

**Заключение диссертационного совета Д 01.014.02 на базе
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики
по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета Д 01.014.02 от 16.10.2020 г. протокол № 9

**О ПРИСУЖДЕНИИ
Михайлову Вячеславу Александровичу
ученой степени кандидата технических наук**

Диссертация «Совершенствование структурного и технологического обеспечения изготовления лопаток компрессора вертолетных газотурбинных двигателей на основе связных технологий» по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения (технические науки) принята к защите «23» января 2020 г. диссертационным советом Д 01.014.02 (протокол № 2), новая дата защиты назначена на основании решения диссертационного совета Д 01.014.02 (протокол №5/1 от 25.09.2020 г) на базе ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58 (приказ о создании диссертационного совета № 778 от 10.11. 2015 г., приказы об изменении состава диссертационного совета № 651 от 20.06.2017 г., № 1768 от 12.12.19 г., № 656 от 09.04.2020 г.)

Соискатель, Михайлов Вячеслав Александрович, 1979 года рождения, в 2002 году окончил Донецкий национальный технический университет, получив квалификацию специалиста по специальности «Технология машиностроения» (диплом НК № 21266519 от 05.07.2002 г.

С января 2001 г. по октябрь 2003 г. диссертант работал в ООО «Биодент» в должности термиста, затем, с ноября 2003 г. по июнь 2008 г. – учебным мастером в Донецком национальном техническом университете. С июля 2008 г. по май 2009 г. работал слесарем-ремонтником 5-го разряда на ОАО «ДЗГА», с мая 2009 г. по ноябрь 2016 г. – главным механиком в ЧП «Технополис».

С 1 декабря 2016 по 30 ноября 2019 г. диссертант обучался в аспирантуре при кафедре «Технология машиностроения» ГОУВПО «ДОННТУ», при этом диссертационная работа полностью выполнена в период обучения в аспирантуре. С января 2020 г. по настоящее время работает в должности инженера в ЧП «Технополис».

Диссертация выполнена в ГОСУДАРСТВЕННОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики.

Научный руководитель: Байков Анатолий Викторович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология машиностроения» ГОСУДАР-

СТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (г. Донецк).

Официальные оппоненты:

1. БУТЕНКО ВИКТОР ИВАНОВИЧ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия;

2. ВОЛКОВ ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология машиностроения и инженерный консалтинг», ГОУВПО «Луганский национальный университет имени Владимира Даля», Министерства образования и науки Луганской Народной Республики, г. Луганск, ЛНР.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА» (ДОНИЖТ), г. Донецк, в своем положительном заключении, подписанным ректором института, доктором технических наук, профессором Чепцовым М.Н., указала, что диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для фундаментальной и прикладной науки в области технологии машиностроения, а также для развития технологии производства, восстановления и ремонта групп лопаток компрессора газотурбинных двигателей. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

В целом, диссертационная работа отвечает требованиям п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», соответствует специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, а ее автор Михайлов Вячеслав Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются ведущими учеными в области технологии машиностроения и ведут исследования, которые близки с направлением исследований соискателя, а **выбор ведущей организации** обосновывается направлением проводимых научных исследований, а также наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью в определении научной и практической ценности диссертации.

Основные положения диссертации опубликованы в 14 научно-технических работах, в том числе: 6 статей в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ДНР; 2 статьи в ведущих рецензируемых журналах ВАК России; 5 публикаций в материалах международных конференций; 1 декларационный патент на изобретение Украины.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Михайлова, Е. А. К вопросу нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий на внутренние поверхности изделий машиностроения / Е. А. Михайлова, **В. А. Михайлов** // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнар. зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. - Вип. 30. - С. 157-164.

