

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д.999.003.02

Повестка дня:

Защита диссертации Степановым Аполлоном Владимировичем
на соискание ученой степени *кандидата технических наук*:

**«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ПУТЕМ
ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С
ВЫСОКОДИСПЕРСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ И
АНТИФРИКЦИОННЫМИ НАНОПРИСАДКАМИ»**

Специальность:

**05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-
технической обработки**

Официальные оппоненты:

Носенко Владимир Андреевич – д.т.н., профессор, заместитель директора по учебной работе, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института (филиал) ФБГОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

Осипов Александр Петрович – к.т.н., доцент, декан механического факультета, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» филиала Самарского государственного технического университета в г. Сызрани.

Ведущая организация – ФБГОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д999.003.02

от 9 ноября 2017 года

на заседании присутствовали члены Совета:

| | | | |
|----|---|----------------------|------------------------------|
| 1 | Табаков В. П. (председатель совета) | Д.т.н., профессор | 05.02.07 – технические науки |
| 2 | Бобровский Н. М. (заместитель председателя) | Д.т.н., профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 3 | Веткасов Н. И. (ученый секретарь) | Д.т.н., доцент | 05.02.07 – технические науки |
| 4 | Булыжев Е. М. | Д.т.н., доцент | 05.02.08 – технические науки |
| 5 | Горшков Б. М. | Д.т.н., доцент | 05.02.07 – технические науки |
| 6 | Денисенко А. Ф. | Д.т.н., профессор | 05.02.07 – технические науки |
| 7 | Драчев О. И. | Д.т.н., профессор | 05.02.07 – технические науки |
| 8 | Захаров О. В. | Д.т.н., доцент | 05.02.07 – технические науки |
| 9 | Зибров П. Ф. | Д.т.н., профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 10 | Кирилин Ю. В. | Д.т.н., доцент | 05.02.07 – технические науки |
| 11 | Киселев Е. С. | Д.т.н., профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 12 | Клячкин В. Н. | Д.т.н., профессор | 05.02.07 – технические науки |
| 13 | Носов Н. В. | Д.т.н., профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 14 | Полянсков Ю. В. | Д.т.н., профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 15 | Салов П. М. | Д.т.н., профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 16 | Унянин А. Н. | Д.т.н., доцент | 05.02.07 – технические науки |
| 17 | Худобин Л. В. | Д.т.н., профессор | 05.02.08 – технические науки |

Председатель совета
д.т.н., профессор

Ученый секретарь совета
д.т.н., доцент



(Handwritten signature of V. P. Tabakov)
(Handwritten signature of N. I. Vеткасов)

В. П. Табаков

Н. И. Веткасов

Председатель

Уважаемые коллеги!

Начинаем наше заседание. Первый пункт в повестке дня защита диссертации Степанова Аполлона Владимировича на тему: «Повышение эффективности шлифования путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками».

На заседании нашего совета из 20 человек присутствуют 17 человек. Необходимый кворум у нас имеется. Повестку дня я Вам зачитал. Я думаю никаких не будет вопросов? Предложение принять? Так, да? Принимаем.

По специальности защищаемой диссертации 05.02.07 - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки на заседании присутствуют 9 докторов наук, то есть наше заседание правомочно. Поэтому я объявляю защиту диссертации Степанова Аполлона Владимировича на тему: «Повышение эффективности шлифования путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками».

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете. Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Веткасов Николай Иванович. Официальные оппоненты: Носенко Владимир Андреевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института, филиала Волгоградского государственного технического университета. Он на заседании присутствует. Осипов Александр Петрович, кандидат технических наук, доцент, декан механического факультета, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» филиала Самарского государственного технического университета в г. Сызрани. Тоже на заседании присутствует.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от оппонентов своевременно получены.

Ведущая организация – Пермский национальный исследовательский политехнический университет свой отзыв также предоставил.

Слово предоставляется ученому секретарю совета Николаю Ивановичу Веткасову.

Ученый секретарь

Уважаемые коллеги! В деле соискателя имеются следующие документы, представленные к защите: личный листок по учету кадров, из которого следует, что Степанов Аполлон Владимирович 1988 года рождения,

закончил Ульяновский государственный технический университет по специальности: «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» в 2011 году. В том же году поступил, а в 2014 году окончил аспирантуру по специальности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» в Ульяновском государственном техническом университете. В настоящее время работает заведующим лабораториями кафедры «Технология машиностроения» Ульяновского государственного технического университета. Имеется выписка из расширенного заседания кафедры «Технология машиностроения». На этом заседании было принято заключение в котором отмечается личное участие автора, степень обоснованности научных положений, научная ценность, и дается рекомендация о том, чтобы данная работа была защищена по специальности 05.02.07. Имеется нотариально заверенная копия диплома об окончании Ульяновского государственного технического университета. Имеется удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов. Результаты: английский – отлично, история философии и науки – удовлетворительно, по специальности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» – хорошо. Имеется список научных публикаций Аполлона Владимировича, включающий в себя 19 наименований из них 2 наименования в журналах из перечня ВАК, получен 1 патент и три свидетельства о регистрации программного продукта. Имеется протокол приема диссертации к предварительному рассмотрению, заключение экспертной комиссии в составе Унянина А. Н., Клячкина В. Н. и Полянского Ю. В., в которой содержится обоснование защиты диссертации в нашем диссертационном совете и соответствие диссертации требованиям Положения ВАК. Имеется отзыв научного руководителя, протокол заседания диссертационного совета о приеме к защите диссертации Степанова А. В. Имеется список рассылки автореферата, включающий 56 наименований. Содержатся также сведения о ведущей организации, отзыв ведущей организации и отзывы официальных оппонентов. Кроме того представлены отзывы на автореферат. Всего пришло 8 отзывов. Все необходимые документы были вовремя опубликованы на сайте в Интернете, соответствуют требованиям процедуры рассмотрения диссертаций.

Председатель

Вопросы к Николаю Ивановичу есть? А к соискателю? Видимо тоже нет. Хорошо, тогда Аполлон Владимирович вам слово для изложения диссертации. У вас 20 минут.

Соискатель

Добрый день уважаемые члены диссертационного совета, уважаемый председатель, уважаемые оппоненты.

Большинство современных технологических процессов механической обработки машиностроительных предприятий немислимо без применения смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), отработанные продукты которых стали на сегодняшний день одним из главных источников загрязнения окружающей среды.

В связи с этим все большую актуальность для современного машиностроения приобретает решение проблемы разработки ресурсосберегающих экологизированных технологий применения СОТС. Тем более, что в последние годы резко усилилось внимание к экологическим проблемам применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), ограничению содержания в них агрессивных химически-активных присадок и ПАВ, в ряде случаев – переход к обработке резанием без применения СОЖ (так называемой «сухой» обработке (Васильев С.В., Верещака А.С., Наумов А.Г., Попке Г. и др.).

Широкие возможности для обеспечения высокой технологической эффективности при соблюдении экологической безопасности шлифовальных операций открывает применение технологий, в которых функция носителя смазочного и диспергирующего действий возложена на твердый смазочный материал (ТСМ), наносимый на рабочую поверхность абразивного инструмента. Одним из перспективных направлений реализации таких технологий является совместное, поэтапное или раздельное применение водных СОЖ и ТСМ. Механизм благоприятного влияния ТСМ на теплосиловую напряженность в зоне шлифования основан на гарантированной доставке смазочного материала в зону контакта режущих и давящих абразивных зерен с материалом обрабатываемой заготовки. Это способствует снижению адгезионной активности материала обрабатываемой заготовки по отношению к абразивным зернам за счет образования на них защитных пленок и снижению трения режущих и давящих абразивных зерен о материал обрабатываемой заготовки. При необходимости смазочное и диспергирующее действия ТСМ усиливаются его легированием различными присадками. Возможное отрицательное воздействие таких присадок на санитарно – гигиеническую обстановку в рабочей зоне шлифовального

станка сведено к минимуму, поскольку они выделяются в зоне шлифования в чрезвычайно малых количествах.

«Сухое» шлифование применяется на ряде операций. Например, при зубошлифовании тарельчатыми кругами, шлифовании станин торцом круга, шлифовании магнитных головок жестких дисков, роторов электродвигателей, некоторых полимерных и композиционных материалов. Наиболее распространенной операцией шлифования, где применяются ТСМ, является операция заточки режущего инструмента (РИ) из различных материалов. По данным, приведенным в работах З.И. Кремня и В.И. Малышева, от 50 до 70 % РИ изготавливаются из быстрорежущей стали (Р6М5, Р6М5К5, Р12Ф4К5, Р12Ф3 и др.). Около 50 % РИ из быстрорежущей стали на отечественных предприятиях затачивают без применения СОЖ (АО «УКБП», АО «УАЗ», ООО «ДИЗ» и др.). В, частности, на слайде 1 приведены изображения станков для «сухой» заточки РИ производства России и Германии (слайд 1).

Из анализа работ С.А. Попова, Л.В. Худобина, В.С. Лобанцовой., П.А. Рутмана, А.В. Якимова, Г. Попке и др. следует, что применение ТСМ при шлифовании заготовок деталей машин и заточке РИ является доступным и достаточно результативным средством повышения эффективности шлифования заготовок деталей машин и заточки РИ из различных материалов. К настоящему времени разработана достаточно широкая номенклатура составов ТСМ. Однако, несмотря на существующие преимущества, ТСМ ограничено применяют на шлифовальных операциях по ряду причин. Одна из них связана с несовершенством технологических приемов и технических устройств ввода ТСМ в зону шлифования. Другая причина связана с ограниченным набором функциональных действий (смазочное, диспергирующее и охлаждающее действия), реализуемых ТСМ. К тому же не до конца проработаны вопросы научно-обоснованного выбора ТСМ для конкретных условий обработки, практически не исследована возможность повышения эффективности ТСМ при использовании в качестве антифрикционных присадок нового класса материалов – наноматериалов, обладающих высокой удельной площадью покрытия до $100 \text{ м}^2/\text{г}$, а в качестве наполнителя – неприменяемых до настоящего времени относительно дешевых высокодисперсных природных материалов (слайд 2).

Известны примеры повышения эффективности смазочного действия ТСМ, применяемых в узлах трения машин, за счет введения в их состав в небольшом количестве фуллереновой сажи, нанопорошков оксида железа, кластерных алмазов или ультрадисперсных порошков сверхпластичного

сплава. Из графика, представленного на слайде видно, что введение в состав минерального масла нанопорошков меди и никеля снижает температуру в зоне трения. Причем следует заметить, что содержание наноприсадок в масле не превышает 0,2 % масс (слайд 3).

Исходя из этого, была выдвинута научная гипотеза о целесообразности применения в качестве наполнителей ТСМ и КТС дешевых высокодисперсных природных материалов (порошков голубой глины и диатомита), имеющих слоистую структуру, в качестве антифрикционных присадок – наноматериалов, обладающих высокой укрывной способностью (нанопорошков меди и алюминия).

Разумеется, непременной предпосылкой совершенствования составов ТСМ является наличие научного и технологического обеспечения, которое позволило бы объективно и всесторонне оценивать влияние различных факторов на эффективность их применения, оценить влияние ТСМ на работоспособность кругов и экологическую безопасность шлифовальных операций (слайд 4).

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы является повышение производительности шлифования и качества шлифованных деталей на основе применения ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками (слайды 5 – 6).

Важнейшим фактором, способствующим уменьшению теплонапряженности и повышения производительности операции шлифования является интенсификация смазочного действия внешней среды. Последнее зависит, прежде всего, от состава ТСМ. Поэтому несомненный научный и практический интерес для выбора и применения ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками представляют исследования, направленные на получение прямых доказательств их влияния на коэффициент трения в зоне контакта ШК и заготовки. Для решения этой задачи была разработана методика оценки смазочного действия ТСМ. Для этого, на базе плоскошлифовального станка 3Е711ВФ2 была имитирована машина трения, работающая по схеме вал-колодка, схема которой представлена на данном слайде. В динамометр закрепляли брусок из электрокорунда нормального с нанесенным на него слоем ТСМ. В место шлифовального круга на станке закрепляли металлический диск. Нормальную нагрузку создавали путем увеличения натяга в технологической системе. Наличие процесса диспергирования контролировали путем взвешивания металлического диска. Для подогрева зоны контакта использовали плазмотрон с температурой плазменной дуги порядка 1800 °С.

Контроль нагрева зоны контакта осуществляли с помощью лазерного пирометра (слайд 8).

В ходе исследований были испытаны десять составов ТСМ, которые наносили на абразивные бруски слоем толщиной 1 мм. Бруски закрепляли в динамометре УДМ-100.

Результаты исследования по изложенной выше методике представлены на слайдах 9 и 10. По результатам выполненного исследования можно заключить, что коэффициент трения испытанных ТСМ уменьшается с увеличением температуры в зоне контакта металлического диска и абразивного бруска. Введение в состав ТСМ высокодисперсных наполнителей (порошков голубой глины и диатомита, составы Г2 и Д1 соответственно) (см. рис. 8) оказало положительное влияние на величину коэффициента трения, который был на уровне коэффициента трения базового состава М1 (слайд 9).

В дальнейшем был проведен анализ корреляции полученных величин коэффициента трения, тангенциальной составляющей силы шлифования и средней температуры в зоне контакта шлифовального круга и заготовки. Данный анализ показал отсутствие четкой корреляции. На основании этого был сделан вывод, что ввиду большой разницы температур при физическом моделировании процесса трения и реальном процессе шлифования, объективно ранжировать ТСМ по эффективности смазочного действия по предложенной методике не представляется возможным. Поэтому в дальнейшем оценку влияния ТСМ на эффективность плоского шлифования проводили по показателям, определяемым в процессе шлифования (параметры шероховатости шлифованной поверхности, средняя контактная температура и др.) (слайд 10).

Немаловажным фактором, оказывающим влияние на процессы в зоне шлифования, является расход ТСМ. В данной работе расход оценивался по методике Л. В. Худобина – Н. И. Веткасова, основные формулы которой приведены на слайде (слайд 11).

По результатам оценки расхода ТСМ установлено, что ориентировочная стойкость смазочного слоя на рабочей поверхности ШК составляет порядка 15 - 20 минут (слайд 12).

