

УТВЕРЖДАЮ.

Ректор учреждения образования
«Полоцкий государственный
университет имени Евфросинии
Полоцкой», кандидат физико-
математических наук, доцент



Романовский Ю.Я.

«6» ноября 2025 г.

ОТЗЫВ

оппонирующей организации – учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» о диссертации Сергеева Леонида Ефимовича «Технологические основы магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей деталей типа тел вращения с изменением свойств комбинированной рабочей среды», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Научное собрание утверждено приказом № 538 от 05.11.2025 численностью 21 человек в составе: Дудан А.В. – декан механико-технологического факультета, к.т.н., доцент (председатель); Вигерина Т.В. – доцент кафедры автомобильного транспорта, к.т.н., доцент (секретарь); Штемпель О.П. – заведующий кафедрой автомобильного транспорта, к.т.н., доцент; Иванов В.П. – профессор кафедры автомобильного транспорта, д.т.н., профессор; Рынкевич С.А. – профессор кафедры автомобильного транспорта, д.т.н., доцент; Ехилевский С.Г. – профессор кафедры технологий программирования, д.т.н., профессор; Лисовский А.Л. – доцент кафедры автомобильного транспорта, к.т.н., доцент; Завистовский В.Э. – доцент кафедры автомобильного транспорта, к.т.н., доцент; Фруцкий В.В. – доцент кафедры автомобильного транспорта, к.т.н., доцент; Пилипенко С.В. – доцент кафедры автомобильного транспорта, к.т.н., доцент; Портянко С.А. – заместитель декана механико-технологического факультета, к.т.н., доцент; Голембиевский А.И. – профессор кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, к.т.н., профессор; Хмельницкий Р.С. – доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, к.т.н., доцент; Долгих А.М. – доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, к.т.н., доцент; Семенов В.И. – доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, к.т.н., доцент; Дронченко В.А. – доцент кафедры технологии и

*Вх. № 11-52/24
от 09.12.2025*

оборудования машиностроительного производства, к.т.н.; Кульбей А.Г. – заведующий кафедрой трубопроводного транспорта и гидравлики, к.т.н., доцент; Митинов А.В. – старший научный сотрудник НИС, к.т.н., доцент; Ермак А.А. – доцент кафедры технологии и оборудования переработки нефти и газа, к.т.н., доцент; Сафронова Е.В. – доцент кафедры технологии и оборудования переработки нефти и газа, к.т.н., доцент; Спиридонов А.В. – доцент кафедры технологии и оборудования переработки нефти и газа, к.т.н., доцент.

Согласно данному приказу, экспертом диссертации назначен Иванов В.П. – профессор кафедры автомобильного транспорта, доктор технических наук, профессор. Специалистами по научному направлению рассматриваемой диссертации являются: Иванов В.П., Рынкевич С.А., Портянко С.А., Лисовский А.Л.

Заседание научного собрания состоялось 26.11.2025 г. Оно протекало с 12⁰⁰ до 14¹⁵. На заседании присутствовали 20 его членов.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки

В диссертации кандидата технических наук Сергеева Л.Е., представленной на соискание учёной степени доктора технических наук, получило развитие актуальное научное направление в машиностроении – комплексное воздействие компонентов комбинированной рабочей среды (электромагнитного поля, ферроабразивных порошков, смазочно-охлаждающих технологических средств) на сложнопрофильные поверхности тел вращения в процессе магнитно-абразивной обработки.

Содержание диссертации, ее основные результаты и положения, выносимые на защиту, соответствуют заявляемой специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» и отрасли науки – технические. Диссертация соответствует областям исследования 1, 2 и 4 паспорта указанной специальности, а именно:

область исследования 1 – процессы синтеза или модифицирования структуры и свойств материалов и формирования поверхностей изделий с наложением различных энергетических воздействий и использованием возникающих при этом физических и химических эффектов;

область исследования 2 – методы управления технологическими параметрами энергетического воздействия в процессах механической и физико-технической обработки;

область исследования 4 – теория и практика проектирования, производства и эксплуатации отдельных видов и систем технологического оборудования и инструментов с заданными технико-экономическими показателями для механической и физико-технической обработки, оптимизация компоновки, состава и параметров оборудования и инструментов, в том числе и для специальных видов обработки и послойного синтеза изделий.