2. Михайлов, А. Н. Общая методология синтеза функционально-ориентированных вакуумных ионно-плазменных покрытий изделий машиностроения /А. Н. Михайлов, **В. А. Михайлов**, Е. А. Михайлова // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 92. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. - С. 184-195

3. **Михайлов, В. А.** Общий подход комплексного повышения ресурса групп лопаток осевого компрессора двигателя вертолета на базе функционально-ориентированного подхода /В. А. Михайлов и [др.] / Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2017. - Вып. 1 (56). - С. 101 - 114.

4. **Михайлов, В. А.** Общие основы и принципы повышения ресурса газотурбинных двигателей на базе функционально-ориентированного подхода /В. А. Михайлов и [др.] // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2017. - Вып. 3 (58). - С. 32 - 43.

5. **Михайлов, В. А.** Комплексное повышение ресурса всех групп лопаток компрессора турбовального ГТД на основе функционально-ориентированного подхода /В. А. Михайлов и [др.] // Научно-технические технологии в машиностроении – Брянск: ФГБОУ ВО «БГТУ», №9, 2017. - С. 42-48.

6. Михайлов, А. Н. Структурная надежность и методы повышения ресурса газотурбинных двигателей на основе обеспечения функционально-ориентированных свойств / А. Н. Михайлов, **В. А. Михайлов**, Д. А. Михайлов и [др.] // Научно-технические технологии в машиностроении – Брянск: ФГБОУ ВО «БГТУ», 2018. - №3 (81). - С. 32-41.

7. **Михайлов, В. А.** Основные принципы синтеза функционально-ориентированных покрытий изделий машиностроения / В. А. Михайлов // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 12-17 сентября 2005 г. В 5-ти томах. – Донецк: ДонНТУ, 2005. - Т. 2. - С. 277-280.

8. **Михайлов, В. А.** Повышение структурной надежности вертолетных газотурбинных двигателей / В. А. Михайлов [и др.] // Сб. научн. трудов XXV Междун. научно-техн. конф. «Машиностроение и техносфера XXI века» в г. Севастополе 10-16 сентября 2018 г. В 2-х томах. – Донецк: ДонНТУ, 2018. - Т. 2. - С. 62-66.

9. Декларация патента на изобретение № 54100 А МПК 7 С23С 14/04. Способ нанесения нитридного декоративного рельефного покрытия на поверхность výrobu / **В. О. Михайлов В. О.** Заявка № 2002053915 от 14.05.2002, БИ 3003. – 6 с.

В опубликованных работах автору принадлежат основные идеи проведенных исследований и результаты экспериментов, выполнен анализ результатов исследований. Соискателем разработаны принципы, структурные модели, выполнен анализ результатов исследований, эксплуатационных свойств групп лопаток компрессора, а также разработаны конкретные примеры реализации свойств лопаток.

На автореферат поступило 9 отзывов. Все отзывы положительные. В них отражены актуальность исследования, дана оценка основным результатам, ука-

заны замечания, а также сделаны положительные заключения о соответствии работы требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В отзывах содержатся следующие замечания:

1. Кравченко Павел Давидович, доктор технических наук по специальности 05.04.11 – «Атомное реакторостроение, машины, агрегаты и технология материалов атомной промышленности», профессор кафедры «Машиностроение и прикладная механика», Волгодонского инженерно-технического института – ВИТИ НИЯУ «МИФИ», РФ, Ростовская обл., г. Волгодонск. Замечания: 1). На странице 5 в 13-й сверху строке автореферата слово «выполнения» следует заменить на «получения». 2). Множество повторений «в работе», «в данной работе», «а также» свидетельствуют о недостаточной редакционной проработке текста. 3). Не показано влияние изменения воздействия температуры на процесс износа поверхностей лопаток.

2. Ямников Александр Сергеевич, доктор технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения», профессор кафедры «Технология машиностроения», Тульского государств. университета, РФ, г. Тула. Замечания: 1). На рис. 1 (с. 7) очень мелко выполнены надписи, содержание данного рисунка очень плохо читается. 2). Во втором разделе работы, в автореферате указано, что диссертант разработал структурная схема диссертационной работы, которая связывает отдельные ее разделы. На мой взгляд, следовало бы ее привести в автореферате для установления особенностей выполнения всей диссертационной работы. 3). Формула (4) автореферата имеет четыре составляющих, при этом три составляющих этого выражения компенсируют неравномерности износа покрытия 3-х рангов. Здесь не понятно, каким образом за счет четвертой составляющей может выполняться повышение ресурса лопаток.

