

О Т З Ы В

**официального оппонента Бутенко Виктора Ивановича
на диссертационную работу Нагоркина Максима Николаевича
на тему «Надежность технологического обеспечения шероховатости и
износостойкости поверхностей деталей инструментами из синтетических
сверхтвердых материалов», представленную на соискание учёной
степени доктора технических наук по специальности
05.02.08 – «Технология машиностроение»**

1. Общие сведения о диссертации

Диссертационная работа Нагоркина М.Н. на тему «Надёжность технологического обеспечения шероховатости и износостойкости поверхностей деталей инструментами из синтетических сверхтвёрдых материалов» по поставленным целям, задачам исследований и содержанию соответствует паспорту научной специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения» по следующим областям исследований: п. 2 «Технологические процессы, операции, установки, позиции, технологические переходы и рабочие ходы, обеспечивающие повышение качества изделий и снижение их себестоимости»; п. 3 «Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения»; п. 7 «Технологическое обеспечение и повышение качества поверхностного слоя, точности и долговечности деталей машин».

Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы, включающего 349 наименований, 20 приложений. Диссертация выполнена на 374 страницах, из них 337 страниц основного текста, содержит 144 рисунка, 18 таблиц. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в 93 научных изданиях, в том числе 19 работ опубликовано в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, 6 работ опубликовано в изданиях, индексируемых в международной библиографической базе Scopus, издано четыре монографии с соавторами и без соавторов.

Диссертация прошла достаточно широкую апробацию на различного уровня научных, научно-технических конференциях, симпозиумах и семинарах, тематика которых совпадает с основными направлениями исследований, представленных соискателем в работе.

Личный вклад соискателя в решение поставленных задач исследований бесспорный и состоит в том, что основная часть представленных результатов исследований выполнены им лично, о чём свидетельствуют ссылки на работы автора, приведённые в конце глав 6, 7 и 8, а также анализ содержания опубликованных научных работ. Часть исследований выполнена в соавторстве с сотрудниками кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет». Принципиальные положения диссертационной работы соискателем опубликованы лично в ведущих журналах, рекомендованных ВАК РФ.

2. Актуальность темы диссертационных исследований

В процессе технологической подготовки производства решаются задачи выбора эффективных технологических средств обеспечения требуемых параметров качества и эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин. При этом рациональность выбора определяется достоверностью и полнотой информации о технологических возможностях методов обработки, позволяющей определить степень влияния управляющих факторов технологического процесса на формирование требуемых параметров качества и границы варьирования их значений. Важным критерием при выборе технологической системы является вероятность обеспечения регламентируемого параметра качества, которая в соответствии с ГОСТ 27.202-83 определяется как показатель параметрической надежности технологической системы.

Отсутствие такой информации в справочной и научной литературе затрудняет реализацию новых технологических процессов обработки деталей из конструкционных материалов (сталь, чугун), в частности, при использовании чистовых и финишных методов точения, фрезерования и поверхностного пластического деформирования алмазным выглаживанием с применением инструментов, оснащенных синтетическими сверхтвёрдыми материалами.

Кроме того, справочные сведения о различных методах обработки не учитывают индивидуальные технологические особенности конкретных технологических систем, применяемых в реальном производстве и связанных с характеристиками используемой оснастки, физическим износом технологического оборудования и другими факторами.

Таким образом, в настоящее время в машиностроительном производстве существует актуальная проблема, связанная с исследованием состояния технологических систем, направленным на повышение надёжности технологического обеспечения параметров качества поверхностей деталей при чистовой и финишной обработке инструментами, оснащёнными синтетическими сверхтвёрдыми материалами.

В диссертационной работе обозначенная проблема решается на основе комплексного подхода к исследованию технологических возможностей чистовых и финишных технологических систем лезвийной обработки инструментами с синтетическими сверхтвёрдыми материалами с последующим алмазным выглаживанием поверхностного слоя деталей (наряду с другими технологическими системами) и определению их параметрической надёжности по требуемым показателям шероховатости и износостойкости с применением разработанного метода экспресс-диагностики технологической системы, что позволит повысить эффективность принимаемых конструкторских и технологических решений.