Научный вклад соискателя в разработку научной проблемы с оценкой его значимости

Положения, вынесенные на защиту диссертации, содержат принципиально новые результаты, которые вносят существенный вклад в концептуальное развитие технологических основ магнитно-абразивной обработки заготовок и включают:

- метод комплексного воздействия компонентов комбинированной рабочей среды (электромагнитного поля, ферроабразивных порошков, смазочно-охлаждающих технологических средств) на обрабатываемую поверхность сложного профиля, *характеризующийся* самоорганизацией финишной магнитно-абразивной обработки заготовок с обеспечением заданных показателей качества;

- результаты компьютерного моделирования топографии магнитного поля в рабочем зазоре различной формы, *отличающиеся* возможностью расчетного определения магнитной индукции методом конечных элементов для выбранных граничных условий, выраженных формой обрабатываемой поверхности и профилем полюсных наконечников электромагнитов, что позволило обосновать рациональную конструкцию электромагнитной системы с обеспечением самоформирования режущего контура ферроабразивного инструмента соответственно форме обрабатываемой поверхности;

- раскрытие механизма микрорезания единичными абразивными зернами из ферромагнитного материала при наложении электромагнитного поля, *устанавливающего* увеличение степени пластической деформации тонкого поверхностного слоя материала заготовки под действием тепла от индукционных токов, что увеличивает глубину царапин в 1,5–1,6 раза, на основании чего предложены новые составы ферроабразивных порошков различной формы, магнитной проницаемости и микротвердости абразивной составляющей с повышенной в 3–5 раз стойкостью при магнитно-абразивной обработке черных и цветных сплавов;

- результаты исследований прохождения глобул масляной фазы через каналы ферроабразивного инструмента при наложении электромагнитного поля с введением дополнительных компонентов (эмпиколов, лигносульфонатов, неололов), что предотвращает засорение порового пространства инструмента;

- установленный эффект активации съема металла при использовании смазочно-охлаждающих технологических средств различной физико-химической природы в присутствии химически активных веществ под действием индукционных токов различной амплитуды и частоты, *позволивший* обеспечить ускоренное анодное растворение материала с образованием на обрабатываемой поверхности легко удаляемых пленок, что *повышает* производительность обработки в 1,5–2,0 раза со снижением шероховатости обработанной поверхности в 2,5–3,0 раза;

- синергический эффект от взаимного влияния параметров градиента магнитной индукции, магнитной проницаемости ферроабразивного порошка и свойств смазочно-охлаждающих технологических средств на шероховатость

обработанной поверхности и производительность обработки при повышении микротвердости поверхностного слоя.

Научная значимость результатов, полученных в результате решения задач исследования, заключается в разработке и установлении закономерностей и механизмов формирования при магнитно-абразивной обработке сложнопрофильных поверхностей тел вращения с заданными показателями качества за счет управления параметрами комбинированной рабочей среды.

Мировая инженерная новизна технических решений подтверждена 16 патентами Республики Беларусь на изобретения.

Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень

Ученая степень доктора технических наук может быть присуждена соискателю за развитие технологических основ магнитно-абразивной обработки в виде комплексного воздействия компонентов комбинированной рабочей среды (электромагнитного поля, ферроабразивных порошков, смазочно-охлаждающих технологических средств) на сложнопрофильные поверхности деталей типа тел вращения, включающих:

- разработку метода комплексного воздействия комбинированной рабочей среды, в которой роль связующего режущих подвижно-скоординированных абразивных зерен играет магнитное поле, на сложнопрофильные поверхности типа тел вращения при их обработке, *отличающегося* самоорганизацией и проявлением эффекта синергизма во взаимодействии магнитного поля, структуры и морфологии ферроабразивных порошков и составов смазочно-охлаждающих технологических средств, *обеспечивающего* синтез оптимальных технологических режимов обработки с повышением ее производительности и качества поверхности;

- моделирование топографии магнитного поля в рабочем зазоре с использованием метода конечных элементов для решения конструкторско-технологических задач при магнитно-абразивной обработке поверхностей сложной формы, *отражающее* распределение магнитного поля и зоны концентрации магнитной индукции для наружных и внутренних сферических и конических поверхностей, *позволяющее* выбрать рациональную конструкцию магнитопровода с формой рабочего зазора, обеспечить самоформирование режущего контура ферроабразивного инструмента соответственно форме обрабатываемой поверхности и сократить сроки подготовки производства в 4–6 раз;