3. Добровольский Герман Игоревич, кандидат технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения», заместитель генерального директора по развитию ООО «НПО «Группа Компаний Машиностроения и Приборостроения», Россия, г. Брянск. Замечания: 1). Автор диссертационной работы в предмете исследований (с. 3) отмечает, что предметом исследований является множество связей параметров свойств лопаток компрессора между отдельными технологическими процессами обработки их групп. На мой взгляд, здесь, следовало бы указать, какие конкретные свойства лопаток компрессора учитываются между этими технологическими процессами. 2). На рис. 2 автореферата не расшифровано обозначение букв, здесь не понятно, что обозначают буквы *F* и *N*.

4. Лебедев Валерий Александрович, кандидат технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения», профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет», г. Ростов-на-Дону. Замечания: 1). В третьем пункте научной новизны работы, автор отмечает, что в работе определено множество связей параметров структуры отдельных технологических процессов реализации функционально-ориентированных свойств групп лопаток компрессора. В данном случае, следовало бы пояснить какие конкретные связи параметров следует учитывать и определять для обеспечения этих свойств. 2). В разделе 2 авто-

реферата на рис. 4 представлена схема особенностей синтеза функционально-ориентированного покрытия, на которой показано, что покрытие имеет S слоев. Однако здесь не сказано, какое число слоев рационально для разработанного функционально-ориентированного покрытия? Поэтому в автореферате следовало бы указать эти данные.

5. Семенов Александр Николаевич, доктор технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, профессор, декан Авиатехнологического факультета Рыбинского государственного авиационного университета им. П.А. Соловьева, Россия, г. Рыбинск. Замечания: 1). Отсутствует указание моделей авиационных газотурбинных двигателей, для которых разработаны рекомендации (стр. 4). 2). Не ясно, как формируется ФОП с неодинаковой толщиной слоев покрытия, какие здесь используются принципы формирования такого покрытия (стр. 9). 3). Методика определения геометрических параметров пространственного контура границ покрытия групп лопаток компрессора приведена в сжатом виде, что трудно для понимания ее сущности.

6. Серга Георгий Васильевич, доктор технических наук по специальности по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения», и 05.03.01 – «Процессы механической и физико-химической обработки, станки и инструмент» заслуженный изобретатель РФ, профессор, заведующий кафедрой начертательной геометрии и графики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», г. Краснодар. Замечания: 1). В третьем научном положении (с. 5) автореферата, автор отмечает об обеспечении функционально-ориентированных свойств на основе равенства ресурса групп лопаток компрессора. На мой взгляд, равный ресурс всех лопаток обеспечить сложно, здесь следовало бы отметить, что ресурс обеспечивается близкий к равному ресурсу всех групп лопаток. 2). В автореферате во втором разделе работы отмечается, что функционально-ориентированное покрытие может формироваться из слоев одинаковой или не одинаковой толщины. Однако, из автореферата не удалось установить, а может ли формироваться функционально-ориентированное покрытие комбинированного варианта, а именно, одинаковой и не одинаковой толщины слоев.

7. Федоров Владимир Павлович, доктор технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, профессор кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», Российская Федерация, г. Брянск. Замечания: 1). В автореферате, при представлении первого раздела работы, на мой взгляд, следовало бы привести фамилии ведущих ученых и специалистов, проводившие исследования в данном направлении, на трудах и результатах исследований которых базируется представленная диссертация. 2). В автореферате во втором разделе работы отмечается, что ФОП может формироваться из слоев одинаковой или не одинаковой толщины. Однако, из автореферата не удалось установить, а может ли формироваться ФОП комбинированного варианта, а именно, одинаковой и не одинаковой толщины слоев. 3). В автореферате следовало бы более детально пояснить рис. 8 и методику определения геометрических параметров пространственного контура границ покрытия групп лопаток компрессора.

