

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д999.003.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» И ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОЛЬЯТТИНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.10.2018 г. № 41

О присуждении Ардашеву Дмитрию Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности операций шлифования в многономенклатурном производстве на основе прогнозирования работоспособности шлифовальных кругов» по специальностям 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки и 05.02.08 – Технология машиностроения, принята к защите 21.06.2018 г., (протокол заседания № 37), объединенным диссертационным советом Д999.003.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения (ФГБОУ) высшего образования (ВО) «Ульяновский государственный технический университет» и ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, действующим на основе приказа № 123/нк 17.02.2015 г.

Соискатель Ардашев Дмитрий Валерьевич, 1979 г. рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Оценка работоспособности шлифовального круга по комплексу эксплуатационных

показателей» защитил в 2005 г. в диссертационном совете Д212.298.06, созданном на базе государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет». В период с ноября 2011 г. по октябрь 2014 г. обучался в очной докторантуре при кафедре «Технология машиностроения» механико-технологического факультета ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

В настоящее время соискатель работает доцентом в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Технология автоматизированного машиностроения» в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный консультант – д-р техн. наук, профессор Гузеев Виктор Иванович, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», кафедра «Технология автоматизированного машиностроения», заведующий.

Официальные оппоненты:

Волков Дмитрий Иванович, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева», кафедра «Мехатронные системы и процессы формообразования им. С.С. Силина», заведующий;

Носенко Владимир Андреевич, д-р техн. наук, профессор, Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», кафедра «Технология и оборудование машиностроительных производств», заведующий;

Козлов Александр Михайлович, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», кафедра «Технология машиностроения», заведующий
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ), г. Пермь, в своем положительном отзыве, подписанном Макаровым Владимиром Федоровичем, д-ром техн. наук, профессором, кафедра «Инновационные технологии машиностроения», заместителем заведующего и утвержденном Коротаевым Владимиром Николаевичем, д-ром техн. наук, профессором, проректором по науке и инновациям, указала, что диссертация Д.В. Ардашева является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно-обоснованные технологические и технические разработки, направленные на повышение эффективности операций шлифования, реализуемых в современных условиях многономенклатурного производства. Работа выполнена на высоком научно-теоретическом уровне, методы и средства теоретических и экспериментальных исследований современны и адекватны решаемым задачам. Результаты математического и численного моделирования и натурального эксперимента, полученные соискателем, достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов. Диссертационная работа Д.В. Ардашева «Повышение эффективности операций шлифования в многономенклатурном производстве на основе прогнозирования работоспособности шлифовальных кругов» 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 присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а автор работы – Ардашев Дмитрий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки и 05.02.08 – Технология машиностроения.

Соискатель имеет 143 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 69 научных работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 32 научные работы (18 – в изданиях по списку ВАК, 10 – в изданиях из базы Scopus, 4 – в изданиях из базы Web of Science).

Научные работы, опубликованные автором по теме диссертации, достаточно полно отражают ее основное содержание. В диссертации соискателя отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных им научных работах, все результаты научного и прикладного характера, полученные соискателем в диссертации, достаточно полно освещены в публикациях соискателя. Более половины научных работ, опубликованных соискателем и посвященных теме диссертации, написаны без соавторства. Публикации соискателя представлены в различных ведущих научных журналах РФ, а также зарубежных изданиях, посвященных актуальным вопросам машиностроения.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Ардашев, Д.В. Определение периода стойкости шлифовального круга на основе его технологического эксплуатационного паспорта / Д.В. Ардашев // *Металлообработка*. – 2010. – № 1. – С. 23–27.
2. Ардашев, Д.В. Химическое сродство абразивного и обрабатываемого материалов / Д.В. Ардашев // *Металлообработка*. – 2011. – № 6. – С. 29–32.
3. Ардашев, Д.В. Стенд для исследования взаимодействия абразивного зерна и образца в процессах абразивной обработки / Д.В. Ардашев, В.В. Ахлюстина // *Технология машиностроения*. – 2013. – № 6. – С. 27–28.
4. Ардашев, Д.В. Напряженно-деформированное состояние абразивного зерна в процессах шлифования / Д.В. Ардашев, И.С. Болдырев // *Технология машиностроения*. – 2014. – № 11. – С. 27–30.
5. Ардашев, Д.В. Термофлуктуационный механизм износа абразивного зерна в процессах шлифования / Д.В. Ардашев // *Наукоемкие технологии*. – 2013. – № 12. – С. 23–28.
6. Ардашев, Д.В. Прогнозирование работоспособности абразивного инструмента при проектировании многономенклатурных операций / Д.В. Ардашев // *СТИН*. – 2014. – № 9. – С. 14–17.

