмеченные замечания по диссертационной работе, в основном, носят рекомендательный характер и могут быть учтены соискателем в его дальнейшей научной деятельности.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Считаю, что диссертационная работа на тему «Совершенствование структурного и технологического обеспечения изготовления лопаток компрессора вертолётных газотурбинных двигателей на основе связных технологий» по содержанию, оформлению, объёму, научной новизне, практической ценности и публикациям, важности и глубине решения поставленных задач полностью соответствует требованиям п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор – Михайлов Вячеслав Александрович 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 академии»

(Россия, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

тел.: +7-928-600-57-61;

E-mail: butenkowiktor@yandex.ru)

Бутенко В.И.

*Согласен на автоматизированную
обработку персональных
данных*

Бутенко Виктор Иванович

Подписи д.т.н. проф. Бутенко Виктора Ивановича удостоверяю

Учёный секретарь Учёного совета ДГТУ

В.Н. Анисимов