8. Поперечный Анатолий Никитович, доктор технических наук по специальности 05.18.12 – «Процессы и оборудование пищевых микробиологических и фармацевтических производств», профессор кафедры оборудования пищевых производств Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, Донецкая Народная Республика, г. Донецк. Замечания: 1). На рис. 1 представлено 5 групп лопаток компрессора для газотурбинного двигателя модели ТВЗ-117. Из рисунка не понятно, для других моделей газотурбинных двигателей будет такое же число групп лопаток или для каждой модели свое количество групп лопаток в компрессоре. 2). На рис. 5 не приведена расшифровка обозначений.

9. Козлов Александр Михайлович, доктор технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, профессор кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», Российская Федерация, г. Липецк. Замечания: 1). В п. 2 научной новизны (с. 3), диссертант отмечает, что «... впервые разработан технологический подход синтеза ... на основе многосвязных технологических процессов ...». Однако, он не поясняет, в чем заключается эта многосвязность, и что она дает для разработанного комплексного технологического процесса? 2). Как определяются топографические параметры пространственного контура (ПКГ) наносимого слоя покрытия на рабочую поверхность лопатки компрессора. 3). Как определяется число слоев функционально-ориентированного покрытия (ФОП), наносимого на рабочую поверхность лопатки компрессора. 4). Какие принципы автоматизированного (машинного) синтеза технологического обеспечения применены («перебор сочетаний», «отображение» или какой-то другой).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований по специальности 05.02.08:

проведен: анализ особенностей эксплуатации ГТУ, который позволил установить, что при эксплуатации лопаток компрессора ГТД действуют на поверхностях пера и в группах лопаток неравномерные абразивно-эрозионные воздействия, характеризующиеся неравномерностями их износа 3-х рангов;

осуществлены: совершенствование комплексного обеспечения свойств групп лопаток компрессора, эксплуатирующихся в условиях действия неравномерностей их износа 3-х рангов; методы и решения в совершенствовании процессов формирования функционально-ориентированных свойств групп лопаток компрессора из условия повышения и обеспечения их равного ресурса при действии неравномерностей износа лопаток 3-х рангов;

разработаны:

– комплексный подход и методы совершенствования технологического обеспечения повышения ресурса групп лопаток компрессора на основе связных технологических процессов;

- методика синтеза комплексного отделочно-упрочняющего связного технологического процесса, которая позволяет проектировать конкретные варианты

процессов напыления функционально-ориентированных покрытий групп лопаток на базе принципа равенства ресурса всех лопаток в компрессоре;

- новый способ нанесения многослойного функционально-ориентированного покрытия лопаток компрессора и реализация структуры связного технологического процесса групп лопаток на основе принципа равенства ресурсов;
- способ реализации пространственного контура границ каждого слоя для функционально-ориентированного покрытия, который позволяет обеспечивать сложный пространственный контур каждого слоя покрытия, состоящего из n покрытий;

предложены:

- методика экспериментальной реализации связного технологического процесса формирования функционально-ориентированного покрытия групп лопаток на базе принципа равенства ресурса, которая позволяет формировать многослойные покрытия лопаток компрессора, обеспечивающие равный ресурс лопаток в условиях действия неравномерного их износа 3-х рангов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- впервые установлены закономерности абразивно-эрозионного износа рабочих поверхностей каждой лопатки, лопаток в каждой группе и лопаток между группами в компрессоре, которые обусловлены неравномерностями 3-х рангов;

- определены связи между эксплуатационными параметрами свойств функционально-ориентированного покрытия лопатки и технологическими параметрами процессов их обеспечения в комплексном многосвязном технологическом процессе реализации свойств групп лопаток компрессора, работающих в условиях действия неравномерностей износа 3-х рангов;

