

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета 35.2.022.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от «06» октября 2023 г. № 10

О присуждении Воронину Николаю Владимировичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование технологии и технических средств магнито-термического армирования полимерных деталей вакуумных насосов и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин» по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки) принята к защите 31 июля 2023 года, протокол № 5, диссертационным советом 35.2.022.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», 393760, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101; утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ № 487/нк от 22.03.2023 года (с изменениями приказ №897/нк от 25.04.2023 года).

Соискатель Воронин Николай Владимирович, 15 октября 1994 года рождения, в 2018 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов». В период подготовки диссертации обучался в очном отделении аспирантуры ФГБОУ ВО ТГТУ по направлению подготовки 15.06.01 – Машиностроение с 31.08.2018 г. по 31.08.2022 г., в 2022 году сдал кандидатские экзамены по специальности «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса» (справка о сданных кандидатских экзаменах №388 от 04.04.2023 г.).

В настоящее время работает преподавателем в ТОГБПОУ «Приборостроительный колледж» (функции и полномочия учредителя ТОГБПОУ «Приборостроительный колледж» выполняет Министерство образования и науки Тамбовской области).

Диссертация выполнена на кафедре «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор Родионов Юрий Викторович, федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», профессор кафедры «Механика и инженерная графика».

**Официальные оппоненты:**

Жачкин Сергей Юрьевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин, профессор;

Гончарова Юлия Александровна, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра МТ8 «Материаловедение», ассистент кафедры, - дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева» (ФГБОУ ВО МГУ им. Н.П. Огарева), г. Саранск, республика Мордовия, в своем положительном заключении, подписанном Кузнецовым Вячеславом Викторовичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой механизации переработки сельскохозяйственной продукции, Величко Сергеем Анатольевичем, доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры технического сервиса машин, утвержденным первым проректором ФГБОУ ВО МГУ им. Н.П. Огарева Сениным Петром Васильевичем, доктором технических наук, профессором указала, что в целом диссертационная работа Н.В. Воронина «Совершенствование технологии и технических средств магнито-термического армирования полимерных деталей вакуумных насосов и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны. Диссертационная работа Воронина Николая соответствует паспорту специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса и отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученой степени, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Воронин Николай Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

**Соискатель имеет** 22 научных работы, опубликованных по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, опубликовано 6 работ, 3 статьи в научном издании, включённом в перечень международных баз данных RSCI, Scopus и Web of Science, 2 патента на изобретение РФ, 1 патент на полезную

модель РФ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Воронин Н.В. Теоретические исследования контактных и изгибных напряжений лопаток рабочего колеса и корпуса жидкостнокольцевого вакуумного насоса из полимеров / Н.В. Воронин, Ю.В. Родионов, А.И. Скоморохова, Д.В. Никитин, П.А. Галкин, И.С. Филатов // Наука в центральной России. - 2020. - № 3 (45). - стр. 85-97.

2. Воронин Н.В. Влияние технологических параметров на процесс внедрения ферромагнитных материалов в поверхность термопластичных и термореактивных полимеров / Н. В. Воронин, И. С. Филатов, Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, Махмуд М. А. С. // Наука в центральной России. - 2021. - № 4 (52). - стр. 115-123.

3. Воронин Н.В. Упрочнение металлизацией полимерных деталей машин и механизмов АПК, полученных посредством аддитивных технологий // Н. В. Воронин, А. И. Скоморохова, И. С. Филатов, Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин // Наука в центральной России. 2022. № 2 (56). С. 125-134.

4. Yu. V. Rodionov. Study of magneto-thermal surface reinforcement of polymeric materials // Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin, N. V. Voronin, I. S. Filatov / Chemical and Petroleum Engineering – 2021. - №7-8. – pp. 595-600.

5. A. Shchegolkov, N. Voronin, Y. Rodionov, N. Zemtsova, A. Shchegolkov and I. Filatov, "Mathematical Model of the Magnetic-Thermal Surface Reinforcement of Polymeric Materials with Carbon Nanostructures and Microdimensional Nickel," 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russian Federation, 2022, pp. 117-121, doi: 10.1109/SUMMA57301.2022.9974122.

6. Пат. 2761191 С1 Российская Федерация, МПК С23С 26/00, С23С 24/08, С23С 14/35. Способ поверхностного упрочнения детали из полимерного материала. / И.С. Филатов, Н.В. Воронин, Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, Г.В. Рыбин, А.В. Щегольков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО ТГТУ. – №2021106201; заявл. 11.03.2021; опубл. 06.12.2021, Бюл. № 34.