На формирование шероховатости поверхностей шлифованных деталей, оказывают влияние колебания, возникающие в технологической системе шлифовального станка в процессе обработки. Очевидную опасность представляют колебания с возрастающими амплитудами, следствием действия которых является возникновение в технологической системе

шлифовального станка резонансных явлений, отрицательно влияющих на шероховатость шлифованной поверхности. В противоположном "направлении", через трибологические процессы в зоне обработки и проявление гидродинамического действия, на формирование шероховатости шлифованной поверхности влияет ТСМ. Поэтому при проектировании операций шлифования для конкретных условий обработки важно учитывать результирующее влияние этих двух факторов на формирование шероховатости обработанной поверхности.

На слайде представлена математическая модель высотных параметров шероховатости поверхности заготовки, шлифованной периферией круга с применением ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками, учитывающая расход ТСМ. В основу новой математической модели положена модель Л. В. Худобина и М.А. Белова, в которой выходное значение параметра шероховатости шлифованных поверхностей Ra зависит от состава СОТС, характеристики АИ, режимов шлифования, амплитуды колебаний ШК. В предлагаемой модели учитывается расход ТСМ, существенным образом влияющий на эффективность процесса шлифования.

При разработке ММ исходили из того, что шероховатость поверхности при шлифовании формируется режущим контуром круга при активном влиянии на этот процесс ТСМ, изменяющего в зоне обработки свое агрегатное состояние. При этом за основную характеристику рельефа круга, от которой непосредственно зависят высота и шаг микронеровностей шлифованной поверхности, принимали динамическую разновысотность режущих и давящих абразивных зерен $H_{0д}$, зависящую от динамической характеристики процесса шлифования, а также от статической разновысотности активных зерен $H_{0ст}$, соответствующей глубине залегания половины из всех выступающих над связкой зерен, измеренной от вершины наиболее выступающего абразивного зерна. Динамическая разновысотность активных абразивных зерен равна, согласно Л.В. Худобина и М.А. Белова.

Как показали исследования Е. С. Киселева изменение расхода СОТС квазилинейно приводит к изменению шероховатости шлифованной поверхности. Поэтому в расчете динамической разновысотности абразивных зерен на рабочей поверхности ШК следует учитывать не только изменение амплитуды во времени и влияние на неё СОТС, но и его расход Q . В связи с этим, зависимость для расчета амплитуды динамических колебаний A_d при применении ТСМ будет иметь вид (слайд 13).

С учетом обобщенной формулы расчета среднего арифметического отклонения профиля Ra математической модели Худобина Л.В. – Белова М. А., окончательно ММ среднего арифметического отклонения профиля Ra может быть записана в виде.

Таким образом, получена ММ формирования среднего арифметического отклонения профиля Ra шлифованной поверхности с учетом свойств и расхода ТСМ.

Для автоматизации расчета шероховатости поверхностей, шлифованных с применением ТСМ, по предложенной модели была написана программа на языке С++ (слайд 14).

Для оценки влияния материала наполнителя и наноприсадок на шероховатость обработанной поверхности при плоском шлифовании периферией круга выполнили расчет по разработанной программе значений параметров шероховатости. Для оценки адекватности предложенной модели были проведены исследования, результаты которых сравнивались с расчетными значениями. Результаты сравнения приведены на слайде 13. Расхождение расчетных и экспериментальных значений не превышало 13% (слайд 15).

Для детального исследования температурных полей, формируемых в процессе шлифования в заготовке при применении ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками проведено математическое моделирование теплового состояния заготовки при плоском маятниковом шлифовании периферией круга. Математическая постановка рассматриваемой задачи вместе с начальными и граничными условиями представлена на слайдах 16– 17 (слайд 16) .

Рассмотрели составляющие теплового баланса для всех точек заготовки и получили зависимости для расчета доли теплоты, отводимой в заготовку. Ввиду того, что аналитическое решение рассматриваемой нестационарной задачи сложно реализуемо, перешли от аналитического решения к решению тепловой задачи численным методом с применением программного пакета ANSYS.

Для этого была разработана конечно-элементная модель исследуемой заготовки с наложенной на нее сеткой конечных элементов и граничными условиями. В качестве начальных и граничных условий были приняты условия, полученные при разработке аналитической модели (слайд 17).

Расчетами в программном пакете ANSYS было получено распределение температурных полей в заготовке при шлифовании с применением различных ТСМ. На данном слайде приведены примеры

распределения температурных полей в заготовке при шлифовании с применением составов Г2 и Г2М5. Видно, что введение в состав ТСМ нанопорошка меди (состав Г2М5) по сравнению с составом Г2 снижает среднюю контактную температуру в зоне шлифования с 626 С до 540 °С (слайд 18).

На данном слайде приведено доказательство адекватности численной модели путем сравнения расчетных и экспериментальных значений. Расхождение расчетных и экспериментальных значений не превышает 10 – 15%.

Следующий этап исследований содержит результаты экспериментальных исследований эффективности применения ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками на операции плоского шлифования и заточки режущего инструмента. Эксперименты проведены однофакторным и многофакторным планами в лабораторных условиях и условиях действующего производства. В ходе исследований шлифовали образцы из быстрорежущей стали Р6М5 (слайд 19).

В процессе исследования контролировали шероховатость по параметрам Ra, Rz, Rmax, силы Pz, Py и среднюю контактную температуру, остаточные напряжения. Заготовки обрабатывали на плоскошлифовальном станке 3Е711ВФ2 при варьировании составами ТСМ, твердостью и зернистостью ШК, скоростью стола и врезной подачей. Как было сказано ранее, испытывали 10 составов ТСМ, два из которых являлись базовыми. Первый – на основе дисульфида молибдена обозначен как М1, второй – производства НПО «Алтай», обозначен как состав А (слайд 22).

Обработка результатов натурального эксперимента с применением аппарата математической статистики позволила получить ряд регрессионных зависимостей.

На слайде 23 приведены уравнения регрессии и результаты исследований шероховатости Ra поверхностей, шлифованных с применением испытанных ТСМ. Адекватность уравнений регрессии была проверена по критерию Фишера. По результатам исследования установлено, что с точки зрения снижения шероховатости шлифованных поверхностей, наибольшей технологической эффективностью обладают составы Г2 и Д1М5.

Что касается снижения средней контактной температуры, то как показывают результаты исследования, наибольшей технологической эффективностью обладают составы Г2М5 и Г2. По сравнению с наноприсадкой алюминия, наноприсадка меди оказала большее влияние на

снижение температуры в зоне контакта. Также следует отметить, что значительной эффективностью обладают составы Д1 и Д1М5 (слайд 24).

Мероприятия, направленные на снижение теплосилового напряжения в зоне шлифования, способствуют увеличению производительности шлифования. На слайде 25 приведена методика и результаты оценки производительности шлифования с применением ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками, в основе которой лежит оценка возможности увеличения бесприжеговой подачи. Установлено, что использование разработанных в диссертационной работе ТСМ позволяет увеличить производительность шлифования приблизительно до 5 раз по сравнению с базовым составом М1.

Для подтверждения результатов лабораторных исследований были проведены опытно-промышленные испытания в условиях действующих производств ООО «Димитровградский инструментальный завод», ООО «Сервис Газ», ООО «Автопромэко». Затачивали фрезы из сталей Р6М5 и Р6М5К5, матрицы и пунсоны из стали Х12М.

Результаты испытания показали значительную эффективность разработанных составов по сравнению с базовыми, что подтверждают результаты лабораторных исследований. Наибольшую эффективность показали составы Г2 и Д1, а также их модификации с наполнителями из нанопорошков меди. Составы с наполнителями из графита показали низкую эффективность, к тому же они пачкали поверхность, что недопустимо (слайд 26).

Для производства ООО «Сервис Газ» был выполнен расчет экономической эффективности использования ТСМ на операции заточки фрез из быстрорежущей стали Р6М5, по результатам которого экономический эффект на операции заточки фрез из быстрорежущей стали составил порядка 312 тысяч рублей (слайд 27).

В процессе исследования были разработаны конструкции устройств для нанесения ТСМ контактным способом, показанная на данном слайде, и бесконтактным способом (слайд 28).

В результате проведения исследований были сформулированы выводы, представленные на слайдах 29-30 и в раздаточном материале.

У меня все, благодарю за внимание.

Председатель

Спасибо. Вопросы, пожалуйста, к соискателю.

Д.т.н., профессор Зибров П.Ф.

С одной стороны графит пачкает, а с другой стороны может быть нужно графитовое покрытие.

Соискатель

С точки зрения импрегнирования, нами этот вопрос, к сожалению, не исследовался. У нас были другие задачи. Но в принципе, теоретически, такое может быть возможно.

Д.т.н., профессор Зибров П.Ф.

С ростом производительности возрастает объем снятого материала. Рассчитана ли станочная система на удаление этого объема. У вас же «сухое» шлифование?

Соискатель

Я с Вами полностью согласен. Технологическая система должна быть рассчитана на удаление возрастающего объема снятого материала в связи ростом производительности обработки.

Д.т.н., профессор Зибров П.Ф.

Но с другой стороны, при использовании Вашего ТСМ технологические возможности оборудования расширяются, появляется возможность вести обработку на более жестких режимах.

Соискатель

Да, это действительно так.

Д.т.н., профессор Полянсков Ю. В.

Может быть у меня не совсем правильный вопрос. Почему Вы сначала провели экспериментальные исследования, а потом строите математическую модель. Что, нельзя было в начале построить модель с конкретными ограничениями, затем провести экспериментальные исследования.

Соискатель

Хороший вопрос. В своей диссертационной работе мы шли двумя путями. Один из путей был натурный эксперимент. Есть достаточно обширный опыт использования нанопорошков сверхпластичных сплавов, нанопорошков меди, никеля, фуллереновой сажи и так далее. То есть, имеется опыт использования подобных материалов в смежных областях. Мы провели поисковое исследование и убедились, что технологический эффект есть. Но это была лишь часть работы, которую мы предварительно сделали. Мы пытались подойти к этому вопросу именно с научной точки зрения. Для этого рассмотрели причины, влияющие на силы, температуры и мощность теплового источника. Убедившись, что на эти характеристики сильное влияние оказывает трение в зоне обработки, мы имитировали машину

трения на плоскошлифовальном станке 3E711ВФ2, и провели исследование трения при применении ТСМ с новыми наполнителями и присадками.

Председатель

То есть у вас были какие-то предварительные исследования?

Соискатель

Да, предварительные исследования. Потом мы начали выходить на теорию, и потом начали строить окончательные модели, которые приведены в диссертации.

Д.т.н., профессор Полянсков Ю. В.

Как вы использовали моделирование? Проверили эффективность. Получили границы получения эффектов. Модель построили?

Соискатель

Понимаете, достаточно трудоемко проводить эксперимент. А модели, если они адекватны реальным процессам, позволяют обоснованно подойти к вопросу выбора ТСМ при минимальных затратах времени и материальных ресурсов. Верните нам, пожалуйста, предыдущий слайд. Те модели, которые нами были разработаны, могут быть заложены в компьютерную систему ANSYS. Используя компьютерную модель, можно достаточно быстро, избегая значительных ресурсозатрат, спроектировать, спрогнозировать и подобрать нужный состав ТСМ.

Председатель

То есть, Ваши модели позволяют дать какие-то практические рекомендации?

Соискатель

Да.

Председатель

Еще вопросы, пожалуйста.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Первый вопрос. Какова практика нанесения ТСМ. Далее, почему использовали, например, алюминий.

Председатель

Давайте по одному вопросу, а то забудет.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Хорошо.

Соискатель

На рисунке 26 представлена рабочая поверхность абразивного инструмента с нанесенным на него слоем ТСМ. Слой ТСМ наносится на

рабочую поверхность ШК после процесса правки. Фактическая стойкость зависит от состава ТСМ, и она составляет ориентировочно 15 – 20 минут. При необходимости ТСМ можно нанести повторно, дополнительно.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Как наносится?? Конкретно.

Соискатель

В нашем случае использовали механизированное устройство для нанесения ТСМ, с помощью которого ТСМ наносилось на рабочую поверхность ШК под постоянной нагрузкой в течение определенного времени. Расход ТСМ в процессе шлифования контролировали.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

С какой скоростью вращался круг??

Соискатель

Окружная скорость шлифовального круга составляла 35 м/с.

Председатель

То есть, на рабочей скорости.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Далее, алюминий не пробовали наносить??

Соискатель

В экспериментах использовали нанопорошок алюминия в качестве присадки. Содержание порошка в ТСМ не превышало 5% по объему. Использовать порошок алюминия в качестве наполнителя неэкономично.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Пробовали ли Вы наносить алюминий тончайшим слоем? Например, как наносят железо при шлифовании титановых сплавов.

Соискатель

К сожалению, нет.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

И еще. Я посмотрел, у вас очень маленькие усилия. Почему вы не исследовали более жесткие режимы.

Соискатель

Мы шлифовали заготовки из сталь Р6М5, и если мы увеличиваем врезную подачу до 0,04 – 0,05 мм/дв.ход, то у нас образуются прижоги.

Д.т.н., профессор Салов П. М.

Я доволен ответами.

Председатель

Еще, пожалуйста, вопросы.

Д.т.н., профессор Клячкин В. Н.

Вы не могли бы сформулировать новизну? В автореферате она есть, а здесь что-то не представлена.

Соискатель

Новизна работы заключается в разработке математической модели шероховатости, компьютерной модели определения температурных полей в заготовке, патенте на исследуемые в диссертационной работе составы и регрессионных зависимостей.

Д.т.н., профессор Клячкин В. Н.

Почему я задал вопрос? Я просто обратил внимание, что из 4-х позиций по новизне 3 относятся к математическому моделированию. В связи с этим вопрос по математическому моделированию. Слайд 22: Матрица планирования эксперимента 2^4 . Надо отметить, что это не матрица планирования эксперимента. Во-вторых, глядя на эту табличку, складывается впечатление, что вы хотели провести трехуровневый эксперимент. Верхний, основной и нижний. А проводили то двух. А вот из каких соображений, обычный двухуровневый эксперимент, когда много факторов, но у вас факторов всего 4. Можно было бы и трехуровневый, правда с использованием полуреплик, четвертьреплик. Чтобы поменьше опытов. Чем обоснован выбор?

Соискатель

Мы делали полный факторный эксперимент. Просто сказывается недостаток опыта. Можно было сократить количество опытов, но я делал полный факторный эксперимент. Да, действительно, среднего уровня не было. Был нижний и верхний уровень.

Д.т.н., профессор Клячкин В. Н.