7. Ардашев, Д.В. Прогнозирование долговечности абразивного зерна в процессах шлифования / Д.В. Ардашев // СТИН. – 2014. – № 10. – С. 27–31.
8. Ардашев, Д.В. Определение величины механического износа абразивных зерен при шлифовании / Д.В. Ардашев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2014. – Т. 14, № 4. – С. 55–66.
9. Ардашев, Д.В. Алгоритмическая рекурсивная модель площадки затупления абразивного зерна / Д.В. Ардашев // СТИН. – 2016. – № 2. – С. 17–19.
10. Ардашев, Д.В. Континуальное проектирование операций шлифования / Д.В. Ардашев, В.И. Гузеев // СТИН. – 2016. – № 8. – С. 33–37.
11. Ардашев, Д.В. Геометрическая имитационная модель процесса шлифования с учетом износа абразивного зерна / Д.В. Ардашев, Л.В. Шипулин // СТИН. – 2016. – № 8. – С. 18–22.
12. Ардашев, Д.В. Режимно-инструментальное оснащение операций абразивной обработки на основе вариативного проектирования / Д.В. Ардашев, В.И. Гузеев // СТИН. – 2016. – № 11. – С. 32–35.
13. Ардашев, Д.В. Проектирование операций шлифования на основе прогнозирования работоспособности шлифовальных кругов / Д.В. Ардашев, В.И. Гузеев // Известия ВолГТУ. Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». – 2017. – № 9. – С. 98–102.
14. Ardashev, D.V. Definition of Abrasive Grain Wear upon Grinding from the Standpoint of the Kinetic Theory of Strength / D.V. Ardashev // Journal of Friction and Wear. – 2015. – Vol. 36, No. 3. – P. 266–272.
15. Ardashev, D.V. Physicochemical Wear of Abrasive Grains During Grinding Processes / D.V. Ardashev // Journal of Friction and Wear. – 2014. – Vol. 35, No. 4. – P. 284–289.
16. Ardashev, D.V. Mathematical Model of the Grinding Force with Account for Blunting of Abrasive Grains of the Grinding Wheel / D.V. Ardashev, A.A. Dyakonov // Journal of Manufacturing Science and Engineering: Transactions of ASME. – 2017. – Vol. 139. Номер статьи – 121005.
17. Dyakonov, A.A. Prediction of Blunting Area of Abrasive Grains on a Grinding Wheel / D.V. Ardashev, A.A. Dyakonov // Journal of Manufacturing

Science and Engineering: Transactions of ASME. – 2017. – Vol. 139. Номер статьи – 121004.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв ведущей организации – **ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ)**, подписанный Макаровым Владимиром Федоровичем, д-ром техн. наук, профессором, зам. зав. кафедрой «Инновационные технологии машиностроения» и утвержденный Коротаевым Владимиром Николаевичем, д-ром техн. наук, профессором проректором по науке и инновациям. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. Работа посвящена многономенклатурному производству – условиям, в которых осуществляется частая смена изготавливаемых деталей. При этом не рассматриваются предприятия с устойчивой номенклатурой выпускаемых изделий. Не ясно – могут ли результаты работы применяться в условиях таких предприятий. 2. В работе рассмотрены шлифовальные круги, изготовленные из электрокорунда, работающие по схеме круглого врезного шлифования. Не ясно, можно ли применять разработанную автором модель размера площадки затупления абразивного зерна для инструментов из других абразивных или сверхтвердых материалов, других схем шлифования. 3. В работе не прослеживается четко форма представления результатов прогнозирования работоспособности инструмента. В некоторых местах диссертации употребляется термин «технологический паспорт», в других – «карта применимости». 4. Процесс шлифования – процесс цикловый. Не понятно, каким образом можно «встроить» методические разработки автора в методологию проектирования циклов шлифования.

2. Отзыв официального оппонента – **Волкова Дмитрия Ивановича**, д-ра техн. наук, профессора, зав. кафедрой «Мехатронные системы и процессы формообразования им. С.С. Силина» ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева». Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В работе имеются опечатки: на с. 121 ф. (2.1.1) верхние индексы, то римские то арабские (должны быть римские); с. 136 ф. (3.2.1) в знаменателе отсутствует коэффи-