- моделирование микрорезания единичным абразивным зерном ферромагнитного материала при наложении магнитного поля в зону резания, *устанавливающее* увеличение степени пластической деформации тонкого поверхностного слоя материала заготовки под действием возникающего от индукционных токов теплового эффекта, что приводит к увеличению глубины внедрения абразивного зерна в 1,5–1,6 раза и позволяет обосновать выбор формы аб-

разивных зерен, параметры их режущих кромок, значения магнитной индукции в рабочем зазоре, что *позволило* прогнозировать режущую способность ферроабразивных порошков, магнитную проницаемость материала, микротвердость абразивной составляющей зерен и предложить их новые виды на базе ряда композиций;

– определение влияния магнитного поля на интенсивность съема металла при использовании смазочно-охлаждающих технологических средств с различными физико-химическими характеристиками и установление эффекта активации процессов резания в присутствии химически активных веществ за счет анодного растворения материалов при прохождении импульсов индукционных токов и образования на обрабатываемой поверхности легко удаляемых пленок, что позволило создать новые виды смазочно-охлаждающих технологических средств с введением в их композицию дополнительных компонентов на основе эмпикола, лигносульфоната и неолола, уменьшающих размер глобулей масляной фазы при их прохождении через поровые каналы ферроабразивного инструмента с повышением производительности обработки и снижением шероховатости обработанной поверхности;

– обоснование комплексного влияния в виде синергического эффекта компонентов комбинированной рабочей среды в условиях самоорганизации процессов при наличии множества неконтролируемых факторов на физико-механические показатели поверхностного слоя детали, *объясняющее* его напряженно-деформированное состояние, равномерное распределение бесструктурного мартенсита с высокой плотностью дислокаций, снижение содержания остаточного аустенита, измельчение блоков когерентного рассеяния, позволившее выявить эволюцию показателей качества поверхностного слоя: снижение шероховатости обрабатываемой поверхности, коэффициента трения, скорости коррозии поверхностного слоя и повышение его микротвердости, *отличающееся* выделением обобщенных параметров одной физической природы и управляющих факторов по функциональному назначению,

что **в совокупности** позволило активировать процесс резания в труднодоступных зонах сложного профиля обрабатываемых поверхностей с заданными показателями качества, управлять технологическими режимами и параметрами комбинированной рабочей среды, создать новые составы ферроабразивных порошков с повышенной в 3–5 раз стойкостью для обработки заготовок из черных и цветных металлов и сплавов, повысить производительность обработки в 1,5–2,0 раза, снизить шероховатость обработанных поверхностей в 2,5–3,0 раза, повысить долговечность деталей в 1,2–1,4 раза и создать новые средства технологического оснащения в Республике Беларусь с достижением годового экономического эффекта в пересчете на 2025 г. более 97 тыс. долларов США.

Замечания по диссертации

1. Следовало более полно раскрыть роль белорусских ученых в становлении электромагнитной обработки заготовок (Кожуро Л.М., Чемисов Б.П., Хейфец М.Л. и др.)

2. Выводы по главам громоздки и в ряде случаев содержат сведения, недостаточно раскрытые в соответствующих главах.

3. Система испытаний продукции по мере конструкторской и технологической подготовки производства и освоения ее выпуска приведена не точно.

4. Необходимо более обоснованно и строго представить синергический эффект от совместного действия множества технических решений, предложенных соискателем.

5. Тезис работы об уменьшении времени приработки контактирующих поверхностей деталей некорректен. Во-первых, это в работе не прослеживается. Во-вторых, приработка никоим образом не связана с резанием, она характеризуется, главным образом, пластическим деформированием выступов шероховатости и наклепом материала при соприкосновении взаимодействующих деталей агрегата во время обкатки и в начале эксплуатационного использования.

