

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Голубиной Светланы Александровны на диссертацию Трифонова Григория Игоревича на тему: «Восстановление рабочих поверхностей шнека транспортирующих устройств плазменным напылением износостойкого композитного покрытия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»

Актуальность темы диссертации

Практика эксплуатации сельскохозяйственных машин и оборудования, в частности шнековых конвейеров, подтверждает, что наиболее распространенной причиной их выхода из строя в 80% случаях является не поломка, а износ и повреждение рабочих поверхностей ответственных деталей трения (шнеков).

Развитие конструкций машин происходит при постоянном стремлении к увеличению их производительности, что почти всегда сопровождается повышением механической и тепловой напряженности подвижных сопряжений деталей. При этом ставятся задачи достижения высокой надежности и долговечности машины, снижения ее массы, сокращения расхода дефицитных материалов.

Известно, что повышение долговечности машины даже в небольшой степени ведет к значительной экономии металла, уменьшению затрат на производство запасных деталей; сокращается число и объем ремонтов, а, следовательно, увеличивается количество фактически работающих машин.

В итоге, проблема повышения срока эксплуатации изделий и деталей, особенно в тех случаях, где их ремонт или восстановление по различным причинам невозможны или неоправданно дорогостоящи, является актуальной.

Тема диссертации Трифонова Г.И. «Восстановление рабочих поверхностей шнека транспортирующих устройств плазменным напылением износостойкого композитного покрытия» является актуальной, так как посвящена восстановлению рабочих поверхностей деталей транспортирующих устройств

агропромышленного комплекса (АПК), в частности шнеков, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, плазменным напылением износостойких композитных покрытий.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Заключение диссертационной работы, сформулированное на основании результатов, выполненных соискателем теоретических и экспериментальных исследований, содержит десять выводов.

Первый вывод основан на результатах обзора источников информации по рассматриваемой теме, изложенного в первом разделе. Соискатель изучил и проанализировал теоретические и практические разработки в области нанесения композитных покрытий плазменным напылением на поверхности деталей техники и специального оборудования АПК, что подтверждается ссылками в диссертационной работе на источники информации, представленные в списке литературы.

Второй вывод основан на разработанной установке для нанесения композитных материалов на поверхности деталей плазменным напылением, защищенной патентом Российской Федерации № 2762082 и отличающейся тем, что плазматрон выполнен с возможностью вращения в двух перпендикулярных проекциях двух координатных плоскостей по заданной программе, а также дополнительно введенными элементами, обеспечивающими корректировку управляющей программы напыления в зависимости от геометрических особенностей детали и дефектов на её восстанавливаемой поверхности.

Третий вывод вытекает из результатов теоретических исследований процесса плазменного напыления композитного материала на рабочие поверхности шнека, изложенных в разделе 2. Исследования выполнены с использованием методов системного анализа и на основе теории электрофизического формообразования поверхностного слоя. Информация, представленная в данном выводе, достоверна и обладает новизной в виду получения свидетельств о регистра-

ции программ для ЭВМ № 2017663563, 2018663842, 2020663369 с целью автоматизации расчетов параметров плазменного напыления поверхностей шнека.

Четвертый вывод базируется на теоретических и практических данных, полученных в ходе научных исследований. Вывод содержит информацию о новом составе композитного материала, разработанным соискателем в ходе экспериментальных исследований.

Пятый вывод сформулирован по результатам экспериментальных исследований по определению рациональных технологических режимов плазменного напыления состава композитного материала, представленного в четвертом выводе работы.

Шестой вывод основывается на экспериментальных исследованиях, которые подтвердили корректность теоретических положений, представленных в диссертационной работе. В выводе отображена информация о полученных регрессионных моделях зависимости прочности сцепления покрытия с основой от размера и концентрации наполнителя композитного материала напыления, а также зависимости прочности сцепления покрытия с основой и твердости покрытия от технологических режимов напыления рабочих поверхностей шнека.

Седьмой вывод содержит информацию о износостойкости полученного композитного покрытия, которое в 2,52 раза превосходит упрочняющий слой легированного покрытия из порошка ПР-НХ17СР4 и в 3,39 раза поверхностный слой детали из стали 20Х без функционального покрытия. Кроме того, в выводе представлены данные о микротвердости нанесенного композитного покрытия на рабочие поверхности шнека, которое согласно полученным экспериментальным данным в 1,4 раза выше, чем микротвердость легированных покрытий ПР-НХ17СР4+TiC и в 1,7 раза выше, чем микротвердость стандартных покрытий ПР-НХ17СР4.

Восьмой вывод следует из материалов экономической оценки эффективности разработанной технологии по восстановлению рабочих поверхностей шнека, приведенной в разделе 5 и основанной на современных методиках, изложенных в литературе. Вывод достоверен и подтверждает целесообразность

практического применения результатов диссертации.