циент 1000, приводящий мм к м; с. 137 табл. 3.2.1 вместо знака умножить стоит запятая; с. 194 ф. (4.4.1) вместо буквы γ стоит буква λ и др. 2. Раздел анализа применимости CAD-CAM-CAE пакетов можно из работы исключить без вреда для остального содержания. 3. Нарушена размерность результатов в ф. (3.2.4), ф. (3.2.6) и др., куда входит ф. (3.2.4). 4. Размерность аргументов функций экспоненты e^{x^2} и Бесселя I_0 , входящих в ф. (3.2.4), отличны от безразмерной. Также возникает вопрос о назначении запятой в аргументе функции Бесселя. 5. Как определялась масса изношенного абразивного материала по ф. (3.2.6) с. 148 от зернистости и затупления зерна (результаты в табл. 3.2.5 и рис. 3.2.8), если в формуле таких аргументов нет. 6. Нарушена размерность ф. (4.4.1) с. 194 для расчета температуры. При переходе к другой переменной интегрирования обозначенной буквой γ меняется также размерность пределов интегрирования. 7. В работе указывается с. 195, что предлагаемая модель по ф. (4.4.1) является стохастической, однако никаких ссылок на использование каких-либо распределений нет и оценок вероятности того, или иного результата тоже. 8. На с. 94 в табл. 1.6.3 приведены основные физические механизмы износа абразивного инструмента. Почему автор не рассматривает механизмы скалывания крупных частиц абразивного зерна и вырывание целого зерна из рабочей поверхности круга при самозатачивании. 9. В расчетные модели не входят такие параметры абразивного инструмента такие, как структура, твердость, вид связки. Можно ли подбирать круги без учета этих параметров. 10. Разработанные математические модели ориентированы на круглое врезное шлифование, можно ли их использовать для других схем шлифования.

3. Отзыв официального оппонента – **Носенко Владимира Андреевича**, д-ра техн. наук, профессора, зав. кафедрой «Технология и оборудование машиностроительных производств» Волжского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. Несмотря на большое количество литературных источников, приведенных в диссертации, автор не анализирует работы одного из основоположников теоретико-вероятностного подхода к процессу шлифования и динамике из-

менения показателей Ю.К. Новоселова. 2. Рис. 4.3.2а и В.3г свидетельствуют о неравномерной скорости подачи образца. В отдельных случаях царапины расположены настолько близко, что возможно царапание по навалам предыдущей царапины. Это отразится на фактической глубине царапины и износостойкости абразивного материала. Как добивались установки рабочей поверхности образца (поверхности для царапания) параллельно оси круга и перпендикулярно основной плоскости? 3. Чем обоснован выбор глубины микроцарапания 0,07 и 0,035 мм? Какому реальному режиму шлифования соответствуют данные глубины? 4. В табл. 4.4.1 приведены расчетные и экспериментальные данные температуры в зоне шлифования. Расчетные данные температуры в градусах даны с точностью до сотого знака после запятой. Какова погрешность измерения температуры и статистическая погрешность с учетом числа параллельных измерений? Подобные вопросы возникают к экспериментальным данным по составляющим силы резания и R_a . 6. Судя по рис. 3.3.1 образцы корунда не имеют строгой геометрической формы. В связи с этим, контакт куска корунда с образцом металла будет точечным. После отжига, особенно при небольшой температуре, сила сцепления между образцами также невысокая. В связи с этим целесообразно более подробно изложить методику приготовления поперечного сечения с обеспечением монолитности соединения и методику измерения длины модифицированной зоны, особенно со стороны низкой концентрации химического элемента, где погрешность изменения концентрации может превышать 50 %. 7. Известно, что исходный химический состав материала оказывает значимое влияние на диффузионное взаимодействие с материалом контртела. Экспериментальное определение коэффициента химического сродства выполнено на примере электрокорунда белого. Каким образом полученные данные переносили на электрокорунд нормальный или электрокорунды легированные? 8. Условия динамического взаимодействия зерна с металлом существенно отличаются от условий взаимодействия в статике, по крайней мере, давлением, температурой и скоростями их изменения. Реальные коэффициенты химического сродства при шлифовании будут иными. Использование статических коэффициентов химического сродства, равносильно, как и толщины

модифицированной прослойки для оценки интенсивности физико-химического взаимодействия оправдано. Применение коэффициентов химического сродства, полученных в статике для расчета износа в результате взаимодействия в конкретных условиях шлифования – проблематично.

9. Сила резания вершиной зерна в пределах толщины зоны контакта в общем случае изменяется от максимальной до нуля. Вероятность контакта вершины зерна с обрабатываемым материалом в этом же направлении уменьшается от единицы до нуля. Поэтому формирование площадки износа на вершине зерна также зависит от положения в зоне контакта. Как учитывали распределение вершин зерен по толщине зоны шлифования при расчете показателей в динамике процесса? 10. Как учитывали изменение площадки износа в результате скалывания вершины и возможное изменение первоначального положения? 11. В связи с тем, что диффузионное взаимодействие исследовано на электрокорунде, целесообразно внести ограничения на области применения соответствующих математических моделей.