Просто эксперимент 3^2 дал бы 9 опытов. И вполне возможно можно было бы получить более точное решение. И третий вопрос касается ваших регрессионных моделей (23 – 24 слайды). Вы приводите регрессионные модели, и ни у одной нет характеристики качества. Обычно, когда записывают регрессионную модель, рядышком ну хотя бы коэффициент детерминации показывают. Чтобы было видно, насколько адекватно Ваша модель отображает процесс. Коэффициент детерминации подсчитывали?

Соискатель

Да, я с Вами полностью согласен. Мы рассчитывали эти регрессионные зависимости в программе Регрессия 2.0. И там все коэффициенты есть. Коэффициент детерминации, коэффициент корреляции, коэффициент

ковариации. Они у меня есть, но, к сожалению, вот здесь у меня их нет. Я не знал, что они нужны. Я бы конечно их привел. У меня все результаты есть.

Д.т.н., профессор Клячкин В. Н.

Потому что немного сомнительно без этих характеристик.

Председатель

Так еще вопросы, пожалуйста.

Д.т.н., профессор Денисенко А. Ф.

Вы сказали, что за основу взяли математическую модель, которая была разработана до Вас. Покажите, пожалуйста, какие параметры Вы внесли в эту модель, отражающие использование именно ТСМ.

Соискатель

В нашу модель мы внесли расход Q .

Д.т.н., профессор Денисенко А. Ф.

Коэффициенты, которые у Вас перечислены, Вы каким-то образом оценивали? Про них ничего нет. Про них Вы что-то можете сказать?

Соискатель

Определение этих коэффициентов приведено в приложении к диссертации. Коэффициенты для исследуемых составов есть. Они получают экспериментальным путем.

Д.т.н., профессор Денисенко А. Ф.

То есть вы здесь их не привели?

Соискатель

Да. Здесь я их не привел за неимением места. Я могу их привести и показать. В диссертации они есть. Но за неимением места они не были вынесены на слайд.

Д.т.н., профессор Денисенко А. Ф.

Вы их оценивали в зависимости от изменения каких-то параметров? Или просто указывали диапазон? Как Вы их оценивали? То есть, экспериментально. Что вы определяли? Какими параметрами вы варьировали и в каких диапазонах?

Соискатель

Мы варьировали режимами обработки, и получали набор экспериментальных данных по амплитуде динамических колебаний. Варьировали скоростью стола, врезной подачей. К сожалению, в данном случае зернистостью и твердостью круга не варьировали.

Д.т.н., профессор Денисенко А. Ф.

Спасибо.

Председатель

Все, да? Так, Николай Васильевич Носов.

Д.т.н., профессор Носов Н. В.

Скажите, пожалуйста, вот режимы какие? Вы исследовали черновое шлифование? Чистовое? На каком уровне Вы остановились? Потому что когда мы говорим о шлифовании, всегда у нас эти цифры присутствуют в процессе шлифования. Какие-то приоритеты есть у Вас? Ну, допустим, черновое шлифование. Эффективность этих ТСМ какая в сравнении с другими окончательными методами?

Соискатель

Я бы хотел обратиться к предшественникам, которые до меня исследовали эти процессы. У нас чистовое шлифование. А. В. Леонов исследовал различные комбинированные способы обработки. При черновой обработке выгодно использовать смазочно-охлаждающую жидкость, но у нас чистовое шлифование.

Д.т.н., профессор Носов Н. В.

Вы взяли чистовое шлифование, но у нас циклы разделены. Сперва я снимаю основной припуск, потом уменьшаю припуск для чистового шлифования. В каком случае у вас вступал процесс нанесения ТСМ. Вот вы сказали: «После правки». То есть, я поправил, значит у меня черновое шлифование? Может быть после чернового шлифования ничего не останется на рабочей поверхности. Или останется?

Соискатель

Конкретно в данной диссертационной работе мы исследовали только чистовое «сухое» шлифование. ТСМ наносился после процесса правки.

Председатель

Николай Васильевич спрашивает у вас черновое шлифование или окончательное?

Д.т.н., профессор Носов Н. В.

Мы же никогда не применяем только чистовое шлифование. Сперва снимают основной припуск. Часть припуска оставляем на чистовое шлифование.

Соискатель

У нас было чистовое шлифование.

Д.т.н., профессор Носов Н. В.

Эксперименты Вы делали на чистовом шлифовании. Ну всё, тогда у меня следующий вопрос. Вот Вы занимались твердыми сплавами?

Соискатель

Твердыми сплавами мы не занимались.

Д.т.н., профессор Носов Н. В.

То есть бессмысленно задавать вопросы по твердым сплавам. А Вы алмазные круги использовали?

Соискатель

Алмазные круги мы тоже не использовали.

Д.т.н., профессор Носов Н. В.

Ну хотя бы в сравнении. Потому что я смотрю 25А, электрокорунд белый, он всегда применяется.

Соискатель

Мы сейчас проводим масштабные исследования, и мы учтем Ваши замечания.

Д.т.н., профессор Носов Н. В.

Потому что алмазные круги сейчас более широко распространены.

Соискатель

Я с Вами согласен.

Д.т.н., профессор Носов Н. В.

И еще вопрос. Вот ничего не сказали о засаливании рабочей поверхности. Его нет? И какие взаимодействия стружки с ТСМ.

Соискатель

У нас засаливание учтено в соответствии с рекомендациями Худобина Л.В. – Белова М.А. коэффициентом засаливания $K_{з1}$ в математической модели определения шероховатости. В процессе экспериментального исследования у нас засаливания как такового не было. Мы шлифовали острым кругом. Этот процесс у нас как таковой не исследовался. Влияние засаливания мы не исследовали.

Председатель

Д.т.н., доцент О.В. Захаров.

Д.т.н., доцент Захаров О.В.

У вас тема диссертации сформулирована как повышение эффективности. Говорится, что можно повысить производительность, можно уменьшить шероховатость поверхности, причем одновременно. Вот, может быть, надо конкретизировать, для каких конкретно условий нам целесообразно повышать производительность, а для каких условий целесообразно уменьшать шероховатость.

Соискатель

Да, я полностью с Вами согласен. В четвертой главе диссертационной работы были приведены достаточно подробные рекомендации по применению ТСМ с учетом требований к операции шлифования.

Д.т.н., доцент Захаров О.В.

Хорошо. У вас в выводах упоминается уменьшение остаточных напряжений. Но по докладу я не услышал, так сказать, подробности. Поэтому вопрос, в чем необходимость использования этих остаточных напряжений, как это взаимосвязано с другими вопросами.

Соискатель

Определение величины остаточных напряжений – важный вопрос, связанный с обеспечением усталостной прочности и долговечности изготавливаемых деталей. В принципе можно сказать, что применением ТСМ позволит снизить максимальную величину растягивающих остаточных напряжений в наилучшем случае на 200 МПа. То есть, если мы возьмем базовый состав М1 и наилучший состав Г2М5, то у нас снижается величина остаточных напряжений на 200 МПа. Но, к сожалению, на слайде это не приведено. В диссертации приведены небольшие примеры.

Д.т.н., доцент Захаров О.В.

То есть это рассматривается как дополнительный положительный эффект.

Соискатель

Да.

Д.т.н., доцент Захаров О.В.

Спасибо.

Председатель

Вот можно слайд 12. Скажите, пожалуйста, на левом графике приведено количество ТСМ, нанесенного на рабочую поверхность, в зависимости от продолжительности нанесения. Понятно, что чем больше время нанесения, тем его большее количество. Так ведь, да? Вот почему там 1, 2, 3, 4 разной величины? Это составы разные, так ведь? Да?

Соискатель

Это разные составы, да.

Председатель

Почему для разных составов – такая разница? Такое количество материала остается на рабочей поверхности круга.

Соискатель

Дело в том, что когда добавляют наполнитель в связующее, существенным образом изменяют физико-механические характеристики самого ТСМ. В результате чего, его расход в процессе шлифования также существенным образом меняется. То есть, если посмотреть состав Д1М5 и состав Г2, то они по твердости существенным образом отличаются. Это существенным образом влияет и на расход ТСМ в процессе шлифования.

Председатель

На расход понятно. Но если я правильно понял, что это количество ТСМ, которое за 15 секунд наносится на поверхность круга.

Соискатель

Да.

Председатель

И количество существенно отличается. Вот, например, смотрите, есть 1 грамм. У вас какая размерность? Грамм?

Соискатель

Да, грамм.

Председатель

А вот там допустим 6. А вот какая толщина этого слоя? Она разная должна быть?

Соискатель

Дело в том, что проконтролировать саму толщину смазочного слоя достаточно трудоемко. То есть, там поры и так далее. И именно поэтому мы контролировали именно расход в граммах.

Председатель

Хорошо. И у меня второй вопрос. Вы оценивали, так сказать, работоспособность этого слоя? То есть, сколько он по времени сохраняется, и выполняет то назначение, для которого он предназначен. И когда наступает момент, когда нужно взять и дополнить.

Соискатель

Для этого мы оценивали расход ТСМ в зоне шлифования. Мы брали фильтровальную бумагу, шлифовали образцы с и без ТСМ. Для этого мы использовали методику Л.В. Худобина – Н.И. Веткасова. Формулы приведены на слайде. У нас была заготовка с отверстиями, в которую была вставлена фильтровальная бумага, шлифовали образцы, замеряли расход. Зная общее количество ТСМ на рабочей поверхности ШК, зная, сколько мы

тратим ТСМ на протяжении какого-то промежутка времени, мы можем приблизительно определить стойкость смазочного слоя.

Председатель

Это вы всё-таки говорите про расход. Но вот этот ТСМ предназначен например для снижения шероховатости. И может быть будет одинаковая шероховатость при толщине 20 мкм и при толщине 200 мкм, и шероховатость будет хорошая. Но где 20 мкм, слой уже надо заменять. Меня интересует момент замены. То есть толщина слоя 20 мкм и толщина слоя 200 мкм. Толщина разная, но свои свойства снижения трения, они проявляются и при 20 микронах и при 200 микронах. Но при 200 микронах он может работать 20 минут, а слой толщиной 20 микрон через 5 минут закончится. Вот это важно.

Соискатель

Да, я вас понял. 100% точно определить достаточно сложно.

Председатель

Может быть какой-то параметр из процесса шлифования?

Соискатель

Да, сейчас. Для каждого состава мы определяли расход. В процессе исследования у нас расход ТСМ известен. Например мы на ШК нанесли 2 грамма. Или 20 грамм. Но мы знаем, что в минуту мы тратим 1 грамм. То есть, именно для этого нам расход и нужен. Мы знаем, что 1 грамм в минуту мы тратим, соответственно 20 минут у нас стоит слой.

Председатель

Я все понял. Но вы не контролировали тот параметр, который мы собственно и добиваемся – шероховатость. То есть, например началось повышение шероховатости, значит слой ТСМ свою функцию исполнил.

Соискатель

На протяжении длительного времени, мы, к сожалению, не контролировали.

Председатель

Вопросы, пожалуйста, еще. Вопросы? Нет вопросов? Заканчиваем? Если заканчиваем, то, пожалуйста, присаживайтесь. Я понимаю, что мы здесь сидим и никуда не выходим. Надо ли делать технический перерыв или мы продолжим работу?

Члены диссертационного совета

Продолжим.

Председатель

Продолжим. Слово предоставляется научному руководителю работы Николаю Ивановичу Веткасову.

Научный руководитель

Уважаемые коллеги. Степанов Аполлон Владимирович закончил магистратуру в Ульяновском государственном техническом университете по специальности «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» в 2011 году. И в 2011 году поступил в аспирантуру по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки в Ульяновском государственном техническом университете. И в этом же году был удостоен стипендии Президента Российской Федерации за успешную учебу и успехи в научно-исследовательской работе. Затем в 2013 году он был удостоен стипендии Правительства Российской Федерации. За время своей работы и учебы в аспирантуре проявил себя как целеустремленный исследователь, который способен не только решать, но и ставить новые задачи, проявил высокую квалификацию, знание математических пакетов и информационных технологий. Успешно сдал кандидатские экзамены, и подготовил к защите кандидатскую диссертацию на тему: «Повышение эффективности шлифования путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными нанопри-садками». Аполлон Владимирович на основе системного подхода и применения новых методов исследования решил актуальную для машиностроения задачу – повышение производительности операции шлифования и улучшения качества шлифованных поверхностей за счет применения новых видов смазочного материала. Результаты, которые были получены Степановым А.В., нашли свое отражение в 19 публикациях, в том числе два из перечня ВАК. Им получен 1 патент на изобретение на состав ТСМ и 3 свидетельства на регистрацию программного продукта. Все материалы, которые им опубликованы (статьи, автореферат диссертации), отличаются структурной и логической связностью. Кроме того, они нашли подтверждение в ходе проведения опытно-промышленных испытаний и рекомендованы к внедрению в ООО «Димитровградский инструментальный завод», «Автопромэко» и «Сервисгаз». Кроме того, они были рекомендованы для использования в учебном процессе Ульяновского государственного технического университета. Учитывая научную и практическую ценность результатов исследований, полученных в диссертационной работе, считаю, что диссертация Степанова Аполлона Владимировича соответствует требованиям раздела 2 Положения о

присуждении ученых степеней. А сам соискатель заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (отзыв прилагается).

Председатель

Все, Николай Иванович?

Научный руководитель

Да.

Председатель

Продолжим. Слово предоставляется ученому секретарю для оглашения заключения организации, где выполнялась диссертации. Ну и посмотрим отзыв ведущей организации.

Ученый секретарь

В деле соискателя имеется заключение Ульяновского государственного технического университета, где выполнялась диссертация, в котором отмечается личное участие автора в получении научных результатов. Отмечается степень обоснованности научных положений, достоверность полученных результатов, степень научной ценности и новизны работы, практическая значимость работы. Отмечается, что работа достаточно хорошо апробирована. Имеются публикации, патент на изобретения, доклады на конференциях, в которых участвовал соискатель. В заключении организации говорится о том, что диссертация отвечает всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней. Диссертационная работа полностью соответствует специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, и рекомендуется к защите по данной специальности. Заключение принято на расширенном заседании кафедр «Технологии машиностроения» и «Металлорежущие станки и инструменты». Отзыв подписан заведующими кафедр «Технологии машиностроения» д.т.н., доцентом Веткасовым Н.И. и «Металлорежущие станки и инструменты» д.т.н., профессором Табаковым В.П., и утвержден проректором по научной работе д.т.н., профессором Ярушкиной Надеждой Глебовной (отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо. Огласите ведущей организации.