Девятый пункт заключения констатирует рекомендации по применению разработанной технологии восстановления и состава композитного материала, основанные на результатах диссертации.

Десятый пункт содержит информацию о перспективных направлениях дальнейшей разработки темы научных-исследований соискателя.

Основываясь на анализе разделов диссертации и заключения, считаю научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованными и достоверными. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований обладают научной новизной.

Материалы диссертации в полном объеме опубликованы в 39-ти научных статьях, в том числе шестнадцать статей опубликовано в рецензируемых научных изданиях. Таким образом, положения и результаты диссертации известны научной общественности.

В диссертации и опубликованных работах приведены новые научные результаты по специальности 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве».

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в получении и обосновании аналитических зависимостей, связывающих кинематические режимы плазменного напыления с физико-механическими и эксплуатационными характеристиками сформированного композитного покрытия. Практическую значимость работы имеют разработанный состав дисперсно-наполненного композитного материала, технологические режимы плазменного напыления дисперсно-наполненного композитного материала, а также оборудование для нанесения композитных материалов на поверхности деталей плазменным напылением.

Результаты исследований могут быть использованы при совершенствовании имеющихся и разработке новых технологий по восстановлению изношенных поверхностей деталей машин АПК.

Анализ содержания диссертации

Диссертация включает введение, пять разделов, заключение, список литературы, содержащий 180 источников, и четыре приложения. Диссертация содержит 51 рисунок и 22 таблицы.

Во введении автором показана актуальность темы, приведена степень ее разработанности, указаны объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, изложены теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, отражены личный вклад соискателя, количество публикаций соискателя по теме диссертации, структура и объем диссертационной работы.

В первом разделе «Обзор исследований и разработок по восстановлению изношенных деталей машин агропромышленного комплекса» рассмотрены условия эксплуатации, характер изнашивания и величина износов рабочих поверхностей шнека транспортирующего конвейера. Представлен подробный анализ существующих способов восстановления изношенных поверхностей деталей машин АПК. Обоснованы преимущества применения технологии плазменного напыления композитных покрытий по сравнению с другими способами восстановления деталей. Установлено, что улучшение свойств композитного материала возможно лишь при комплексном воздействии на технологические параметры процесса напыления.

Во втором разделе «Теоретические исследования процесса плазменного напыления композитного материала на рабочие поверхности шнека» приведены аналитические зависимости кинематических режимов плазменного напыления от геометрических особенностей рабочих поверхностей шнека при формировании износостойкого композитного покрытия. Указаны программные продукты (№ 2017663563, 2018663842, 2020663369), разработанные на основе полученных аналитических зависимостей, позволяющие назначать уточненные технологические режимы плазменного напыления, что в дальнейшем было использовано при выборе диапазона изменения факторов в ходе проведения экспери-

ментальных исследований.

В третьем разделе «Методика экспериментальных исследований» изложены общая методика исследования и частные методики исследования физико-механических и эксплуатационных свойств композитных покрытий, приведено описание используемых машин, методик и приборов.

В четвертом разделе «Экспериментальное исследование процесса нанесения композитных покрытий плазменным напылением» приведены результаты экспериментальных исследований по определению состава композитного материала и рациональных технологических режимов нанесения покрытий плазменным напылением. Также описано влияние технологических режимов на физико-механические и эксплуатационные характеристики сформированных покрытий на рабочих поверхностях шнека.

В пятом разделе «Технология восстановления плазменным напылением износостойких композитных покрытий» представлены основные положения технологического процесса по восстановлению рабочих поверхностей шнеков, а также оборудование для осуществления плазменного напыления композитных покрытий. Показано, что экономический эффект составил 468 992,4 у.е., а период возврата инвестиций составил 1,258 года при программе восстановления 1534 шнека в год.

В заключении приведены основные выводы, рекомендации по использованию результатов и перспективные направления дальнейшей разработки темы.

Список литературы сгруппирован систематическим способом и содержит 180 источников информации в виде актуальных научных статей, монографий, учебных пособий, государственных стандартов, патентов.

В приложениях представлена справочная информация, используемая в ходе исследований.

Автореферат диссертации соответствует предъявляемым требованиям, представляет собой краткое изложение материала диссертации, содержание основных выводов не имеет отклонений от их изложения в диссертации.

Автореферат и опубликованные научные работы полностью отражают

содержание диссертации и ее результаты.

Материалы диссертации изложены грамотным и доступным языком с применением достаточного количества наглядных иллюстраций: графиков, схем и рисунков. Материалы диссертации легко воспринимаются и логически выдержаны.

Апробация работы и анализ публикаций

Результаты диссертационной работы используются ООО «ИНОКС РЕМ» и ООО «Совтех» при разработке перспективных технологий по восстановлению поверхностей деталей транспортирующих машин.