4. Отзыв официального оппонента – **Козлова Александра Михайловича**, д-ра техн. наук, профессора, зав. кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет». Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. Первая глава диссертации перегружена описанием различных подходов к проектированию операций шлифования (объем главы – 79 страниц). В то же время не упомянуты работы известных отечественных ученых, занимавшихся исследованием процесса шлифования – Королев А.В., Новоселов Ю.К., Горленко О.А., Бишутин С.Г. 2. На с.133 автор искажает смысловое понятие «континуальность», рассматривая его не как «непрерывность», а как «... изменчивость во времени». 3. На с.199, 200 представлены логико-технологические карты шлифовального круга и ведется анализ их работоспособности. Неясно, как принимается решение – человеком или автоматически. Не представлены сравнительные результаты проектирования операций шлифования по традиционной технологии и предлагаемой методике - данные по времени, затрачиваемому на подбор шлифовальных кругов, моделирование и определение наиболее рациональных режимов обработки. 4. Представленные в Приложении Г «Вне-

дрение результатов работы» ссылки на справочники по абразивной обработке не содержат указаний на авторское участие в написании глав, что затрудняет оценку долевого участия соискателя. 5. В главе 3 приводятся иные, по сравнению с представленными в списке основных сокращений и условных обозначений (с.6-12), определения величин t_0 , σ . 6. На ряде графиков (глава 3, глава 4), где представлены результаты экспериментальных исследований, не указан диапазон варьирования полученных данных. 7. При прогнозировании шероховатости шлифованной поверхности (п.4.3, с.188) автор ссылается на имитационную модель Шипулина Л.В. [324]. Однако в выводе 2 по своей диссертации Шипулин Л.В. утверждает «На основе комплексного имитационного моделирования процесса плоского шлифования установлено, что количество взаимодействующих абразивных зерен составляет в среднем 30% от общего числа зерен в объеме рабочей поверхности круга...», что противоречит данным других исследователей. 8. На с.202 указывается, что «Как только какое-либо требование на операцию перестает выполняться, происходит функциональный отказ инструмента и ШК необходимо править [86]». В данном случае речь идет не о функциональном, а о параметрическом отказе, а ГОСТ 25751-83, на который имеется ссылка, не содержит определения функционального отказа. 9. Выводы по главам только констатируют полученные результаты, но не являются их обобщением. Общие выводы по работе громоздки.

5. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет»**, г. Омск, подписанный д-ром техн. наук, доцентом, профессором кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» Кузнецовой Викторией Николаевной. Отзыв положительный, со следующими замечаниями:

1. Проводились ли автором сравнения расчетных данных изменения зависимости напряжений, действующих в теле абразивного зерна, от температуры, с соответствующими результатами, полученными другими исследователями?
2. В чем заключается теоретическая значимость выполненной диссертации?

6. Отзыв из **ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**, г. Санкт-Петербург, подписанный д-ром

техн. наук, профессором, зав. кафедрой «Технология конструкционных материалов и материаловедение» Радкевичем Михаилом Михайловичем и д-ром техн. наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Никитковым Николаем Валентиновичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. В автореферате представлен расчет площадок затупления абразивных зерен для ограниченной номенклатуры обрабатываемых материалов. Хотелось бы видеть другие примеры. 2. В автореферате не представлено обоснование выбора материала шлифовального круга для исследования.

7. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»**, г. Новосибирск, подписанный д-ром техн. наук, доцентом, зав. кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» Ильиных Андреем Степановичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. Из автореферата не ясно, учитывалась ли форма абразивного зерна при моделировании процесса его износа (зависимости (4) и (5))? Если да, то чем обосновывается ее выбор? 2. Не ясно, что автор вкладывает в понятие «долговечность абразивного зерна», и каковы критерии ее оценки? 3. В автореферате отсутствуют пояснения к формулам, что затрудняет его прочтение.

8. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»**, г. Москва, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Кондаковым Александром Ивановичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. В автореферате отсутствует описание особенностей назначения режимов резания для зарубежного режущего инструмента (шлифовальных кругов), описание достоинств и недостатков таких методик. 2. Из автореферата не ясно, какие именно затраты относятся к переменной части себестоимости продукции, какой вид себестоимости рассматривался и рассчитывался в работе.

9. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»**, г. Барнаул, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Леоновым Сергеем Леонидовичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями:

1. Из автореферата непонятно, что означает термин "суммарная погрешность" на графиках рис. 18 и как она рассчитана. 2. Также непонятно, как учитывается стохастический характер процесса абразивной обработки и позволяют ли разработанные автором математические модели прогнозировать точность обеспечения показателей качества обработанных поверхностей (например – шероховатости обработанных деталей). 3. При анализе адекватности разработанных моделей в главах 3 и 4 автор использует значение относительной погрешности, а желательно применение статистических критериев.

10. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»**, г. Владимир, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Гусевым Владимиром Григорьевичем. Отзыв положительный, со следующим замечанием: Автор выполнил исследование эффективности операций шлифования применительно к условиям многономенклатурного производства лишь стандартными кругами, которые существенно уступают по эффективности (по производительности, качеству, периоду стойкости, экономии расхода абразивного, алмазного правящего инструмента и др.) более прогрессивным инструментам таким, как высокопористые шлифовальные круги, круги с дискретной режущей поверхностью и др., что ограничивает использование полученных результатов.

11. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого»**, г. Великий Новгород, подписанный д-ром техн. наук, профессором каф. «Технология машиностроения» Емельяновым Валерием Николаевичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. Интересно было бы увидеть результаты исследования пары «абразивный материал–обрабатываемый материал», которые крайне не рекомендуются справочниками к применению, например, электрокорунд–чугун, электрокорунд–быстрорежущая сталь и т.д. 2. Автор не касается такого важного с точки зрения эксплуатации абразивного инструмента явления, как засаливаемость круга. Это, безусловно, украсило бы работу.

12. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»**, г. Омск, подписанный д-ром техн. наук, профессором, зав.

кафедрой «Технология машиностроения» Моргуновым Анатолием Павловичем и канд. техн. наук, доцентом кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Реченко Денисом Сергеевичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. Что в работе понимается под термином «эффективность операций шлифования»? Какие критерии приняты для оценки эффективности? 2. На рисунке 3 приведены сравнительные данные основного времени и не ясно, о каких деталях идет речь. 3. В третьей главе приведены результаты исследований, посвященные износу абразивного зерна. Чем обоснован выбор формы абразивного зерна в виде усеченного конуса при моделировании взаимодействия абразивного зерна с заготовкой?

13. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»**, г. Иркутск, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Конструирования и стандартизации в машиностроении» Димовым Юрием Владимировичем и канд. техн. наук, доцентом кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств» Казимировым Денисом Юрьевичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. В автореферате показана связь периода стойкости абразивного инструмента с износом зерна, но нет данных о влиянии твердости шлифовального круга, особенно при выборе альтернативной характеристики круга при жестких условиях ограничений, рассматриваемых в работе. Аналогично не представлены данные такой же связи эксплуатационных показателей с засаливанием круга, что наиболее вероятно, нежели полный износ абразивного зерна. 2. В автореферате при описании методики континуального проектирования операции шлифования не отмечены механизмы наложения штрафов на результат выбора системой характеристики круга, негативно влияющего на эксплуатационные показатели деталей при выполнении требований по качеству и точности, что наблюдается, например, при плоском шлифовании титановых сплавов.

14. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»**, г. Комсомольск-на-Амуре, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Мокрицким Борисом Яковлевичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями:

1. В пункте 2 раздела автореферата «Внедрение результатов работы» не конкретизирован перечень предприятий, на которых осуществлено внедрение. 2. В последнем предложении страницы 3 вместо выражения «... новой методики проектирования...», лучше было бы применить фразу «...такой методики проектирования, которая позволяла бы ...». 3. В первом предложении страницы 3 автореферата соискатель зря столь занижает значимость задач, решением которых ежедневно занимаются технологи. Это не тривиальные задачи. Их решения определяют эффективность технологий. Другое дело, что сегодня для решения этих задач создано много программного обеспечения и справочных источников, они облегчают работу, но от этого она не стала тривиальной. 4. В заключении автореферата следовало бы отметить, что «решенные научные и практические задачи представляют собой в совокупности решение крупной научной проблемы, заключающейся в том, что ... Это позволяет её отнести к числу важнейших народохозяйственных с позиций высокопроизводительной обработки, в том числе, с позиций подготовки производства. Решение проблемы на данном уровне позволило сократить затраты времени на подготовку производства примерно в ...раз, повысить качество обработки на ...%, повысить производительность обработки на ...%, что в совокупности на примере одного промышленного предприятия, например, ..., позволяет получить экономический эффект около ..рублей в год и т.д.».

15. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»**, г. Уфа, подписанный засл. деятелем науки и техники, д-ром техн. наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Мухиным Виктором Сергеевичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. На рисунках (например, рис. 5 и 6) и в формулах (например, формулы 4, 5, 6, 7) много буквенных обозначений, но нет расшифровки этих параметров. 2. При усталостных испытаниях долговечность обычно оценивается числом циклов до разрушения или назначенной базой испытаний. Не ясно, какую долговечность дает расчет по формуле 4. 3. В реферате нет физических объяснений появлению экстремумов на кривых, приведенных на рис. 9 и 10. 4. Не ясно, отчего коэффициент сродства зависит от температуры. 5. В реферате указывается, что коэффициент сродства может

меняться (уменьшаться или увеличиваться) в 1,2 раза, 2,4 раза, 1,2 раза, 1,3 раза и т.д., в то время как коэффициент средства оценивается экспертно, приблизительно.

16. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»**, г. Курск, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» Колмыковым Валерием Ивановичем и канд. техн. наук, доцентом кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» Малыхиным Виталием Викторовичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В тексте автореферата (с. 13) недостаточно полно представлены, раскрыты составляющие в формуле (1) целевой функции, неясно как учитывается влияние химического состава заготовки. 2. Из содержания автореферата не ясно как изменяются качественные характеристики обработанной поверхности (численные значения), точность обработки в зависимости от износа, затупления абразивных зерен и круга в целом, как они учитываются в концептуально новом подходе к проектированию операций шлифования. 3. В содержании автореферата не определена возможность применения результатов работы для шлифования неметаллических конструкционных материалов, например, керметов, пластмасс, что ограничивает условия ее широкой реализации в механообработке. 4. В общих выводах работы желательно было бы представить оптимальные значения режимов резания, характеристики абразивных зерен, обеспечивающих наибольшую производительность обработки, наименьшие износ зерен, энергоёмкость процесса и шероховатость обработанной поверхности.

17. Отзыв из **ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»**, г. Севастополь, подписанный д-ром техн. наук, профессором, зав. кафедрой технологии машиностроения Братаном Сергеем Михайловичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. В работе нет анализа теоретических моделей процесса шлифования А.К. Байкалова, Д.Г. Евсеева, В.Ф. Макарова, А.М. Козлова, А.В. Королева, В.Н. Михелькевича, Ю.К. Новоселова, В.А. Сипайлова, В.К. Старкова, М.М. Тверского, О.Б. Федосеева, А.В. Якимова. 2. Представленная в работе модель не учитывает стохастических и динамических свойств процесса шлифования. 3. Для

описания износа абразивных зерен использованы детерминированные зависимости, которые не учитывают ряд параметров процесса, таких как масса, жесткость элементов технологической системы, что сужает возможную сферу их применения. 4. В автореферате отсутствуют формулировки объекта и предмета исследований. 5. Нет четкой ясности, для каких групп материалов можно применять результаты работы. Непонятно, например, возможно ли использовать полученные методики для шлифования титановых сплавов, где шлифовальный круг теряет свою режущую способность очень быстро.

18. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»**, г. Тюмень, написанный засл. работником высшей школы, д-ром техн. наук, профессором, зав. кафедрой «Станки и инструменты» Артамоновым Евгением Владимировичем. Отзыв положительный со следующим замечанием: Мелкие и плохо читаемые обозначения на графиках и рисунках автореферата.

19. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»**, г. Воронеж, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Болдыревым Александром Ивановичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В разделе «Заключение» на с. 28-32 приведены выводы по работе. Однако п. 6, 9, 10, 12 в основном приведены сведения, которые являются констатацией факта выполненных работ и не содержат путей развития полученных результатов. 2. В списке публикаций по теме диссертации, приведенном на с. 31-34, приведены работы, часть которых выполнена в соавторстве; список не отражает объем публикаций в печатных листах и не ясно, какая доля принадлежит лично автору исследования.

20. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»**, г. Новосибирск, подписанный д-ром техн. наук, профессором, зав. кафедрой технологии машиностроения Рахимяновым Харисом Магсумановичем. Отзыв положительный, со следующими замечаниями: 1. При описании научной новизны автор в пунктах 4 и 5 указывает разработку математических моделей. В первом случае – величины износа абразивного зерна, а во втором – размера площадки затупления абразивного зерна. Не ясна

суть различия данных понятий и, соответственно, представленных моделей. 2. На стр. 13 автореферата при описании формулы (1) указано, что она учитывает режущие свойства шлифовального круга. При этом в формуле представлена сумма времен. Следует пояснить, каким образом основное время определяет режущие свойства шлифовального круга. 3. На стр. 29 автореферата в выводе 4 показаны взаимосвязи химического состава обрабатываемого материала и характеристики интенсивности физико-химического износа (коэффициента сродства). К сожалению, вывод не содержит анализа этих зависимостей и рекомендаций по применению данных зависимостей при разработке операций шлифования с учетом установленных зависимостей.

21. Отзыв из **Белорусского национального технического университета**, г. Минск, р. Беларусь, подписанный д-ром техн. наук, профессором, зав. кафедрой «Технология машиностроения» Шелегом Валерием Константиновичем и канд. техн. наук, доцентом кафедры «Технология машиностроения» Боханом Сергеем Гавриловичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Не достаточно информации о принципиальном отличии понятий континуального и традиционного технологического проектирования. В предложенной модели износа зерен не учитывается факт засаливания круга, что может привести к искажению истинной картины процесса формирования шероховатости обрабатываемой поверхности.

22. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»**, г. Москва, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» Калашниковым Александром Сергеевичем. Отзыв положительный со следующим замечанием: Не ясно каким образом устраняется или снижается до минимума возможность возникновения прижогов и термических микротрещин на поверхности заготовок в процессе шлифования, спроектированного по разработанным методикам.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они являются ведущими специалистами в области технологии машиностроения, обработки материалов, имеют научные публикации по данному направлению в ведущих рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить научную новизну и

практическую ценность представленных на защиту результатов, обоснованность и достоверность полученных выводов. В ведущей организации и организациях, в которых осуществляют свою деятельность официальные оппоненты, выполнен значительный объем научных исследований, связанных с изучением процессов, рассматриваемых соискателем в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработано научное и технологическое обеспечение концептуально нового подхода к проектированию операций шлифования, реализуемых в условиях современного многономенклатурного производства, позволяющего повысить их эффективность за счет учета и прогнозирования работоспособности шлифовальных кругов (ШК);

разработана методика «континуального» проектирования операций шлифования, базирующаяся на учете изменения работоспособности ШК во времени эксплуатации инструмента;

разработана математическая модель площадки затупления абразивного зерна, которая позволяет спрогнозировать ее величину с учетом основных факторов эксплуатации инструмента – обрабатываемого материала, режимов шлифования, времени работы, параметров характеристики ШК;

разработана методика прогнозирования показателей работоспособности ШК, позволяющая прогнозировать работоспособность инструмента в широком диапазоне технологических условий его эксплуатации – при обработке различных материалов на различных режимах шлифования;

разработана экспериментальная методика определения коэффициента сродства между абразивным и обрабатываемым материалами, характеризующего интенсивность их физико-химического взаимодействия в процессах шлифования, на основании которой можно прогнозировать величину коэффициента в зависимости от концентрации химических элементов, входящих в состав обрабатываемого материала;

предложены пути повышения эффективности операций шлифования на основе применения разработанных методик проектирования операций

шлифования с учетом работоспособности ШК, а также текущей производственной ситуации;

доказано наличие взаимосвязи между величиной площадки затупления единичного абразивного зерна ШК, технологическими условиями эксплуатации и временем работы инструмента;

доказано влияние механического и физико-химического износа единичного абразивного зерна на величину размера площадки затупления;

доказана перспективность и целесообразность практического применения разработанных методик для проектирования эффективных операций шлифования в производственной практике, а также перспективность использования технологических рекомендаций, созданных с учетом работоспособности ШК;

введено понятие «континуальное» проектирование операций шлифования, подразумевающее проектирование операций шлифования с учетом времени эксплуатации инструмента и его работоспособности;

для существующего понятия «период стойкости абразивного инструмента» **разработана** оригинальная методика его определения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что работоспособность ШК «континуальна» – изменяется в зависимости от материала обрабатываемых заготовок и режимов шлифования, что существенно расширяет область применимости инструментов;

применительно к проблематике диссертации результативно **использован**: метод конечных элементов (МКЭ) – для оценки напряженного состояния абразивного зерна в процессах шлифования, натурный эксперимент – для определения величины физико-химического износа абразивного зерна в процессах шлифования;

изложены положения математического моделирования с использованием численных методов, обоснование выбора целевой функции и ограничений при моделировании процесса шлифования;

раскрыты актуальные проблемы проектирования операций шлифования в современных условиях многономенклатурного производства, особенности влияния условий эксплуатации ШК на величину износа его абра-

живных зерен и работоспособность;

изучены методы проектирования операций шлифования для широкого диапазона технологических условий эксплуатации ШК, очерчены внутренние и внешние противоречия, присущие существующим методикам проектирования операций шлифования, не учитывающим работоспособность ШК различных характеристик при их эксплуатации в условиях многономенклатурного производства;

проведена модернизация комплекса существующих имитационных моделей процессов шлифования, позволяющая реализовать методику «континуального» проектирования операций шлифования; модернизация методологической базы проектирования операций шлифования, позволяющая проектировать эффективные операции шлифования в условиях многономенклатурного производства на основе разработанной методики «континуального» проектирования операций шлифования.