Ученый секретарь

Имеется отзыв ведущей организации. В качестве ведущей организации выступал «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», город Пермь.

В своем положительном заключении, подписанном доктором технических наук, профессором, зам. заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения» Макаровым Владимиром Федоровичем и утвержденном на расширенном заседании кафедры «Инновационные технологии машиностроения» указала, что диссертация Степанова является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно-обоснованные технологические и технические разработки, направленные на решение актуальной для отечественных машиностроительных предприятий задачи повышения производительности операций шлифования.

Поставленные в работе задачи, в целом, решены. Выводы и рекомендации обоснованы. Новые научные результаты, которые получены соискателем, имеют существенное значение для науки и практики. Диссертационная работа «Повышение эффективности шлифования путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками» по актуальности, научно-практической новизне, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, значения для теории и практики соответствует пунктам 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства №842 от 24 сентября 2013 г., а автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Имеются замечания в отзыве ведущей организации. Всего замечаний шесть. Первое замечание: недостаточно обоснованным выглядит выбор для проведения исследований номенклатуры составов ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками. Второе: непонятно, почему в диссертации отсутствуют результаты исследований технологической эффективности состава ТСМ, на который получен патент на изобретение. Третье замечание: в диссертации следовало бы привести более подробную информацию о физико-механических и физико-химических свойствах используемых при проведении исследований эффективности ТСМ высокодисперсных наполнителей и антифрикционных наноприсадок, которую можно было бы использовать для объяснения механизма их действия. Четвертое замечание: неясно, почему соискатель при проведении исследований эффективности шлифования с применением ТСМ на основе высокодисперсных наполнителей и антифрикционных наноприсадок ограничился одним материалом обрабатываемой заготовки (Р6М5). Пятое

замечание: недостаточно убедительно выглядит решение соискателя принять за базу для сравнения результаты шлифования с применением составов ТСМ на основе дисульфида молибдена и производства фирмы «Алтай», а не результаты шлифования с применением СОЖ. И последнее замечание: оформление материалов диссертации вызывает ряд критических замечаний. В тексте имеют место стилистические, орфографические, синтаксические и пунктуационные погрешности. Например, соискатель использует термин «скорость вращения», хотя должен использовать «частота вращения», «окружная скорость». Термин «тепло» в ряде случаев употребляется вместо правильного «теплота», термин «обрабатываемая деталь» – вместо правильного термина «заготовка». На осях координат некоторых графиков не указаны единицы измерения, а в ряде случаев еще и исследуемые параметры (отзыв прилагается).

Председатель

Так, ну я думаю, что наверное Аполлон Владимирович ответит на замечания тогда, когда мы с Вами рассмотрим отзывы официальных оппонентов??

Ученый секретарь

Нет, сразу.

Председатель

Сразу, да? Ну тогда вставляйте, отвечайте на замечания.

Соискатель

В связи с первым замечанием ведущей организации отметим следующее. Мы исследовали эффективность 10 составов ТСМ. Выбор составов ТСМ для проведения исследований был обусловлен стремлением доказать возможность повышения эффективности шлифования при использовании в качестве антифрикционных присадок ТСМ нового класса материалов – наноматериалов, а в качестве наполнителей – неприменяемых до настоящего времени относительно дешевых высокодисперсных природных материалов.

Председатель

Аполлон Владимирович, извините? Вы ответы читаете? Я думал, что вы опять читаете замечания.

Ученый секретарь

Нет, все верно.

Соискатель

По второму замечанию, патент на изобретение, полученный в ходе выполнения диссертационной работы является обобщением результатов

исследований технологической эффективности составов ТСМ, приведенных в диссертации. В настоящее время развернуты испытания этого состава ТСМ, при положительном исходе которых будет организовано его промышленное производство.

Третье замечание мы расцениваем как пожелание и руководство по развитию исследований в избранной нами области исследований.

По четвертому замечанию, мы исследовали эффективность разработанных ТСМ при шлифовании заготовок из стали Р6М5 как наиболее известного представителя группы инструментальных сталей. В ходе опытно-промышленных испытаний шлифовали заготовки из сталей Р6М5К5, Х12М и др.

По пятому замечанию: за базу для сравнения приняты результаты шлифования с применением ТСМ на основе дисульфида молибдена и производства НПО «Алтай» в связи с тем, что в известной литературе, например, в диссертационной работе А.В. Леонова, уже приведены результаты сравнительных испытаний СОЖ и дисульфида молибдена.

С шестым замечанием ведущей организации мы согласны.

Председатель

А я хотел спросить, неужели нет ни одного замечания, с которым Вы согласны. Так, хорошо, спасибо. На автореферат диссертации поступило 8 отзывов. Все они положительные. Зачитать их по отдельности или полным списком?

Члены диссертационного совета

Огласите весь список.

Председатель

Хорошо, тогда слово для обзора отзывов, поступивших на диссертацию, предоставляется Николаю Ивановичу Веткасову.

Ученый секретарь

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов. Все они положительные. Первый отзыв поступил из Братского государственного университета. Отзыв подписан профессором, доктором технических наук, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Янюшкиным А.С. и доцентом, кандидатом технических наук Архиповым П.В. Содержание замечаний. Первое замечание: четвертый пункт научной новизны следовало бы отнести в практическую значимость работы, поскольку автором получен патент, который несомненно будет востребован в производственных условиях. Второе: из автореферата не ясно, полученные зависимости для

расчета основных показателей технологической эффективности применения ТСМ при плоском шлифовании периферией круга могут применяться для большинства инструментальных материалов (например, твердых сплавов групп «ВК», «ТК», «ТТК» и т.д.), или данные зависимости справедливы только для быстрорежущей стали Р6М5. Третье замечание: в восьмом пункте заключения автор упоминает о разработанных технологических рекомендациях, позволяющих выбирать состав ТСМ и обеспечить требуемое качество, однако конкретные рекомендации не приведены. Следовало бы конкретизировать, например, диапазон режимов, в которых полученные зависимости адекватно описывают рассматриваемый процесс.

Второй отзыв пришел из Саратовского государственного технического университета. Отзыв подписан профессором кафедры «Автоматизация, управление, мехатроника» доктором технических наук Игнатьевым А.А. Три замечания. Первое замечание: не ясно, как получены зависимости (2) – (5). Второе замечание: не уточнено, что понимается под амплитудой статических и амплитудой динамических колебаний (с. 9), так как колебания круга в любом случае относятся к динамическим процессам. И третье замечание: не отражено, как могут влиять компоненты ТСМ на характеристики поверхностного слоя шлифованных деталей в случае их переноса и внедрения в структуру (особенно это касается нанопорошков меди).

Третий отзыв из Ульяновского государственного университета. Подписан заведующим кафедрой «Проектирование и сервис автомобилей» доктором технических наук, доцентом, Хусаиновым А.Ш. Одно замечание: хотелось бы увидеть в автореферате более развернутое обоснование актуальности работы.

Четвертый отзыв из Тульского государственного университета. Подписан заслуженным деятелем науки и техники РФ, профессором кафедры «Технология машиностроения» доктором технических наук Ямниковым А.С. и профессором кафедры «Технология машиностроения» Тульского государственного университета, д.т.н., О. А. Ямниковой. Замечаний по существу работы нет.

Пятый отзыв из Волгоградского государственного технического университета. Отзыв подписан Почетным работником высшего профессионального образования Российской Федерации, доктором технических наук, профессором кафедры «Технология машиностроения», Полянчиковым Ю.Н. Три замечания. Первое замечание: в формуле (4, с. 9) учитывается коэффициент, учитывающий влияние засаливания рабочей поверхности круга и связанных с этим явлений схватывания металла

заготовки с налипшими на круг частичками стружки. В связи с этим не ясно, почему при шлифовании заготовок из углеродистых и низколегированных сталей, а также при шлифовании заготовок из химически и адгезионно активных материалов этот коэффициент равен 1,0, хотя условия засаливания при обработке этих материалов значительно отличаются. Второе замечание: не ясно, с какой целью на с. 12 приведена формула (13) для определения поверхностной плотности теплового потока, поступающего в заготовку, если не дано пояснений к величине ψ , не даны значения коэффициента ψ и сама формула нигде не используется. И третье замечание: не ясно, как и в какой зависимости участвует функция распределения вершин зерен после правки круга (с. 9).

Шестой отзыв из Российского университета транспорта. Подписан заведующим кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», доктором технических наук, профессором, Куликовым М.Ю. Одно замечание: в автореферате отсутствуют объяснения разного действия, иногда противоположного, используемых составов ТСМ.

Седьмой отзыв из Севастопольского государственного университета. Отзыв подписан доктором технических наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Братаном С.М. В отзыве два замечания: в общем разделе автореферата не указаны объект и предмет исследования, не раскрыта теоретическая значимость работы, не сформулирован личный вклад соискателя. Второе замечание: нет метрологической оценки погрешностей расчета выходных переменных по теоретическим зависимостям, в состав которых входит большое число параметров, которые определяются экспериментально с большой погрешностью, например коэффициент β в уравнении (1) равен 0,1 ... 0,2, точность определения дисперсии статического распределения и статической разновысотности неизвестна.

Восьмой отзыв из Самарского государственного технического университета. Отзыв подписан кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы» В. В. Головкиным. Без замечаний.

Председатель

Все, Николай Иванович?

Ученый секретарь

Да.

Председатель

Так, Аполлон Владимирович, пожалуйста, ответы на замечания.

Соискатель

В целях экономии времени и систематизации замечаний, содержащихся в отзывах на автореферат, мы разделили замечания на 4 группы.

К первой группе отнесены замечания и вопросы, исчерпывающая информация по которым содержится в диссертации. К этой группе замечаний относятся: третье замечание профессора А.С. Янюшкина и доцента П.В. Архипова; первое и второе замечания профессора А.А. Игнатъева; второе замечание профессора Ю.Н. Полянчикова; замечание профессора М.Ю. Куликова.

Ко второй группе отнесены замечания, носящие характер пожеланий и указаний о расширении области исследований. К ним относится первое замечание профессора А.С. Янюшкина и доцента П.В. Архипова. Это замечание мы с благодарностью примем и учтем в нашей дальнейшей работе.

К третьей группе относятся критические замечания, с которыми мы согласны. К таким замечаниям относятся: третье замечание профессора А.А. Игнатъева и первое замечание профессора С.М. Братана.

На замечания четвертой группы нам хотелось бы ответить:

1. По поводу второго замечания в отзыве профессора А.С. Янюшкина и доцента П.В. Архипова отметим, что зависимости справедливы для инструментальных материалов, представителями которых являются быстрорежущие стали. Для оценки возможности использования предлагаемых зависимостей при шлифовании заготовок из твердых сплавов ТК, ВК, ТТК и др., необходимо проведение дополнительных исследований.

2. В ответ на первое и третье замечания в отзыве профессора Ю.Н. Полянчикова отметим, что да, действительно, процесс засаливания шлифовального круга при шлифовании заготовок из углеродистых и низколегированных сталей, и химически и адгезионно активных материалов отличается. Однако в случае работы острым кругом коэффициент может быть принят равным 1, как справедливо отмечено в работе Л.В. Худобина и М.А. Белова. А функция распределения вершин зерен после правки круга необходима для определения статической разновысотности зерен рабочей поверхности ШК.

Искренне благодарю всех ученых, приславших отзывы на автореферат диссертации.

Председатель

Все, спасибо. Слово для представления отзыва предоставляется официальному оппоненту, доктору технических наук, профессору Носенко Владимиру Андреевичу.

Д.т.н., профессор В.А. Носенко

Уважаемые коллеги. Представляю свой отзыв. Он составлен в соответствии с установленными требованиями. Поэтому, я его зачитаю, ни у кого это особых возражений не вызовет? Но тем не менее, пойду по порядку. Структура и объем диссертации. Диссертация выполнена в Ульяновском государственном техническом университете. Основное содержание изложено на 169 страницах, включая 67 рисунков, 23 таблицы. Поскольку возможны некоторые отступления в свободной форме, я хотел бы на актуальности работы не останавливаться. Соискатель достаточно подробно об этом говорил. Я остановлюсь только на одном моменте. Действительно шлифование – это важная и ответственная операция. И что значит, например, изменить производительность или коэффициент шлифования, любой параметр ШК. Если мы трогаем характеристику, т.е. залезаем внутрь круга. То есть, комбинируем составы зерен, фракций, отрабатываем новую связку. То есть фактически создаем новый инструмент. Это требует колоссальных затрат, чтобы увеличить или уменьшить износ, процентов хотя бы на 15 – 20. Поэтому, тем, чем занимался соискатель, в целом это направление безусловно актуально, и по затратам оно никак не сопоставимо с затратами, которые будут в действительности, если совершенствовать сам круг. Поэтому, еще раз повторюсь, тема диссертации важная, актуальная и нужная.

Основные научные результаты это: теплофизическая модель плоского шлифования периферией круга с применением ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками, позволяющая определить температуру в зоне контакта ШК и заготовки с учетом перехода ТСМ из жидкого фазового состояния в твердое; результаты численного моделирования температурного поля при различных режимах обработки с применением ТСМ; математическая модель шероховатости обработанной поверхности при шлифовании круга с использованием ТСМ, позволяющая рассчитать высотные параметры шероховатости при шлифовании периферией круга; оригинальные составы ТСМ; результаты исследования технологической эффективности плоского шлифования с применением ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками; регрессионные зависимости показателей технологической эффективности ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками при плоском шлифовании периферией круга от скорости стола, врезной подачи, зернистости и твердости ШК; рекомендации по применению ТСМ с высокодисперсными наполнителями; технические

приемы их нанесения на рабочую поверхность ШК.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается корректным использованием методов математического и численного моделирования, программного обеспечения, положений теории колебаний и технологии машиностроения.

Автором изучены и практически проанализированы известные достижения и теоретические положения по вопросам шлифования с применением смазочно-охлаждающих технологических средств.

Выводы и рекомендации подтверждают обоснованность научных положений, принятых в работе.

Достоверность и новизна научных положений. Соискатель поставил и решил в диссертации задачу повышения производительности шлифования в результате применения ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками, один состав из которых защищен патентом на изобретение. Постановка такой задачи предопределяет научную новизну диссертационного исследования.