Материалы диссертации в полном объеме опубликованы в 39-ти научных статьях, в том числе шестнадцать статей опубликовано в рецензируемых научных изданиях. Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались в период с 2017 года по 2022 год на международных, всероссийских, национальных и региональных научных конференциях. Таким образом, положения и результаты работы известны научной общественности.

Замечания по диссертации

1. На странице 23 отмечается, что износ рабочих поверхностей шнека рассматриваемой группы оборудования может варьироваться от 0,1 мм до 5 мм. Однако из текста диссертации не ясно, влияет ли требуемая толщина покрытия на режимы и условия напыления, например, с целью предотвращения перегрева покрытия, снижения остаточных напряжений в покрытии и т.д.

2. В п. 2.3 «Теоретическое исследование теплофизических особенностей процесса плазменного напыления композитного материала» получен ряд математических зависимостей, описывающих особенности тепловой обстановки в процессе напыления шнека, однако выполнение количественных оценок достигаемых при напылении температур позволило бы повысить научную и прикладную значимость полученных автором результатов.

3. В этом же параграфе в качестве источника тепловой энергии автор рассматривает только плазменную струю и не учитывает перенос тепловой энер-

гии осаждаемыми на поверхности детали частицами напыляемого материала, что позволило бы повысить точность прогнозирования тепловой обстановки в зоне напыления.

4. На странице 71 высказано допущение, что средний диаметр частицы двухфазного композитного материала напыления больше среднего расстояния между ближайшими микровыступами поверхности. Однако обоснованность принятия этого допущения неразрывно связана с особенностями предварительной механической обработки напыляемой поверхности, в частности, с параметрами получаемого микрорельефа. В диссертационной работе данные сведения отсутствуют.

5. На с. 85–86 указано, что экспериментальные измерения микротвердости проводились в 15 точках, однако, из описания методики исследования не понятно почему выбрано данное количество опытов.

6. На с. 89 говорится о том, что разработанная машина обеспечивает повышение адекватности условий испытаний образцов путем создания реальных динамических взаимодействий между испытываемыми образцами и абразивной средой, но остается не вполне ясным принцип ее действия.

7. В таблице 1.7 «Основные технические показатели плазменного напыления» на странице 33 указано, что прочность сцепления плазменных покрытий с основным металлом не превышает 100 МПа. По результатам экспериментальных исследований, приведенных на странице 93, автором получена прочность сцепления 380,093 МПа, что почти в 4 раза превышает литературные данные. Автору следовало бы более подробно проанализировать и объяснить полученные результаты эксперимента.

8. Результаты корреляционного, регрессионного анализа, представленные в виде рисунков на с. 97, 98, 103, 110, на мой взгляд, следовало бы дать в приложении.

9. В диссертационной работе отсутствует информация о количестве поставленных на эксплуатационные испытания восстановленных шнеков, что затрудняет оценку практической значимости работы.

10. В разделе 4 следовало было указать мощность дуги и состав плазмообразующего газа.

11. На странице 126 отмечается, что одновременно с напылением материала проводилось охлаждение детали водно-дисперсной струей, однако не раскрыты подробности реализации данного процесса. Считаю, что возможность применения данного технологического мероприятия должна быть более детально исследована, так как резкое охлаждение напыленного покрытия или наличие остатков влаги на поверхности, подлежащей напылению, могут привести к снижению качества покрытия.

12. В приложении В «Операционная технология восстановления рабочих поверхностей шнека транспортирующего конвейера АПК» автор рекомендует после дробеструйной обработки (операцию 015) выполнять мойку изделия водой (операция 020). Необходимость и целесообразность операции мойки непосредственно перед операцией напыления вызывает существенные сомнения, так как операция мойки способствует образованию на поверхности детали оксидной пленки, затрудняющей формирование физического контакта между напыляемой частицей и основным металлом, что снижает прочность сцепления напыленного покрытия с поверхностью детали.

Заключение по диссертации

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Трифонова Григория Игоревича на тему: «Восстановление рабочих поверхностей шнека транспортирующих устройств плазменным напылением износостойкого композитного покрытия». Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, и паспорту научной специальности 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве».

В диссертации изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки по восстановлению сложнопрофильных изношенных поверхностей шнека транспортирующего конвейера, широко используемого на предприятиях АПК, что имеет существенное значение для развития сельского хозяйства Российской Федерации.

Считаю, что Трифонов Григорий Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве».

Официальный оппонент: Голубина Светлана Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Колесные машины и прикладная механика» Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»; почтовый адрес: 248000, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2; тел.: 8-800-234-48-42, 7 (4842) 74-40-32, +7-991-328-29-71; e-mail: golubinasa@bmstu.ru.

«15» апреля 2022 г.


С.А. Голубина

Подпись С.А. Голубиной заверяю:
Ученый секретарь Ученого Совета
Калужского филиала ФГБОУ ВО
«Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский
университет)»




М.И. Морозенко