На диссертацию и автореферат поступило 19 положительных отзывов из следующих организаций: ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Институт Агротехнологическая академия, Горбуновой Е.В., к.с.-х.н., доцента кафедры земледелия и растениеводства агрономического факультета, и доцента Сидоренко И.Д., к.т.н., доцента кафедры технических систем в агробизнесе, замечания 1. Не указано, сколько серий опытов было проведено в ходе экспериментов по определению механических и эксплуатационных характеристик армированных деталей. 2. Рисунок 1, демонстрирующий экспериментальную установку, плохо читается. ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Кирсанова Ф.А. к.т.н., доцента, доцента кафедры «Транспортные средства и техносферная безопасность», замечания: 1. Рисунок 1, демонстрирующий экспериментальную установку, плохо читается. 2. Не указано, какие погрешности измерения были приняты для определения погрешности силы внедрения (формула 14); ФГБОУ ВО

«Пензенский государственный технологический университет», Курочкина А.А., д.т.н., профессора, профессора кафедры «Пищевые производства», замечания: 1. В автореферате присутствует упрощенное описание методики процесса внедрения ферромагнитной частицы в поверхность полимерной детали; ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Пенькова Н.А., д.т.н., доцента, начальника 11 ЛНИ, зам. начальника 1 ОНИ НИЦ (ОиИТ), замечания: 1. При решении задачи расчета контактных и изгибных напряжений в автореферате стоит указать тип напряженно-деформированного состояния и исходные данные рассчитываемой модели. 2. В автореферате не представлено зависимостей твердости полученного армированного полимера, его предела прочности и коэффициента трения по стали, как функций основных параметров процесса внедрения частиц порошка внутрь поверхности полимерной пластины; ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», профессора Рудобашта С.П., д.т.н., профессора кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, замечания: 1. Из материала автореферата не ясно, как именно с точки зрения физики происходит внедрение ферромагнитной частицы порошка никеля в поверхность полимерной детали. 2. Плохо читается рисунок 1, демонстрирующий экспериментальную установку; ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Саенко Ю.В., д.т.н., доцента, профессора кафедры машин и оборудования в агробизнесе; замечания: 1. Стоило отразить возможные проблемы при ведении процесса армирования. 2. Необходимо было подробнее отразить возможный получаемый экономический эффект. 3. Необходимо пояснить, изменится ли шероховатость поверхности полимера после проведения процесса армирования?; ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», профессора Трояновской И.П., д.т.н., профессора кафедры тракторов, сельскохозяйственных машин и земледелия, Почетного машиностроителя России, замечания: 1. Из материала автореферата не ясно, почему разработанная технология и устройства для ее реализации рассматриваются только для поверхностного армирования полимерных деталей с плоской рабочей поверхностью, а не, к примеру, элементов зубчатых передач. 2. Также не ясно, каким образом было получено базовое уравнение разработанной математической модели; ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», профессора Крючина Н.П., д.т.н., заведующего кафедрой «Механика и инженерная графика», замечания: 1. Автором в автореферате не указано, на основании чего в исследованиях использовался только полипропилен, хотя для изготовления деталей насосов используются сверхвысокомолекулярный полиэтилен и фторопласт. 2. В тексте автореферата не представлены марки жидкостнокольцевых насосов, взятых за основу для усовершенствования, их назначение и условия работы. 3. В автореферате недостаточно описаны варианты использования предложенной технологии армирования; ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Лебедь Н.И., д.т.н., профессора кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», замечания: 1. Стоило отразить возможные проблемы при ведении процесса армирования. 2. Также необходимо отразить энергетические затраты при реализации процесса