Работа отличается комплексным подходом к исследованию процесса шлифования ШК с применением ТСМ, в результате которого получена оригинальная теплофизическая модель, математическая модель формирования высотных параметров шероховатости, новый состав ТСМ, три свидетельства на программный продукт.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием современных методов математического анализа, результатами натурных экспериментов, и совпадением некоторых результатов с данными других исследований, апробацией результатов диссертации на научно-технических семинарах и заседаниях, опубликованными работами и результатами опытно-промышленных испытаний на трех предприятиях.

Практическая значимость. Основным практическим результатом выполненных исследований является разработка и реализация в производственных условиях на операциях плоского шлифования заготовок деталей машин и заточки режущего инструмента разработанных составов ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками и технологических рекомендаций по их применению. В том числе, рекомендаций по выбору их состава в зависимости от режима шлифования и характеристики ШК.

Результаты могут быть использованы для практического применения при организации промышленного производства карандашей твердой смазки из рекомендованных составов ТСМ.

Соискателем разработаны технологические регламенты по безопасному применению ТСМ на операции шлифования, требования по промышленной, пожарной и экологической безопасности, конструкции устройств, обеспечивающих автоматизированную подачу ТСМ на рабочую поверхность ШК в твердом и жидком агрегатном состояниях.

Практическую полезность представляют программный продукт для расчета высотных параметров шероховатости при плоском шлифовании заготовок.

Публикации. По материалам выполненных исследований опубликовано 19 научных работ, в том числе 2 работы в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Получен патент на изобретение и 3 свидетельства на программный продукт. Работа и её отдельные результаты неоднократно докладывались на международных и всесоюзных научно-технических конференциях в период с 2012 по 2017 год. Это дает право считать, что основные научные и практические положения диссертации прошли необходимую апробацию на конференциях и в открытой печати.

Диссертация выполнена, в целом, на квалифицированном уровне. Снабжена достаточным количеством иллюстративного материала, ссылками на авторов, выводы позволяют оценить результативность выполненных исследований.

Автореферат в достаточной степени отражает содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе. Я так просмотрел, в целом, замечания других авторов, они в ряде случаев совпадают. Тут у меня 10 замечаний. Я их тоже изложу.

1. Недостаточно проработаны вопросы современного этапа развития промышленности, поскольку основным источником является литература 1990 г. издания (с 5-7).
2. Ошибочное утверждение автора о том, что «СОЖ практически не применяют обработке заготовок из титановых и коррозионно-стойких сталей и сплавов».
3. При моделировании тепловых процессов не рассмотрены вопросы влияния режимов, условия и периодичность правки рабочей поверхности ШК.
4. В отношении механизма действия ТСМ вряд ли можно говорить о его диспергирующем воздействии.
5. Не ясно, как подготавливали вкладыши с массой, отличающейся на 0,2 мг. На каком уровне от шлифуемой поверхности их закладывали, как

контролировали этот уровень, в том числе при шлифовании?? Очевидно, что от этих факторов будет зависеть масса переносимого ТСМ. 6. Скорее всего, что для исследования каждого ТСМ использовали свой круг. Как подбирали круги одинаковой твердости, с какой погрешностью по показателю твердости. 7. Необходимо уточнить, как при измерении коэффициента трения создавали натяг 0,03 мм и чем его контролировали. Какая погрешность измерения? Автор отмечает, что процесс сопровождался съемом металла, изменялась площадь контакта. Как это влияет на результаты измерений? 8. При определении статической разновысотности зерен (с. 53) в числителе стоит расстояние уровня скалывания активных зерен от наиболее выступающей вершины зерна, соответствующей заданной вероятности. Какую вероятность принимает автор?? Как определяли показатель степени? 9. Тут перечисляется большое количество рисунков и таблиц, в которых приведены результаты измерений или расчетов, опять же без учета погрешности измерений, что затрудняет их анализ. В явном виде здесь просматриваются ошибки. Например, составляющую P_z измеряли динамометром УДМ100 с точностью до сотых долей ньютона (табл. 2.2). 10. В диссертации и автореферате имеются отступления от ГОСТа, явные промахи: отношение сил P_z/P_y автор называет коэффициентом шлифования, ШК проверяли на соответствие основным геометрическим требованиям по ГОСТ 2424, и еще приводится ряд ГОСТов, которые утратили силу на территории Российской Федерации. Характеристики ШК даны с отклонениями от стандартов. Бывают эти отклонения, если производитель вводит собственные характеристики. Здесь тоже нет никаких ограничений. В этом случае целесообразно указывать производителя. В автореферате указан объем 175 страниц, в действительности 169. Но это такие мелкие замечания. В целом, общая характеристика. Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические разработки, направленные на решение актуальной для отечественных машиностроительных производств задачи повышения производительности шлифования. Тем самым диссертация соответствует критериям раздела 2 Положения о присуждении ученых степеней. Тема, цель, задачи и содержание диссертации соответствует специальности 05.02.07. Работа выполнена на достаточном научно-техническом уровне. Методики и средства выполнения исследований адекватны решаемым задачам. Результаты теоретических и экспериментальных исследований достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов. Диссертация имеет практическую

значимость, так как предложены соискателем технологии и средства её реализации обеспечивают повышение производительности процесса обработки. Степень апробации результатов путем опубликования основных положений диссертации на семинарах произведена достаточно. Общая подготовленность и научный потенциал соискателя соответствует сложившемуся уровню требований. Общие выводы отражают в полном объеме полученные в ходе диссертационного исследования основные результаты работы. Содержание автореферата отражает основные положения работы и доказательства их достоверности. Сделанные замечания не снижают важности полученных результатов, и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

На основании вышеизложенного считаю, что рецензируемая диссертационная работа Степанова по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, значению для теории и практики соответствует требованиям раздела 2 Положения о присуждении ученых степеней, а диссертант достоин присуждения этой степени. Благодарю за внимание (отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо, Владимир Андреевич. Присаживайтесь. Аполлон Владимирович, пожалуйста, ответы на замечания.

Соискатель

В связи с первым замечанием Владимира Андреевича, отметим, что в приведенном в диссертации библиографическом списке 56 % занимает литература, изданная после 2000 года, 23 % – литература, изданная до 1990 года и 21 % – литература, изданная в период с 1990 года по 2000 год.

Со вторым, девятым и десятым замечанием Владимира Андреевича мы согласны.

Третье замечание мы рассматриваем как пожелание, и оно будет обязательно учтено при проведении дальнейших исследований.

По четвертому замечанию: в основе режущего действия ТСМ лежит эффект Ребиндера, заключающийся в снижении поверхностной энергии материала обрабатываемой заготовки.

По пятому замечанию: для оценки расхода ТСМ вкладыши взвешивали до шлифования и сортировали таким образом, чтобы отклонения их массы не превышали 0,2 мг. Затем их устанавливали в отверстия шлифуемого образца, глубина которых соответствовала длине вкладышей фильтровальной бумаги. После шлифования вкладыши аккуратно извлекали из отверстий образца и

вновь взвешивали. Затем вычисляли массу ТСМ по зависимостям, приведенным в диссертации.

По шестому замечанию: подбор кругов одинаковой твердости выполняли с помощью прибора «Импульс», позволяющем оценивать твердость ШК по звуковому индексу с погрешностью до 3%.

По седьмому замечанию: натяг 0,03 мм создавали за счет перемещений шлифовальной бабки станка 3E711ВФ2. Величину натяга контролировали косвенным методом через оценку процесса диспергирования металлического диска путем замера его массы до и после эксперимента. Погрешность измерения не превышала 5%.

По восьмому замечанию: при определении статической разницы абразивных зерен на рабочей поверхности ШК в соответствии с рекомендациями, изложенными в работах Королева А.В., Худобина Л.В. и Белова М.А., был выбран нормальный закон распределения. Показатель степени, в этом случае, принимали равным 2,7, заданную вероятность – 0,95.

Председатель

Владимир Андреевич, как?

Д.т.н., профессор В.А. Носенко

В целом согласен, но прочитав, что у соискателя написано в диссертации. У меня вопрос стоял несколько в другом плане. Какова же точность? Вот возьму один пример, мы с Вами его обсуждали. Что-то Вы его так не отметили. Измерение твердости ШК Вы замеряли по длине волны. Ну например 5 000 – 3% от пяти тысяч это сколько? 150. Это только инструментальная погрешность. Плюс, замерите в трех значениях, и к этим 150 получите еще 150. То есть, нормальная погрешность измерения этим прибором это половина шкалы диапазона твердости. Половина шкалы. Вот собственно что я хотел отметить.

Председатель

Спасибо. Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту, кандидату технических наук, доценту Осипову Александру Петровичу. Пожалуйста.

К.т.н., доцент Осипов А. П.

Уважаемый председатель, уважаемые члены диссертационного совета. Хотелось бы поблагодарить за возможность оппонировать данную диссертацию. А по существу хотелось бы сказать следующее, отметить те положения, которые озвучил Владимир Андреевич. Они наверное являются общими в целом по диссертации.

Диссертация выполнена в Ульяновском государственном техническом университете. Состоит из введения, 4-х глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованных источников. Изложена на 169 страницах, включая 67 рисунков и 23 таблицы.

По поводу актуальности, такое лирическое отступление, хотелось бы сделать. На самом деле, не только в производстве остро возникает необходимость в «сухом» шлифовании и использовании карандашей твердой смазки. Мы конкретно проводим исследование на шлифовальных станках у себя на кафедре, и вот у нас система обеспечения гидравлики и функционирования СОЖ отказала, а восстановить соответствующую систему невозможно. Не хватает средств. Наверное мы воспользуемся рекомендациями соискателя с тем, чтобы использовать ТСМ для проведения необходимых нам опытов, при выполнении научно-исследовательских работ. Это первое. Второе – мне показалось, что в своем докладе диссертант делал упор больше на экологическую составляющую, хотя на самом деле он показал, что в его карандашах используется бентонит Ундоровского месторождения, то есть это местный материал. Это какая-никакая отсылка к модному наверное сейчас импортозамещению. Использование внутренних региональных ресурсов для производства таких нужных материалов. Поэтому, в соответствии с этим, я считаю, что тема диссертации Аполлона Владимировича, решающая проблему повышения производительности шлифования с обеспечением заданного качества шлифованных поверхностей с использованием, соответственно, местных материалов, является актуальной. Основные научные результаты повторяют результаты оглашенные первым официальным оппонентом. Я считаю, что к ним стоит отнести теплофизическую модель шлифования с применением ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками, позволяющую рассчитать среднюю контактную температуру в зоне взаимодействия ШК и заготовки с учетом перехода ТСМ из твердого агрегатного состояния в жидкое. В данном случае на примере плоского шлифования периферией круга. Второе – это математическая модель шероховатости поверхности, шлифованной с применением ТСМ, позволяющая рассчитать соответствующие высотные параметры шероховатости опять же с учетом конкретных составов ТСМ. Третье. Методика и результаты численного моделирования температурного поля заготовки при плоском шлифовании на различных режимах обработки с применением ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками. Четвертое – это методика и результаты

расчета параметров шероховатости в соответствующем программном обеспечении. И пятое – это полученные регрессионные зависимости для расчета показателей технологической эффективности ТСМ.

Степень обоснованности научных положений и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Диссертация содержит 9 основных выводов, которые основываются на результатах исследований, проведенных в рамках диссертации. Первый и седьмой выводы сделаны на основе результатов исследований, полученных в главах 2 и 4. Третий и четвертый выводы опираются на исследования второй главы. Четвертый, пятый и шестой выводы основаны на результатах исследования третьей главы. Восьмой и девятый, соответственно, – на исследованиях главы четвертой. То есть, выводы, которые были представлены соискателем, они все основываются на результатах исследования, которые он провел.

Мне кажется, что обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации подтверждается корректным использованием методов математического моделирования технологических объектов, использованием объектно-ориентированного языка программирования высокого уровня C++, что уже само по себе редко встречается в научно-исследовательских работах, и программного комплекса ANSYS, а также положениями теории резания и математической статистики по обработке результатов натурных экспериментов.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Мне кажется, что приведенные в диссертации положения подтверждаются сходимостью теоретических и экспериментальных результатов, полученных с использованием современных методик и аппаратуры, соответствием полученных данных данным других исследователей, которые работали в этой области, апробацией материала диссертации на научно-технических семинарах и конференциях, публикацией результатов в печати и результатами испытаний на опытно-промышленных предприятиях.

Мне кажется, что научная новизна положений, выводов, рекомендаций выраженная в разработке теплофизической модели, которая позволяет определять среднюю контактную температуру, не вызывает сомнений. На мой взгляд, среди практически значимых разработок соискателя можно выделить составы ТСМ на основе высокодисперсных наполнителей с использованием регионального материала. Диссертантом разработаны рекомендации по их применению при плоском шлифовании в условиях промышленного производства. Мне кажется, что использование

предлагаемой технологии имеет хорошую перспективу в свете импортозамещения, поскольку при шлифовании с соответствующими материалами существенно возрастает производительность обработки при обеспечении заданных параметров качества.

Автор опубликовал 19 научных работ, две из которых являются статьями в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК. Имеется один патент на изобретение и три свидетельства на компьютерные программы для расчета параметров шероховатости.

На мой взгляд, в целом, диссертация написана на технически грамотном языке. Снабжена достаточным количеством иллюстраций, ссылками на литературные источники. Соискатель сумел структурно и содержательно показать результативность выполненных исследований. Автореферат позволяет оценить основные результаты, полученные лично автором, в достаточной степени отражает результаты диссертационной работы.

Это не исключает некоторых замечаний по диссертационной работе. Первое. В перспективе хотелось бы иметь данные не только по расходу различных составов ТСМ в зоне шлифования, но и результатам исследования механизма переноса ТСМ с круга на заготовку, а также данные по массе ТСМ, не прореагировавшего в зоне шлифования и удаленного оттуда вместе со шламом. Это позволило бы более рационально подходить к выбору составов ТСМ и техники их применения. Второе замечание. Соискателю следовало бы представить рекомендации по выбору режимов шлифования заготовок для более широкого круга материалов с применением различных составов ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками. В работе указан материал Р6М5, но мне кажется, что приведенные данные по Сандвик Короманд – 70% быстрореза, это же наверное не только Р6М5. Ну и у Сандвик Короманд на данный момент очень много твердосплавных инструментов. Третье замечание. Не совсем ясно, каким образом определяется значение касательной составляющей силы шлифования при расчете мощности теплового источника в ходе теплофизического моделирования процесса шлифования. На мой взгляд, как раз касательная составляющая наиболее сильно влияет на теплонапряженность процесса. Четвертое замечание. Учитывая большое разнообразие операций шлифования и применяемого абразивного инструмента соискателю при моделировании процесса шлифования следует принимать во внимание профиль рабочей поверхности круга, макро- и микрогеометрию поверхностей шлифуемых заготовок. И пятое. Оформление

материалов диссертации вызывает ряд критических замечаний. В частности, на некоторых графиках соискатель показывает одни параметры, а в диссертации другие параметры. Либо заниженные, либо наоборот завышенные, значения этих параметров.