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

разработаны и внедрены в действующее производство: методика прогнозирования работоспособности ШК, методика «континуального» проектирования операций шлифования на основе прогнозирования работоспособности ШК, а также методика разработки режимно-инструментального обеспечения операций шлифования с учетом работоспособности ШК в производственных условиях ООО «Челябинский тракторный завод – УралТРАК» (г. Челябинск), ПАО «Уральский завод тяжелого машиностроения» (г. Екатеринбург), ООО «Уральский механический завод» (г. Первоуральск), ПАО «Агрегат» (г. Сим), АО «Кыштымское машиностроительное объединение» (г. Кыштым), ООО «Уральский завод спецтехники» (г. Миасс) и др., что позволило повысить эффективность операций шлифования за счет рационального использования ресурса работоспособности инструмента, привело к сокращению основного технологического времени обработки различных заготовок, номенклатуры применяемого инструмента и снижению затрат на приобретаемый абразивный инструмент с суммарным экономическим эффектом 1 264 812 руб.;

определены направления и основные пути повышения эффективности операций шлифования в условиях многономенклатурного производства на основе:

разработанной методики прогнозирования работоспособности ШК, комплекса методик проектирования операций шлифования для условий многономенклатурного производства;

разработанной методики назначения марки абразивного материала при проектировании операций шлифования, а также полученным данным по средним величинам периода стойкости различных ШК;

разработанных технологических рекомендаций по назначению марки материала абразивных зерен, а также выбору величины периода стойкости ШК;

разработанных технологических рекомендаций по реализации методики «континуального» проектирования операций шлифования для условий многономенклатурного производства на основе прогнозирования работоспособности ШК;

разработанного алгоритмического и информационного обеспечения модуля технологической подготовки производства «T&Tool», позволяющего выполнять проектирование операций шлифования (выбор характеристики ШК и режима шлифования) для партий различных заготовок, подлежащих обработке в планируемом периоде времени.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использованы современные измерительные средства, в том числе запатентованные в качестве полезных моделей, использованы методы цифровой обработки сигналов и современное программное обеспечение, показана достаточная статистическая значимость результатов исследований;

теоретические исследования построены на проверяемых теоретических и экспериментальных данных и согласуются с ними; достоверность и обоснованность научных выводов, положений и полученных результатов базируется на основных положениях технологии машиностроения, теории резания материалов, математического моделирования с использованием

численно-аналитических методов, математической статистики, методов цифровой обработки сигналов;

идея диссертационного исследования базируется на анализе практики шлифования, использовании и обобщении передового опыта российских и зарубежных ученых в области проектирования эффективных операций шлифования, а также математическом моделировании процессов, протекающих при шлифовании, с учетом широкого диапазона технологических факторов;

использовано сравнение данных, полученных автором, с данными, полученными ранее другими авторами по исследуемой тематике;

установлено качественное отсутствие противоречий, а также качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором, и результатов, представленных в научных работах других ученых по проблематике диссертационной работы в независимых источниках периодической и справочной печати;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации, сравнение данных, полученных по разработанным автором методикам и моделям, с данными, полученными в ходе прямых экспериментов и другими учеными, а также с производственными данными.

Личный вклад соискателя состоит в: включенном участии на всех этапах процесса, определении цели, задач, непосредственном выполнении научных исследований, как теоретического, так и экспериментального характера, необходимых для решения поставленных задач и достижения цели диссертационной работы; разработке математических моделей – износа и площадки затупления абразивного зерна; методик «континуального» проектирования операция шлифования, прогнозирования работоспособности ШК, определения величины периода стойкости ШК, экспериментального определения величины коэффициента сродства абразивного и обрабатываемого материалов; разработке экспериментальных стендов – для испытаний ШК с целью определения их эксплуатационных показателей и проверки прогнозных моделей, а также стенда для исследования процесса микрорезания единичным абразивным зерном для проверки разработанной прогнозной модели;

обработке и интерпретации экспериментальных данных, полученных по результатам использования разработанных методик и испытательных стендов; промышленной апробации методик проектирования операций шлифования в условиях многономенклатурного производства, а также разработке информационного и алгоритмического обеспечения модуля технологической подготовки производства; обработке и интерпретации теоретических и экспериментальных данных, разработке рекомендаций по проектированию операций шлифования в части назначения марки абразивного зерна и определению величины периода стойкости ШК; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований и основной идейной линией, взаимосвязью решенных задач и полученных выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Ардашева Дмитрия Валерьевича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения повышения эффективности операций шлифования, выполняемых в условиях современного многономенклатурного производства на основе применения разработанной концептуально новой методики «континуального» проектирования операций шлифования, включающей в себя комплекс математических моделей и методик оценки износа абразивных зерен, определения периода стойкости и эксплуатационных показателей ШК, базирующейся на прогнозировании работоспособности ШК в широком диапазоне технологических условий их эксплуатации, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Работа соответствует критериям, установленным в разделе II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 26 октября 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Ардашеву Д.В. ученую степень доктора технических наук.