армирования; ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», доцента Захарова В.Л., д.с.-х.н., профессора кафедры агротехнологий, хранения и переработки с/х продукции, замечания: 1. Стоило более подробно отразить исследования механических характеристик армированных деталей. 2. Рисунок 1, демонстрирующий экспериментальную установку, плохо читается; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» профессора Чертова Е.Д., д.т.н., заведующего кафедрой «Техническая механика», и доцента Лихачевой Л.Б., к.т.н., доцента кафедры «Техническая механика», замечания: 1. Из текста автореферата не очень понятно, какова толщина наносимого покрытия на полимерную деталь, и как оценивалось равномерность распределения частиц по поверхности образца. 2. В автореферате не указан срок эксплуатационных испытаний насоса малой производительности и как будут вести себя армированные полимерные детали, если насос будет большой производительности; ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», профессора Мухамадьярова Ф.Ф., д.т.н., и.о. заведующего кафедрой эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка, замечания: 1. Формулировка темы диссертации не совсем удачная. Она слишком большая по объему. 2. В цели диссертационного исследования указано «Повышение надежности лопаток рабочих колес и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин...». Однако в автореферате не приведены результаты исследований этого комплексного показателя (надежности). В заключении (пункт 4) представлены лишь данные о повышении ресурса полипропиленовых лопаток рабочего колеса более, чем в 4 раза; ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», доцента Камбулова С.И., д.т.н., заведующего отделом механизации растениеводства, замечания: 1. Из автореферата не ясно, какова производительность экспериментальной установки, представленной на рисунке 1. 2. В автореферате не представлены результаты исследований на прочность и износ. 3. Каким образом и за счет чего получен годовой экономический эффект 525 тыс. руб.?; ФГБОУ ВО «Ярославский государственный аграрный университет», доцента Соцкой И.М., к.т.н., заведующей кафедрой «Технический сервис», замечания: 1. Не проведен анализ подбора материала порошка металла, определение оптимального размера частиц порошка, подбор типа исследуемого полимера 2. В списке основных работ указана п.1 работа, не относящаяся к теме диссертации. 3. При проведении эксперимента для получения слоя расплава толщиной 60...70 мкм ферромагнитный порошок наносился вручную, что вызывает вопрос получения качественного покрытия для исследования. 4. Не рассмотрено поверхностное армирование деталей сложной формы; ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», профессора Ерохина М.Н., д.т.н., профессора кафедры сопротивления материалов и деталей машин, академика РАН, и доцента Мельникова О.М., к.т.н., доцента кафедры сопротивления материалов и деталей машин; замечания: 1. В автореферате отсутствуют сведения о стабильности физико-механических свойств армированных полимерных материалов в процессе времени. 2. В заключении (стр. 15) в четвертом пункте отмечается, что твердость по Бринеллю армированной

поверхности выросла с 63 до 355 Мпа. Здесь, как нам кажется, не учтена податливость подложки, а именно полимера. Необходимо уточнение; ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет», доцента Башняка С.Е., к.т.н., заведующего кафедрой «Безопасность жизнедеятельности, механизация и автоматизация технологических процессов и производства», замечания отсутствуют; ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет», доцента Иванщикова Ю.В., к.т.н., заведующего кафедрой технического сервиса, замечания: 1. На наш взгляд, перенос результатов исследований, выполненных по отношению к вакуумному насосу ЖВН, на гидросистему сельскохозяйственных машин (цель исследования, стр. 3) не корректен, т.к. у них функции и условия работы разные. 2. Из автореферата не ясно, как влияет твердость и повышенный коэффициент трения (стр. 13) армированной поверхности на ресурс сопрягаемой детали (как правило, более сложной в изготовлении и дорогой); ФГБОУ ВО «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет», профессора Баусова А.М., д.т.н., профессора кафедры технического сервиса и механики, и доцента Терентьева В.В., к.т.н., заведующего кафедрой технического сервиса и механики; замечания: 1. В работе не исследовано влияние состава нагреваемого воздуха на характеристики полученного композита. 2. В автореферате (стр.13) отмечено влияние ряда факторов на равномерность распределения частиц никеля на поверхности образцов, однако экспериментальные данные, подтверждающие это утверждение, отсутствуют. 3. Нагрев до высоких температур как полимера, так и ферромагнитных частиц никеля приводит к их термическому окислению, что влияет на характеристики поверхностных слоев, однако в работе этому не уделено внимания; Институт пищевых технологий и дизайна, филиал ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», доцента Бочарова В.А., к.с.-х.н., доцента кафедры товароведения, управления качеством и экономики сферы услуг, замечание: 1. Стоило подробнее отразить различные варианты предлагаемой технологии армирования.