По поводу общей характеристики диссертационной работы. Я считаю, что работа является научно-квалификационной работой, представляющей собой совокупность научно-обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие науки. В работе изложены новые научно-технические результаты, направленные на решение актуальной для отечественного машиностроения задачи – повышение производительности шлифования. Тем самым можно говорить о том, что диссертация соответствует критериям раздела 2 Положения о присуждении ученых степеней.

Тема, цель, задачи и содержание диссертации соответствует заявленной специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки. Работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне. Методики и средства выполненных исследований соответствуют решаемым соискателем задачам. Результат теоретических исследований и натуральных экспериментов, выполненных соискателем, достоверны и достаточно обоснованы.

Диссертация имеет практическую ценность. Разработанные соискателем новые составы ТСМ и техника их применения обеспечивают повышение производительности шлифования с обеспечением заданного качества. Использование предлагаемой технологии на предприятиях, по моему мнению, имеет хорошие перспективы. Степень апробации работы достаточна. Потенциал соискателя отвечает требованиям, предъявляемым к соискателям ученых степеней кандидата технических наук. Научные выводы и практические результаты отражают в полном объеме основные результаты самой работы, полученные в ходе диссертационного исследования. Автореферат в достаточной степени отражает содержание диссертационной работы, позволяет оценить основные результаты, полученные лично соискателем, а также выводы и рекомендации, вытекающие из проведенных исследований.

Сделанные выше замечания, на мой взгляд, не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. На основании вышеизложенного считаю, что рецензируемая диссертация Степанова Аполлона Владимировича по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, по

достоверности и новизне, значению для теории и практики, по личному вкладу соискателя соответствует Положению о присуждении ученых степеней, а сам её автор Степанов Аполлон Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Вне официального отзыва хотелось бы отметить, что у нас имеется положительный опыт, как оказалось, взаимодействия с Аполлоном Владимировичем, поскольку в 2010 – 2011 годах я участвовал в качестве эксперта в Молодежном форуме Приволжского федерального округа, где он как студент, вместе с Сапуновым В.В. докладывал результаты этих исследований, и по-моему тогда получили медаль или что-то, грамоту. То есть, работа достаточно длительная. И наверное за этот долгий срок выполнена действительно большая работа. Можно доверять утверждениям автора, что выполнены достаточно крупномасштабные исследования. Дальше, когда проводился анализ информации по этой теме, по использованию ТСМ, мне кажется, отраден тот факт, что на соответствующие запросы в Интернет, приводятся в большинстве случаев ссылки на работы соискателя с его коллегами, в том числе с научным руководителем. То есть, видимо это работа, которая ведется в Ульяновском государственном техническом университете, находится на передовых областях в рамках темы, которая заявлена в диссертационном исследовании. Ну а соискателю хотелось бы на будущее в научной работе пожелать более аккуратно относиться к цифрам, коэффициентам и использованию математического моделирования. Спасибо.

Председатель

Спасибо, Александр Петрович. Присаживайтесь. Аполлон Владимирович, пожалуйста, ответы на замечания.

Соискатель

Первое, второе и четвертое замечанием Александра Петровича мы расцениваем как пожелание и указание по дальнейшему развитию исследований в избранной нами области.

По третьему замечанию: что касается, касательной составляющей силы шлифования R_z , то ее определяли по регрессионным зависимостям с учетом режимов обработки, характеристики абразивного инструмента и состава ТСМ.

С пятым замечанием в принципе согласны, очевидно, что мы недостаточно внимательно отнеслись к стандартной и общепринятой

терминологии, допустили опiski и орфографические ошибки, за что приносим извинения.

В дополнение, я бы хотел сказать, огромное спасибо Владимиру Андреевичу, огромное спасибо Александру Петровичу за внимание к моей работе, тщательный анализ, за пожелания и замечания.

Председатель

Александр Петрович, как?

К.т.н., доцент Осипов А. П.

Я удовлетворен.

Председатель

Теперь переходим к обсуждению работы. Кто хочет высказаться?

Д.т.н., профессор Зибров П.Ф.

Уважаемые коллеги, работа очень интересная. Сделано много практических исследований. И она ценна тем, что позволяет повысить эффективность такой технологической операции, как шлифование различных поверхностей. В целом, материал отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соглашаюсь с Александром Петровичем, на математических моделях я бы хотел немного остановиться.

Суть состоит в том, что, вот покажите где круг и заготовка. Шероховатость поверхности. Заготовка имеет шероховатость, и круг имеет неровности. Это пористый слой, и тогда оценивать его нужно коэффициентом проницаемости и пористости. Это даст возможность облегчить решение дифференциальных уравнений теплопроводности, задание граничных условий и прочие вопросы. А также используя теорию вероятности можно оценить, так сказать, доверительные интервалы точности полученных аналитических результатов. Вот как раз здесь уравнение теплопроводности на стр. 10. А дальше Аполлон Владимирович пишет, исследование влияния ТСМ на теплонапряженность процесса шлифования предполагает обоснование комплекса начальных условий. Самое сложное для дифференциальных уравнений – задание начальных условий. Задать начальные условия на шероховатой поверхности никто не может и не удавалось никому. Один в свое время пытался привести отдельные элементарные участки, и там использует вероятностную оценку, но этого можно избежать. Я чуть позже скажу, потому что вот тут дальше опять написана такая вещь. Учитывая условия контактных взаимодействий ШК и заготовки, в присутствии ТСМ, при анализе температурного поля в обрабатываемой зоне считаем её однородной, выполненной из сплошного материала. То есть, поверхность не однородная, сопряженность не

однородная, обладает разными свойствами, и поэтому, те решения, которые получены можно рассматривать как первое приближение. Это ставит задачу для дальнейшего интересного исследования вот этих всех явлений использование понятия пористого сопряжения. И тогда можно рассчитывать расход этого ТСМ по специальным зависимостям для пористых тел, и найти решение движения смазки в этом поле и значение теплопроводности как для этих пористых поверхностей с разносодержащимся материалом. Вот, кстати говоря, уравнение теплопроводности, оно почти такое же, как и уравнение движения смазочного слоя на шероховатых поверхностях. В моих работах это есть. И это можно использовать. И еще один интересный момент, который опять таки в математической модели. R_a – одна характеристика. А здесь разные высотные неровности. И вот как раз пористость как коэффициент или как функция, даже её ввести, это еще лучше будет. Как функция пористости. Это позволит тогда оценивать в процессе износа как меняются неровности. Какая статистическая наполненность этими микронеровностями. Это будет более ценный вариант. С какой точки зрения? С точки зрения прогнозирования использования этих объектов при назначении технологических операций, и подборе этих вещей с учетом специфики технологического процесса. Тогда будет проще считать на вычислительных устройствах. Кстати говоря, здесь две переменные X и Z , а система пространственная. Еще раз говорю, что это можно использовать как первое приближение. Почему я об этом говорю? Потому что надо переходить к расчетам с учетом вероятностных оценок как в процессах Маркова. Вот эти все вещи хорошо лягут, если использовать процессы Маркова, доверительные интервалы, и тогда мы можем ответить на вопрос: «А на сколько Вы гарантируете, что полученные результаты соответствуют экспериментальным данным, или экспериментальные данные требуемым данным». Мы тогда можем с вероятностью и точностью говорить: «Да, вероятность оценки 70%». Все, мы гарантируем, что будут такие-то отклонения. А вот у этого объекта вероятностная оценка составляет всего 6%. То есть, это наиболее вероятная и соответствующая оценка. И когда мы перебрали множество разных вариантов, в расчете это не так сложно, как в эксперименте, то тогда мы сразу можем ставить эксперимент под подобранные параметры, и получать оптимальный вариант. Там были кривые, и сразу видно. Да может быть минимум. Сразу мы его можем уловить. При каких скоростях, при каких неровностях. При каких свойствах ТСМ это можно достигнуть. В дальнейшем великолепно это работа будет смотреться и будет ценной, если пойти на новый математический уровень

использования вероятностных методов, статистических методов и так далее. В целом работа мне понравилась, поэтому вот я и решил выступить, чтобы подсказать соискателю. Здесь очень интересный пласт, много нового, и докторская диссертация будет блестящей. Я буду голосовать «за» эту кандидатскую работу. Спасибо.

Председатель

Спасибо. Еще желающие.

Д.т.н., профессор Салов П.М.

Ну начнем, как говорится, с самого начала – автореферата. Работа Степанова Аполлона Владимировича, будем считать, охватывает период многих лет. Опирался он на хорошую базу. Она имела хорошую базу, и строилась дальше. Он сделал большой шаг вперед. За это ему конечно скажут последователи большое спасибо, что он делает это дело. Остановлюсь на некоторых нюансах. Название работы очень хорошее. С этим придется согласиться. Не то, что согласиться, а мы соглашаемся. Соответствует специальности эта работа, не только название. Автореферат написан в соответствии с работой. Некоторые нюансы в этой работе. Актуальность не вызывает сомнения. Редкие сомнения вызывают такие употребление таких терминов как нанодисперсные природные материалы. Особо мы не слышали про нанодисперсные материалы. Применялась медь, причем не чистая медь. Удельный вес меди, еще никель применялся ... какова величина размера этих наночастиц там не оговорено? Чтобы перемешать все эти наночастицы это огромный и огромный труд, огромная проблема. Тем более удельный вес меди и никеля существенно выше, чем той же глины. Ну вы наверное знаете, что у нас в Чувашском гос. университете мы занимаемся нанотехнологиями, и конкретно, создаем материалы на основе нанотехнологий из порошков. То есть, это довольно большая школа. И мы знакомы с этим. У нас работают шаровые мельницы, в которых всё это перемалывают, перемешивают, прессуют. И так далее, и так далее. Это работа огромная. И здесь она, в общем то, совершенно не отражена. Дальше, следующий момент. Цель работы не соответствует работе. Написано: «Повышение производительности шлифования и повышение качества поверхности», - и так далее. Ну в общем то, если применили обыкновенную СОЖ, наверное она бы была более производительнее твердой смазки. Я думаю, что с этим все согласятся. Дальше, огромное достоинство работы – первая задача, то что человек, решил тепловую модель процесса шлифования с применением соответствующих материалов с учетом перехода ТСМ из твердого агрегатного состояния в жидкое. В принципе он решил

усложненную задачу Стефана. Это известная задача, как раз посвященная этим вопросам. Я считаю, что это большое и большое достижение автора. Еще подобными вопросами занимался Иванов Андрей Геннадиевич, который защитил работу в Казани. Он рассматривал таяние льда в своих процессах. Можно считать это решение задачи Стефана. Там была докторская диссертация, его в общем то решение. Я считаю, что намного слабее, чем выполненная автором работа. Следующие моменты. Не буду останавливаться на достоинствах. Уже подчеркнули эти достоинства, я с ними согласен. Некоторые нюансы. Ну например, некоторые нюансы, проскочило то, что снимают припуск 0,2 ... 0,3 мм. Но это, в принципе, процесс черного шлифования. Хотя утверждает, что он занимался чистовым шлифованием. Дальше, замечания. Конкретного говорили уже по материалам, по плакатам. Замечания по слайдам. Подачу оценивает в мм на двойной ход. Раз врезная подача, ну наверное нужно оценивать в мм в секунду, минуту, наверное так. Дальше, в этом раздаточном материале, можно посчитать, вот мы сидели с соседями считали силы резания по тем формулам, которые представлены. Как это может получиться, что сила P_y намного меньше, чем сила P_z . Ну этот нонсенс. Причем отличие в разы, то есть, просто арифметическая ошибка. Только и всего. Следующий момент. Непонятно каким образом измерялась сила при плоском шлифовании, что тарировали? Ну наверное тарировали систему. А о тарировании системы ничего не сказано. Дальше. И когда мы смотрим дальше раздаточные плакаты, что коэффициент трения изменяется в 3 раза, а температура остается та же самая, тоже нонсенс. Но в общем то, еще некоторые есть моменты, они в общем то каким-то образом были. Ну и неточности некоторые есть. Я их подчеркивать не буду. Работа очень хорошая. Огромная работа. Я буду голосовать «за».

Председатель

Спасибо. Кто еще? Александр Николаевич Унянин.

Д.т.н., доцент Унянин А. Н.

Начну с актуальности работы. Соискатель привел операции абразивной обработки с ограниченным применением СОЖ. Показано, что эти операции имеют значительную долю среди остальных операций абразивной обработки. Кроме того, он привел объем выпуска быстрорежущих сталей в общем объеме выпуска инструмента. Всё это сделано со ссылкой на авторитетные источники, что позволяет судить о том, что работа является актуальной. Научная ценность работы. Я считаю, что главными достижениями автора являются результаты теоретико-экспериментальных исследований формирования микрогеометрии обработанной поверхности и расчеты

температуры в зоне обработки. Практическая ценность работы. Очевидную практическую ценность имеют результаты экспериментальных исследований технологической эффективности ТСМ. Они выполнены в достаточно широком диапазоне условий обработки, правда, к сожалению, при использовании одного обрабатываемого материала. Как практическое достижение следует отметить разработанные технологические рекомендации по применению ТСМ, и использование результатов диссертации в промышленности. Причем, достаточно широкое использование. Как и во всех работах, имеются недостатки. И в качестве недостатков можно указать такие моменты. Во-первых, на мой взгляд, некорректно определен коэффициент трения, как отношение касательной и радиальной составляющих силы шлифования. Если рассмотреть аналитические зависимости для определения сил шлифования, то как составляющая P_z , так и P_y имеет в свою очередь несколько составляющих. Из них только одна зависит от коэффициента трения. А другая, в частности, учитывает диспергирование материала заготовки. Ну и возможно, что это явилось причиной отсутствия корреляции между коэффициентом трения и силой шлифования, и температурой шлифования. Вторым недостатком – это, на мой взгляд, недостаточно убедительно сделано заключение относительно стойкости слоев ТСМ на рабочей поверхности ШК. Соискателю эти вопросы задавали, но он говорил о расходе ТСМ на поверхности шлифовального круга. А про стойкость он ничего не сказал. Тем более, обработку он проводил, как он сказал, острым кругом, а не в динамике. Следующее замечание. В раздаточных материалах, соискатель не привел методики расчета коэффициентов, которые необходимы для расчета микрогеометрии обработанной поверхности, ну и таблицы с рассчитанными коэффициентами, которые другие авторы могли бы использовать для своей работы. А по поводу математической модели, она бы выглядела гораздо более убедительно, если бы он оценил долю теплоты, которая поступает в ТСМ. Но все эти недостатки несколько не умаляют достоинства работы. Я считаю, что это большая работа. Сам соискатель, я считаю, является уже сложившимся исследователем. Я думаю, что мы не ошибемся, если поддержим эту работу. И я буду голосовать «за».