Отмеченные недостатки не затрагивают основных положений, вынесенных автором на защиту, и не снижают общую положительную оценку выполненной на высоком научном уровне актуальной работы, практической значимости, достоверности и новизны основных результатов и выводов.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Анализ диссертации, публикаций по ее теме, совокупности научных и практических результатов работы свидетельствует о наличии глубоких знаний соискателя, владении им современными методами теоретических и экспериментальных исследований в области избранной специальности, что свидетельствует о его высокой научной квалификации. Она соответствует требованиям, предъявляемым к докторам технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» (технические науки).

Сказанное подтверждается опубликованными результатами диссертации в 90 научных работах, в том числе 2 монографиях, 32 статьях в научных журналах и сборниках научных трудов, соответствующих требованиям п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 33 статьях в сборниках материалов конференций, 7 тезисах докладов на научно-технических конференциях.

Рекомендации по практическому использованию результатов диссертации

Разработано технологическое оборудование СФТ 2.138, СФТ 2.147 и СФТ 2.151 (патенты № 14770, 15998, 17910 и 19242 РБ) для обработки сложнопрофильных поверхностей заготовок, обеспечивающее шероховатость поверхности $Ra = (0,1-0,6)$ мкм и повышение производительности на 20–25 %. Технологические процессы магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей тел вращения № 01.09.01.00.005, № 13.5825.00.001 и № 01.03.01.00.005 внедрены в производство на ряде предприятий Республики Бе-

ларусь, в том числе на заводе ОАО «Электроизмеритель» (Витебск), ОАО «Глубокский хлебозавод» (Глубокое), ОАО «Полесьеэлектромаш» (Лунинец), ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» (Гомель), ОАО «Пинский ордена Знак Почета судостроительно-судоремонтный завод» (Пинск), «Опытно-экспериментальный завод ЦНИМЭСХ» (Минск). Это позволило сэкономить 0,5 тыс. тонн углеводородного топлива и других топливно-энергетических ресурсов.

Основные результаты диссертации могут быть рекомендованы для расширенного использования на машиностроительных и ремонтных предприятиях страны при организации изготовления и восстановления деталей сложной формы различного назначения из черных и цветных металлов и сплавов. Необходимость расширения области применения магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей обосновано достигнутым повышением качества и производительности обработки конических поверхностей деталей технологической оснастки (шпинделей), неразвертываемых и сферических поверхностей вращения (рефлекторов, светильников, пуансонов и перекидных переключателей), неразвертываемых линейчатых поверхностей (глубоких пазов, галтелей и фасок); поверхностей вращения с элементами зубчатого и шлицевого зацепления (зубчатых колес, шлицевых валов).

Результаты работы применимы также при разработке и изготовлении технологического оборудования с повышением уровня импортозамещения.

Заключение

Диссертация Сергея Леонида Ефимовича «Технологические основы магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей деталей типа тел вращения с изменением свойств комбинированной рабочей среды», представленная на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», является законченной квалификационной научной работой. Работа посвящена актуальной теме, выполнена на высоком научном уровне, имеет практическую значимость, свидетельствует о высокой научной квалификации автора. Научные положения и выводы, изложенные в работе, теоретически аргументированы и подтверждены экспериментально. Основные научные положения, технические решения и выводы, изложенные в диссертации, оригинальны и являются результатом самостоятельной научно-исследовательской работы автора.

По уровню научной новизны и практической значимости диссертация соответствует требованиям п. 20 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени доктора технических наук, а ее автору может быть присуждена учёная степень по указанной специальности.

На научном собрании заслушан доклад Сергея Л.Е. по диссертации, обсужден проект отзыва оппонировавшей организации, подготовленный

экспертом. В соответствии с п. 42 Положения о присуждении ученых степеней и присуждении ученых званий в Республике Беларусь, и п. 45 Положения о совете по защите диссертаций отзыв оппонировавшей организации о диссертации утвержден открытым голосованием, в голосовании принимало участие 20 членов научного собрания, имеющих ученые степени.

Результаты голосования

За – 20, против – нет, воздержались – нет.

Председатель научного собрания,
декан механико-технологического
факультета, кандидат технических
наук, доцент



Дудан А.В.

Эксперт, профессор кафедры
автомобильного транспорта, доктор
технических наук, профессор



Иванов В.П.

Секретарь научного собрания,
доцент кафедры автомобильного
транспорта, кандидат технических
наук, доцент



Вигерина Т.В.

Поступили в совет

09.12.2025

уг. секрет. совета



Лукашенко О.К.