Все отзывы положительны, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну, практическую значимость результатов работы и содержат заключение о том, что диссертация выполнена на высоком научном уровне и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Воронин Николай Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их широкой известностью своими достижениями по вопросам нанесения покрытий и применения полимерных материалов в сельскохозяйственном машиностроении, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработаны** математическая модель процесса внедрения ферромагнитных частиц в поверхностный слой полимерной детали; техническое средство и технология для реализации предложенного процесса, обеспечивающая поверхностное упрочнение деталей, за счет повышения твердости, теплостойкости и износостойкости поверхности;

**предложен** метод повышения надежности полимерных деталей сельскохозяйственного насосного оборудования и гидросистем;

**доказана** перспективность использования метода магнито-термического поверхностного упрочнения полимерных деталей сельскохозяйственной техники;

**введен** новый термин «магнито-термическое армирование полимерных деталей вакуумных насосов и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин»;

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** возможность улучшения механических характеристик деталей сельскохозяйственной техники за счет внедрения в поверхность термопластичных полимеров частиц металлов и сплавов;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** экспериментально-аналитический метод исследования, включающий анализ физических эффектов взаимодействия ферромагнитных частиц с поверхностью полимера, находящейся в состоянии расплава; математическое моделирование процесса внедрения ферромагнитной частицы в расплавленный поверхностный слой полимерной детали; дисперсионный анализ; экспериментальные методики определения механических характеристик армированных деталей.

**изложены** результаты теоретического обоснования поверхностного армирования полимерных деталей ферромагнитными частицами.

**раскрыты** закономерности изменения механических свойств упрочняющего покрытия деталей при реализации технологии магнито-термического армирования;

**изучена** взаимосвязь параметров магнито-термического армирования на качество получаемых покрытий;

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

**разработаны и внедрены** технические средства и технология упрочнения полимерных деталей насосного оборудования и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин. Результаты исследований приняты к внедрению в Министерстве сельского хозяйства Тамбовской области (Тамбовская область, г. Тамбов), ООО «ТЕХЛАЙН» (Тамбовская область, г. Тамбов), ООО «РСК» (Тамбовская область, г. Тамбов), ООО «АГРО-АЛЬЯНС» (Тамбовская область, г. Тамбов), ООО «ЭЛЕКТРОСЕРВИС» (Тамбовская область, г. Тамбов), КФХ «Третьяков С.А.» (Тамбовская область, Сампурский район). Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «ТГТУ» и ФГБОУ

ВО Мичуринский ГАУ при подготовке обучающихся по направлению 35.03.03 «Агроинженерия»;

**определены** перспективы использования магнито-термического армирования полимерных деталей насосного оборудования и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин: ремонтно-обслуживающие, сельскохозяйственные и перерабатывающие предприятия АПК для ремонта сельскохозяйственной техники, вузы в учебном процессе по соответствующим дисциплинам;

**создано** система практических рекомендаций по применению технологии и технических средств для магнито-термического армирования для повышения надежности полимерных деталей сельскохозяйственных машин;

**представлены** рекомендации производству по применению и дальнейшему улучшению свойств полимерных материалов магнито-термическим армированием.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** результаты получены на сертифицированном оборудовании с использованием современных приборов и установок; обработка экспериментальных данных проводилась методом математической статистики с использованием современных компьютерных программ; экспериментальные исследования показали воспроизводимость и достаточную сходимость с теоретическими результатами;

**теория** построена на известных положениях механики, термодинамики, тепло- и массообмена, теоретической механики, она согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на анализе практики и обобщении передового опыта в области применения деталей из полимерных материалов, а также способов их упрочнения;

**использованы** результаты авторских исследований и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

**установлено** совпадение авторских результатов исследований с результатами, ранее опубликованными в независимых литературных источниках по данной тематике;

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, современные стандартные и специальные методы исследований, обоснование выбора объектов и методов исследования, обеспечивающие воспроизводство результатов исследований.

**Личный вклад соискателя состоит** в активном участии на каждом этапе исследования, включая: анализ литературных и патентных источников по теме диссертации, проведение и обработка результатов теоретических исследований, проведение экспериментальных исследований, обработке полученных данных, их внедрении в производство, а также участие в апробации результатов исследования на всероссийских и международных конференциях.

Соискатель Воронин Н.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, частично согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию, обосновав свою точку зрения.



На заседании 06 октября 2023 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения по повышению надежности долговечности упрочненных полимерных деталей насосного оборудования и уплотнительных элементов гидросистем сельскохозяйственных машин, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие технического сервиса в АПК, присудить Воронину Н.В. учёную степень кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки), участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного  
совета 35.2.022.02,  
доктор технических наук, доцент



Ланцев Владимир Юрьевич

Учёный секретарь  
диссертационного  
совета 35.2.022.02,  
кандидат технических наук, доцент

Криволапов Иван Павлович

06 октября 2023 г.