Председатель

Спасибо, Александр Николаевич. Спасибо. Кто еще? Николай Михайлович.

Д.т.н., профессор Бобровский Н. М.

Я быстро. В общем, что мне понравилось. В Ульяновском политехническом университете зависимости Л.В. Худобина, зависимости Н. И. Веткасова. Прослеживается научная школа, созданная десятилетиями. Вот это я хотел сказать, то что мы обычно не замечаем. И в общем то, соискатель Степанов А.В. – продукт и порождение этой школы, грамотный, в общем мне очень понравилось. Я буду голосовать «за». С глиной понравилось. Неожиданный результат по сравнению с дисульфидом молибдена. Я кстати был поражен, обычно дисульфид молибдена, его смазывают всё, что только можно, и добавляют везде, где только можно уже десятилетиями, начиная с 23 съезда КПСС. Или с какого-то. И вот тут хотелось бы увидеть, сколько стоимость смазочного слоя. Глина. И хотелось бы вот эти данные увидеть. Что глина стоит 3 рубля за 1 кг. Вот этой части экономической. Ее не хватает. А так я буду голосовать «за» этот «продукт» школы Л.В. Худобина, В.П. Табакова, Н.И. Веткасова.

Председатель

Спасибо, Николай Михайлович. Спасибо.

Д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Я с вашего позволения с места.

Председатель

Тогда громко.

Д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

У меня немного замечаний. Замечания касаются организационных вопросов. Мне совершенно не понравилось, что диссертант выступал по бумажке. Защита диссертации – это дискуссия, дискуссия по бумажке как-то по-другому смотрится. Даже ответы на вопросы оппонентов, не стоило это всё зачитывать. Это первое. Второе замечание касается литературы. Где-то упоминали, что 19 публикаций. В автореферате их гораздо меньше, а что обращает на себя внимание, что нет ни одной публикации, сделанной лично диссертантом. Все публикации в соавторстве. Отсюда возникает вопрос о личном вкладе. Я бы может не обратил на это внимание, но у моих аспирантов требовали даже ВАКовские единоличные. Третий пункт, который бы я хотел отметить. Очень не плохо, было бы чтобы авторефераты диссертаций были тоже здесь. Не так сложно распечатать лишние 20 экземпляров чтобы они лежали.

Председатель

А где здесь?

Д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

На заседании. Обычно их раздавали, а сегодня их нет.

Председатель

Простите, пожалуйста, я думаю, что вы их все получили. У всех есть. Но я конечно согласен.

Д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

У меня был конкретный вопрос, но автореферата нет, поэтому я этот вопрос не задал. Один из пунктов новизны был «разработка методики численного решения уравнения теплопроводности». Ну нельзя так формулировать, потому что речь идет о методе конечных элементов, который создавался изначально для решения задач теплопроводности. То есть, там эта методика уже отработана. Другой вопрос, если бы диссертант сказал, что получены новые результаты с помощью этой методики, это да. Тут я вполне согласен. Но с другой стороны, я должен отметить, что диссертант держался очень неплохо, грамотно отвечал на вопросы. То есть, в целом, я призываю поддержать работу.

Председатель

Я думаю, мы на этом закончим дискуссию. Я тоже пару слов скажу. Я не буду отмечать научную новизну. Об этом все говорили, и в автореферате, и в отзывах, и так далее. Вот Петр Михайлович сказал одну фразу, которая мне, в общем-то, не понравилась. В плане того, что цель работы, как бы, не соответствует вроде бы. То есть, если мы применяем СОЖ, понятно, что шлифование будет лучше. Это действительно так и есть. Но ведь работа посвящена вопросу, когда СОЖ мы не применяем. То есть, если в этих условиях СОЖ нельзя использовать, тогда вот такая предложена технология, она повышает производительность по сравнению с известными. С дисульфидом молибдена, о котором сейчас говорили. А это перспективнее и дешевле. В этом плане, цель то он всё таки поставил правильно. Может быть не совсем корректно.

Д.т.н., профессор Салов П.М.

Не договорил её.

Председатель

Возможно, да. Что касается замечаний моих. Я их давно высказывал. Могу еще раз повторить конечно. Хотя одно из них Николай Васильевич сказал. Действительно он говорил о шлифовании, или «сухое резание», есть такой термин. А если говорить «сухом шлифовании», более важным является твердость, которая чувствительна к температурным нагрузкам. Даже сегодня некоторые инструменты затачивают без СОЖ. Но есть то сравнение, о котором сказал Николай Васильевич, оно бы не помешало в этой работе. И еще, нужно более четко говорить. Не расход в граммах, а по времени работы,

которую выполняют ШК и ТСМ с точки зрения эффективности процесса шлифования. А в целом я тоже поддерживаю работу. Все необходимые составляющие у неё есть, для того, чтобы можно было её поддержать и присудить ученую степень нашему соискателю. Если на этом мы с Вами всё заканчиваем, тогда переходим к нашей последней стадии – голосованию. Есть предложение по составу счетной комиссии. Включить в состав следующих наших коллег. Это – Унянин Александр Николаевич, Захаров Олег Владимирович и Денисенко Александр Федорович. Если возражений нет у совета, тогда счетную комиссию мы с Вами утверждаем. Прошу проголосовать. Кто «за»? Возражений нет. Прошу счетную комиссию приступить к работе. И мы делаем с вами технический перерыв, минут 10 – 15 наверное. Попрошу, пожалуйста, не разбегаться. Вовремя прийти и вовремя продолжить нашу работу. Вот вам инструменты здесь есть, все что требуется.

(Счетная комиссия организует тайное голосование).

Председатель

Так, все у нас да? Продолжаем нашу работу? Слово предоставляется председателю счетной комиссии.

Председатель счетной комиссии д.т.н., доцент А.Н. Унянин

Протокол №1 заседания счетной комиссии, избранной диссертационным советом 9 ноября 2017 г. Состав избранной комиссии Унянин Александр Николаевич, Захаров Олег Владимирович и Денисенко Александр Федорович. Комиссия избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по диссертации Степанова Аполлона Владимировича на соискание ученой степени кандидата технических наук. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 20 человек. На период действия номенклатуры специальностей научных работников, утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 17.02.2015 г. №123/нк. В состав диссертационного совета дополнительно введены 0 человек, присутствовало на заседании 17 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 9. Роздано бюллетеней 17. Осталось не розданных – 3. Оказалось в урне 17. Результаты голосования по присуждению ученой степени кандидата технических наук Степанову Аполлону Владимировичу. «За» – 16. «Против» – 1. Недействительных бюллетеней – 0. Все. (Протокол счетной комиссии прилагается).

Председатель

Всё, да? Спасибо. Прошу проголосовать за данный протокол.

Кто «за»? (15).

Кто «против»? (1).

Воздержались? (Нет).

Утверждаем протокол комиссии. Таким образом, на основании результатов тайного голосования «за» – 16, «против» – 1, недействительных – 0, объединенный диссертационный совет при Ульяновском государственном техническом университете и Тольятинском государственном университете признает, что диссертация Степанова А.В. содержит решение актуальной задачи повышения производительности шлифования заготовок и заточки режущего инструмента путем применения ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками, имеет существенное значение для повышения конкурентоспособности продукции, выпускаемой машиностроением. Соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с разделом 2 Положения о присуждении ученых степеней, и присуждает Степанову Аполлону Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Разрешите мне поздравить Аполлона Владимировича с решением нашего совета. Поздравляю.

Соискатель

Спасибо.

Председатель

И заключительное слово прошу сказать соискателя членам диссертационного совета.

Соискатель

Я всех искренне благодарю, все Ваши замечания я записывал. Работа будет продолжена, все будет учтено. Спасибо.

Председатель

Спасибо. Так, значит проект заключения есть у Вас на столах. Есть предложение принять его за основу. Если нет возражений. Так да? Принимаем. А теперь, пожалуйста, замечания, предложения к этому заключению.

(Обсуждение проекта).

Председатель

Если больше замечаний нет, то есть предложение проголосовать за данное заключение.

Кто «за»? (Все)

Кто «против»? (Нет)

Воздержались? (Нет)

Принято единогласно.

(Заключение диссертационного совета объявляется соискателю)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д999.003.02 НА БАЗЕ

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» И ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 09.11.2017 г. № 31

О присуждении Степанову Аполлону Владимировичу, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности шлифования путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, принята к защите 01.09.2017 г., протокол № 30, объединенным диссертационным советом Д 999.003.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения (ФГБОУ) высшего образования (ВО) «Ульяновский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» Минобрнауки РФ, по адресу 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, действующим на основе приказа № 123/нк от 17.02.2015 г.

Соискатель Степанов Аполлон Владимирович, 1988 года рождения.

В 2011 году соискатель окончил ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет». В 2014 году соискатель окончил

аспирантуру на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет». Работает заведующим лабораториями кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» на кафедре «Технология машиностроения», Министерство образования и науки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Веткасов Николай Иванович, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет».

Официальные оппоненты:

1. Носенко Владимир Андреевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»;

2. Осипов Александр Петрович, кандидат технических наук, доцент, декан механического факультета, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» филиала ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (г. Сызрань) дали свои положительные отзывы на диссертацию и автореферат.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, в своем положительном заключении, рассмотренном на расширенном заседании кафедры «Инновационные технологии машиностроения», подписанном доктором технических наук, профессором, заместителем заведующего кафедрой «Инновационные технологии машиностроения», д.т.н., профессором В.Ф. Макаровым и утвержденном проректором по науке и инновациям университета, доктором технических наук, профессором Коротчаевым В.Н., указала, что диссертация А.В. Степанова является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся

новые научно-обоснованные технологические и технические разработки, направленные на решение актуальной для отечественных машиностроительных предприятий задачи повышения производительности операций шлифования.

Поставленные в работе задачи раскрыты достаточно полно и последовательно, выводы и рекомендации обоснованы. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики. Диссертационная работа «Повышение эффективности шлифования путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками» по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, значению для теории и практики соответствует разделу II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

Соискатель имеет 19 научных статей, 1 патент на изобретение и 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ по теме диссертации (общий объем публикаций составляет 6 печатных листов, из них авторских – 4,3 п.л.), в том числе 2 работы, опубликованные в ведущих рецензируемых научных изданиях (общий объем публикаций составляет 0,6 печатного листа, из них авторских – 0,42 п.л.).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Степанов А.В. Моделирование теплонапряженности плоского шлифования с применением твердого смазочного материала с наполнителями из наноматериалов и высокодисперсных материалов /А.В. Степанов, Н.И. Веткасов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2016. – № 5 (184). – С. 85 – 90.

2. Веткасов Н.И. Расчет шероховатости поверхностей, шлифованных с применением твердых смазочных материалов / Н.И. Веткасов, А.В. Степанов

// Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2015. – № 3-1 (33-1). – С. 36 – 41.

3. Степанов А. В. Повышение качества поверхностного слоя шлифованных заготовок путем применения карандашей твердой смазки с наполнителями из ультрадисперсных природных и наноматериалов / А. В. Степанов, Н. И. Веткасов, В. В. Сапунов // Научно-технические технологии в машиностроении и авиадвигателестроении: материалы IV МНПК. В 2-х частях. – Рыбинск: РГАТУ им. П. А. Соловьева. – 2012. – Ч. II. – С. 59 – 61.

4. Степанов А. В. Моделирование температурных полей в заготовке при плоском шлифовании периферией круга с применением карандашей твердой смазки / В. В. Сапунов, А. В. Степанов, Н. И. Веткасов // Современные научно-технические технологии развития и подготовки кадров: сборник статей МНПК. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та. – 2014. – С. 30 – 34.

5. Степанов А. В. Повышение качества поверхностного слоя шлифованных заготовок путем применения многослойных смазочных покрытий / А. В. Степанов, Н. И. Веткасов // Техника и технологии машиностроения: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. (Омск, 25-30 марта 2015 г.) / Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ. – 2015. – С. 226 – 229.

6. Степанов А. В. Снижение теплосилового напряжения в зоне шлифования путем применения многослойных смазочных покрытий / А. В. Степанов, В. В. Сапунов, Н. И. Веткасов // XLI Гагаринские чтения. Науч. труды междунар. молодежной науч. конф. в 4 томах. – М. – 2015. – Т. 1. – С. 63 – 64.

7. Степанов А. В. Повышение эффективности плоского шлифования путем применения твердых смазочных материалов с наполнителями из высокодисперсных и наноматериалов / А. В. Степанов, Н. И. Веткасов // Моделирование в технике и экономике: материалы междунар. научно-практ. конф., Витебск: ВГТУ. – 2016. – С. 173 - 177

8. Степанов А. В. Повышение эффективности шлифования путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками / А. В. Степанов, Н. И. Веткасов // Инновационные технологии в металлообработке: материалы всероссийской научно-практической конференции (Ульяновск, 12 ноября 2016 года). – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – С. 102 – 108.