- разработан технологический подход синтеза комплексного многосвязного технологического процесса обеспечения функционально-ориентированных свойств лопаток компрессора на базе многослойного функционально-ориентированного покрытия лопаток компрессора, работающих в условиях действия абразивно-эрозионного износа 3-х рангов;

- установлены технологические особенности обеспечения многослойного функционально-ориентированного покрытия поверхности каждой лопатки, лопаток в группе и групп лопаток относительно друг друга из условия равенства их ресурсов в компрессоре, обусловленных действием неравномерностей 3-х рангов, возникающих при абразивно-эрозионном износе их в процессе эксплуатации;

- определены закономерности синтеза технологического обеспечения и оснастки для реализации комплексного многосвязного технологического процесса напыления многослойного функционально-ориентированного покрытия групп лопаток компрессора обеспечивающих равный их ресурс в условиях действия неравномерностей 3-х рангов, возникающих в компрессоре от абразивно-эрозионного износа.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработанная структура комплексного многосвязного технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки обеспечивает возможность выполнения свойств групп лопаток на базе функционально-ориентированных покрытий из условия равенства ресурса различных групп лопаток компрессора в условиях действия неравномерностей 3-х рангов абразивно-эрозионного износа;

- предлагаемая методика синтеза структуры комплексного многосвязного технологического процесса отделочно-упрочняющей обработки лопаток компрессора обеспечивает повышение их ресурса на 60 %;

- разработанные 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.

- результаты работы внедрены на ООО «Горловский энергомеханический завод» (ДНР), ОАО «Ейский станкостроительный завод» (Россия), в Филиале Ухтинского государственного технического университета в г. Усинске (Республика Коми, Россия) и в ГОУВПО «ДОННТУ» (ДНР).

Оценка достоверности результатов исследования Достоверность представленных 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, полученными результатами экспериментальных исследований лопаток компрессора с функционально-ориентированными покрытиями с использованием образцов-свидетелей, эффективностью внедрения результатов работы в производство. Полученные соискателем научные результаты в полной мере освещены в публикациях в профессиональных изданиях и обсуждены на различных научно-технических конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и задач работы, анализе результатов исследования, установлении связей и обосновании закономерностей, полученных в работе. Основные положения, принципы и структурные модели связных технологических процессов разработаны автором самостоятельно. Исследования по совершенствованию технологического обеспечения функционально-ориентированных свойств лопаток для групп лопаток при действии неравномерностей их износа 3-х рангов, экспериментальные исследования, обобщение результатов и формулировка выводов, а также внедрение результатов работы выполнены лично соискателем.

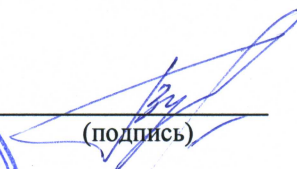
На основании изложенного, представленная диссертационная работа Михайлова Вячеслава Александровича «Совершенствование структурного и технологического обеспечения изготовления лопаток компрессора вертолетных газотурбинных двигателей на основе связанных технологий» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены новые решения актуальной научно-технической задачи, имеющей важное народно-хозяйственное значение, заключающейся в повышении 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.

По своей актуальности, научной новизне, теоретическому и практическому значению диссертационная работа отвечает требованиям п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

На заседании от «16» октября 2020 г. диссертационный совет принял решение: присудить Михайлову Вячеславу Александровичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

При проведении открытого голосования членов диссертационного совета, состоящего из 19 человек, из которых 17 докторов наук, участвовавших в голосовании, проголосовали: за 17, против 0, воздержавшихся 0.

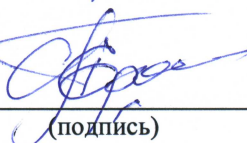
Заместитель председателя
диссертационного совета Д 01.014.02
д-р техн. наук, профессор



(подпись)

В.В. Гусев

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 01.014.02
д-р техн. наук, профессор



(подпись)

С.П. Еронько

16 октября 2020 г.