На диссертацию и автореферат диссертации поступили положительные отзывы с замечаниями: **ведущей организации – ФБГОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»**, подписанный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Инновационные технологии машиностроения» Макаровым В.Ф., и утвержденный проректором по науке и инновациям, доктором технических наук, профессором Коротаяевым В. Н. Замечания: 1. Недостаточно обоснованным выглядит выбор для проведения исследований номенклатуры составов ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками. 2. Непонятно, почему в диссертации отсутствуют результаты исследований технологической эффективности состава ТСМ, на который получен патент на изобретение. 3. В диссертации следовало бы привести более подробную информацию о физико-механических и физико-химических свойствах используемых при проведении исследований эффективности ТСМ высокодисперсных наполнителей и антифрикционных наноприсадок, которую можно было бы использовать для объяснения механизма их действия. 4. Неясно, почему соискатель при проведении исследований эффективности шлифования с применением ТСМ на основе высокодисперсных наполнителей и антифрикционных наноприсадок ограничился одним материалом обрабатываемой заготовки (Р6М5). 5. Недостаточно убедительно выглядит решение соискателя принять за базу для сравнения результаты шлифования с применением составов ТСМ на основе дисульфида молибдена и производства фирмы «Алтай», а не результаты шлифования с применением СОЖ. 6. Оформление материалов диссертации вызывает ряд критических замечаний. В тексте имеют место стилистические, орфографические, синтаксические и пунктуационные погрешности. Например, соискатель использует термин «скорость вращения», хотя должен использовать «частота вращения», «окружная скорость». Термин «тепло» в ряде случаев употребляется вместо правильного «теплота», термин «обрабатываемая деталь» – вместо правильного термина «заготовка». На осях координат некоторых графиков не указаны единицы измерения, а в ряде случаев еще и исследуемые параметры. Отзыв **первого официального оппонента, д.т.н., профессора Носенко В. А.** Отзыв положительный. Замечания: 1. Недостаточно проработаны вопросы современного этапа развития промышленности, поскольку основным источником является литература 1990 г. издания (с. 5-7). 2. Ошибочно утверждение автора о том, что «СОЖ практически не применяют ... обработке заготовок из титановых и коррозионно-стойких сталей и сплавов». 3. При моделировании тепловых

процессов при плоском шлифовании с применением ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками не рассмотрены вопросы влияния режимов, условия и периодичность правки рабочей поверхности ШК. 4. В отношении механизма действия ТСМ вряд ли можно говорить о его диспергирующем воздействии. 5. Не ясно, как подготавливали вкладыши с массой, отличающейся на 0,2 мг. На каком уровне от шлифуемой поверхности их закладывали, как контролировали этот уровень, в том числе при шлифовании? Очевидно, что от этих факторов будет зависеть и масса переносимого ТСМ. 6. Скорее всего, что для исследования каждого ТСМ использовали свой круг. Как подбирали круги одинаковой твердости, с какой погрешностью по показателю твердости. 7. Необходимо уточнить, как при измерении коэффициента трения создавали натяг 0,03 мм и чем его контролировали. Какая погрешность измерения? Автор отмечает, что процесс сопровождался съемом металла, изменялась площадь контакта. Как это влияет на результаты измерений? 8. При определении статической разности высот зерен (с. 53) в числителе стоит расстояние уровня скалывания активных зерен от наиболее выступающей вершины зерна, соответствующей заданной вероятности. Какую вероятность принимает автор?? Как определяли показатель степени? 9. На рис. 2.3 и 2.4, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.23, табл. 2.6 приведены результаты измерений, что затрудняет их анализ. В некоторых случаях приведены данные, явно не соответствующие возможностям применяемых средств измерений, даже без учета статистической погрешности параллельных измерений. Например, составляющую P_z измеряли динамометром УДМ100 с точностью до сотых долей ньютона (табл. 2.2). 10. В диссертации и автореферате имеются отступления от ГОСТа, стандартной и общепринятой технической терминологии, неточности, ошибки, например: отношение сил P_z/P_y автор называет коэффициентом шлифования, ссылаясь на ГОСТ 21445, согласно того же ГОСТ 21445 коэффициент шлифования – отношение наработки к износу абразивного инструмента. Характеристики шлифовальных кругов даны с отклонениями от стандартов, если это обозначение характеристики производителя, целесообразно производителя указать. В автореферате объем диссертации 175 с, в действительности – 169.

Отзыв второго официального оппонента, к.т.н., доцента Осипова А. П.
Отзыв положительный. Замечания: 1. В перспективе хотелось бы иметь данные не только по расходу различных составов ТСМ в зоне шлифования, но и результатам исследования механизма переноса ТСМ с круга на заготовку, а также данные по массе ТСМ, не прореагировавшего в зоне

шлифования и удаленного оттуда вместе со шламом. Это позволило бы более рационально подходить к выбору составов ТСМ и техники их применения. 2. Соискателю следовало бы представить рекомендации по выбору режимов шлифования заготовок для более широкого круга материалов с применением различных составов ТСМ с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками. 3. Не совсем ясно, каким образом определяется значение касательной составляющей силы шлифования при расчете мощности теплового источника в ходе теплофизического моделирования процесса шлифования. 4. Учитывая большое разнообразие операций шлифования и применяемого абразивного инструмента соискателю при моделировании процесса шлифования следует принимать во внимание профиль рабочей поверхности круга, макро- и микрогеометрию поверхностей шлифуемых заготовок. 5. Оформление материалов диссертации вызывает ряд критических замечаний: отступления автора от стандартной и общепринятой технической терминологии при написании диссертации, наличие описок и орфографических ошибок.

На автореферат диссертации поступили 8 положительных отзывов с замечаниями из: **ФБГОУ ВО «Братский государственный университет»**, подписанный профессором, д.т.н., заведующим кафедрой «Технология машиностроения» А. С. Янюшкиным и к.т.н., доцентом кафедры «Технология машиностроения» П. В. Архиповым. Замечания: «Четвертый пункт научной новизны следовало бы отнести в практическую значимость работы, поскольку автором получен патент, который, несомненно, будет востребован в производственных условиях»; «Из автореферата не ясно, полученные зависимости для расчета основных показателей технологической эффективности применения твердых смазочных материалов при плоском шлифовании периферией круга могут применяться для большинства инструментальных материалов (например, твердых сплавов групп «ВК», «ТК», «ТТК» и т.д.), или данные зависимости справедливы только для быстрорежущей стали Р6М5»; «В восьмом пункте заключения автор упоминает о разработанных технологических рекомендациях, позволяющих выбирать состав твердых смазочных материалов и обеспечить требуемое качество, однако конкретные рекомендации не приведены. Следовало бы конкретизировать, например, диапазон режимов, в которых полученные зависимости адекватно описывают рассматриваемый процесс. **ФБГОУ ВО Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.**, подписанный профессором кафедры «Автоматизация, управление, мехатроника» д.т.н., А.А. Игнатьевым. Замечания: 1.«Не ясно, как получены

зависимости (2) – (5)»; 2. «Не уточнено, что понимается под амплитудой статических и амплитудой динамических колебаний (с. 9), так как колебания круга в любом случае относятся к динамическим процессам»; 3. «Не отражено, как могут влиять компоненты ТСМ на характеристики поверхностного слоя шлифованных деталей в случае их переноса и внедрения в структуру (особенно это касается нанопорошков меди)».

ФБГОУ ВО «Ульяновский государственный университет», подписанный заведующим кафедрой «Проектирование и сервис автомобилей» д.т.н., доцентом, А. Ш. Хусаиновым. Замечание: «Хотелось бы увидеть в автореферате более развернутое обоснование актуальности работы».

ФБГОУ ВО «Тульский государственный университет», подписанный заслуженным деятелем науки и техники РФ, профессором кафедры «Технология машиностроения», д.т.н., А. С. Ямниковым и профессором кафедры «Технология машиностроения», д.т.н., О. А. Ямниковой. Замечаний по существу работы нет.

ФБГОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», подписанный почетным работником высшего профессионального образования Российской Федерации, д.т.н., профессором кафедры «Технология машиностроения», Ю. Н. Полянчиковым. Замечания: 1.«В формуле (4, с. 9) учитывается коэффициент, учитывающий влияние засаливания рабочей поверхности круга и связанных с этим явлений схватывания металла заготовки с налипшими на круг частичками стружки. В связи с этим, не ясно, почему при шлифовании заготовок из углеродистых и низколегированных сталей, а также при шлифовании заготовок из химически и адгезионно-активных материалов этот коэффициент равен 1,0, хотя условия засаливания при обработке этих материалов значительно отличаются»; 2. «Не ясно, с какой целью на с. 12 приведена формула (13) для определения поверхностной плотности теплового потока, поступающего в заготовку, если не дано пояснений к величине α , не даны значения коэффициента ψ и сама формула нигде не используется»; 3. «Не ясно, как и в какой зависимости участвует функция распределения вершин зерен после правки круга (с. 9)».

ФБГОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», подписанный заведующим кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», д.т.н., профессором М. Ю. Куликовым. Замечание: «В автореферате отсутствуют объяснения разного действия, иногда противоположного, используемых составов ТСМ».

ФБГОУ ВО «Севастопольский государственный университет», подписанный д.т.н., профессором кафедры «Технология машиностроения» С. М. Братаном. Замечания: 1. «В общем разделе автореферата не указаны объект и предмет

исследования, не раскрыта теоретическая значимость работы, не сформулирован личный вклад соискателя»; 2. «Нет метрологической оценки погрешностей расчета выходных переменных по теоретическим зависимостям, в состав которых входит большое число параметров, которые определяются экспериментально с большой погрешностью, например коэффициент β уравнения (1) равен 0,1 ... 0,2, точность определения дисперсии статического распределения и статической разновысотности неизвестна». **ФБГОУ ВО «Самарский государственный технический университет»**, подписанный доцентом кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы» к.т.н., В.В. Головкиным. Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются ведущими специалистами в области технологии машиностроения, имеют научные публикации по данному направлению в рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов. В качестве ведущей организации выбран ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», так как в этом вузе выполнен значительный объем научных исследований, связанных с изучением вопросов, рассматриваемых соискателем в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны теплофизическая модель плоского шлифования периферией шлифовального круга с применением твердых смазочных материалов, позволяющая рассчитать среднюю контактную температуру для широкого диапазона условий, и математическая модель высотных параметров шероховатости поверхностей заготовок деталей, шлифованных с применением твердых смазочных материалов, учитывающая влияние их расхода на динамическую разновысотность абразивных зерен на рабочей поверхности шлифовального круга;

получены регрессионные зависимости средней контактной температуры, составляющих сил шлифования и шероховатости, учитывающие основные технологические факторы и позволяющие

прогнозировать эффективность плоского шлифования периферией круга с применением твердого смазочного материала;

предложен авторский подход к выбору наполнителей и присадок твердого смазочного материала. Рекомендуется применять в качестве наполнителей твердого смазочного материала дешевые природные материалы, в качестве присадок – нанопорошки металлов.

доказана целесообразность использования в производственной практике установленных закономерностей и разработанных технологических рекомендаций для повышения производительности шлифования заготовок деталей машин и заточки режущего инструмента путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками;

новые понятия **не вводились**.

Теоретическая значимость исследований заключается в том, что:

доказана возможность повышения эффективности плоского шлифования путем применения твердого смазочного материала на основе твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками;

использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе конечно-элементного моделирования, натурного эксперимента;

изложены аргументы выбора объекта исследования в связи с тем, что достижение максимальной производительности шлифования является важной проблемой технологии машиностроения;

раскрыто влияние состава твердого смазочного материала на теплонапряженность процесса шлифования и шероховатость шлифованной поверхности;

изучены и проанализированы результаты исследований отечественных и зарубежных научных школ, занимающихся решением проблемы повышения производительности шлифования с применением смазочно-охлаждающих технологических средств;

проведена модернизация устройств для нанесения твердого смазочного материала на рабочую поверхность абразивного инструмента в жидком и твердом агрегатных состояниях;

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

разработаны технологические рекомендации по применению твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками, позволяющие в зависимости от требуемых параметров качества изделия и производительности процесса шлифования выбрать состав твердого смазочного материала, а также спрогнозировать качество поверхностного слоя шлифованных поверхностей деталей и режущих инструментов;

определены перспективы практического использования предложенных составов твердого смазочного материала с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками и техники их применения на операциях шлифования и заточки режущего инструмента;

представлены рекомендации по повышению производительности шлифования деталей машин и заточки режущего инструмента на основе применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками.

Результаты диссертационного исследования Степанова А. В. могут быть использованы ведущими предприятиями для повышения эффективности изготовления деталей и заточки режущего инструмента путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками, например, АО «УКБП», АО «УАЗ», ЗАО «Авиастар-СП», ООО «ДИЗ», АО «Ульяновский моторный завод», АО «Камаз» и др.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном, калиброванном оборудовании, показана статистическая воспроизводимость результатов исследования, относительная погрешность которых по сравнению с аналитическими исследованиями составляла не более 20 %;

теоретические исследования (теория) базируются на современных положениях теории резания, теплофизики процесса резания, технологии машиностроения, согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея диссертационного исследования опирается на результаты анализа практики шлифования с применением смазочно-охлаждающих технологических средств, а также на обобщение передового

производственного опыта шлифования заготовок ответственных деталей и заточки режущего инструмента на машиностроительных предприятиях;

использованы современные методики сбора и статистической обработки исходной информации, сравнение авторских данных с данными других исследований, работающих в данной области;

установлено совпадение результатов, полученных автором, с результатами, представленными в независимых источниках периодической и справочной печати по тематике исследования.

Личный вклад соискателя состоит в: определении цели, задач и непосредственном участии в выполнении научных исследований, как теоретических, так и экспериментальных; личном участии в опытно-промышленной апробации результатов исследования; обработке и интерпретации экспериментальных данных; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием плана исследований основной идейной линии, взаимосвязью поставленных задач и полученных результатов.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены научные результаты.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая содержит решение актуальной задачи повышения производительности шлифования заготовок и заточки режущего инструмента путем применения твердых смазочных материалов с высокодисперсными наполнителями и антифрикционными наноприсадками, что имеет существенное значение для повышения конкурентоспособности продукции, выпускаемой машиностроительными предприятиями.

Работа соответствует критериям, установленным в разделе 2 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 09 ноября 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Степанову А.В. ученую степень кандидата технических

Работа соответствует критериям, установленным в разделе 2 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 09 ноября 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Степанову А.В. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, участвующих в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовал: за присуждение ученой степени – 16 человек, против – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

Аполлон Владимирович, мы Вам заключение объявили, поэтому наша с Вами работа закончена. Я могу спросить только, есть ли какие-то замечания, предложения. Если замечаний и предложений нет, я еще раз поздравляю соискателя с успешной защитой. Всем членам диссертационного совета большое спасибо. Заседание объявляется закрытым.

Председатель совета
д.т.н., профессор

Ученый секретарь совета
д.т.н., доцент



В. П. Табаков

Н. И. Веткасов