В связи с этим, актуальность диссертационной работы соискателя, посвященной решению указанной проблемы, сомнений не вызывает, а полученные результаты выполненных исследований перспективны для машиностроительного производства.

3. Научная новизна и новые результаты

Научная новизна выдвинутых и обоснованных в диссертационной работе положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнения, так как в ней соискателем впервые решена проблема повышения надёжности технологического обеспечения параметров шероховатости и эксплуатационных свойств (на примере износостойкости) поверхностей деталей машин при их чистовой и финишной обработке с последующим поверхностным пластическим деформированием инструментами, оснащёнными синтетическими сверхтвёрдыми материалами, за счёт выбора соответствующей технологической системы из множества альтернативных по критерию максимума параметрической надёжности.

В качестве новых научных результатов автором диссертационного исследования:

- разработаны теоретические основы назначения интегральных технологических значений параметров шероховатости поверхностей деталей машин в технологической документации, заключающиеся в замене задаваемых конструктором их точечных средних значений на интегральные;

- сформулированы научные основы оценки параметрической надёжности технологических систем механической обработки по обеспечению характеристик качества и эксплуатационных свойств поверхностей деталей в заданных интервалах, включающие построение физико-статистических моделей их формирования, реализацию и обработку результатов машинных экспериментов;

- разработана научно-обоснованная методология определения параметрической надёжности технологической системы механической обработки деталей по параметрам качества поверхностей методом имитационного моделирования;

- разработаны модели влияния динамических свойств одноинденторных инструментов упругого действия при обработке поверхностным пластическим деформированием плоских и цилиндрических поверхностей деталей с дифференцируемыми отклонениями от плоскостности или круглости на формирование геометрических параметров качества и критерии оценки технологической устойчивости процесса поверхностного пластического деформирования с учётом технологических факторов и конструктивных параметров инструмента;

- разработаны модели неустойчивости эксплуатационных воздействий (нагрузки P , скорости относительного скольжения V) на поверхности трибоэлементов по характеру изменений во времени и в пространстве, позволяющие обосновать требуемую закономерность изменения значений параметров качества по поверхности детали, что позволяет обеспечить её равномерный износ;

- разработаны модели и принципы программного управления процессом формирования параметров качества, значения которых закономерно изменяются по поверхности детали в соответствии с характером изменений эксплуатационных нагрузок, что позволяет обеспечить равномерный износ поверхности.

4. Достоверность полученных результатов и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность результатов исследований обеспечивается использованием соискателем реальных данных при построении математических моделей формирования параметров качества в процессе обработки и их адекватностью, удовлетворительным совпадением результатов физического моделирования процессов обработки с теоретическими выводами, а также согласованностью отдельных результатов с работами других авторов.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях с применением станочного оборудования и современных измерительных систем с использованием методов планирования эксперимента и корреляционного анализа. Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась с использованием как стандартных, так и авторских программ.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием известных научных методов и подходов в области технологии машиностроения, инженерии поверхности, теории надёжности, теории вероятностей и математической статистики, теории математического моделирования, теории автоматического управления.

Предложенный в работе комплексный подход к экспериментальным исследованиям позволил получить большой объем информации о технологических возможностях исследуемых технологических систем и оценить их параметрическую надежность по показателям шероховатости и износостойкости обрабатываемых поверхностей деталей, а также подтвердить полученные теоретические положения:

- о технологической устойчивости процессов обработки поверхностей деталей методами поверхностного пластического деформирования инструментами упругого действия;

- концепции управления формированием закономерно изменяющихся параметров качества поверхности детали для обеспечения её равномерного изнашивания при закономерно изменяющихся эксплуатационных нагрузках вдоль пути трения.

Обоснованность полученных в работе рекомендаций также подтверждается внедрением отдельных результатов диссертационной работы в ООО НПО «Группа компаний машиностроения и приборостроения», ЗАО «Клондайк электроникс».

5. Значимость для науки и практики полученных результатов исследований

Значимость работы для науки заключается в разработке методологической основы для исследования и повышения параметрической надёжности технологических систем, для которой:

- теоретически обоснована методология назначения технологических

значений параметров шероховатости обрабатываемых поверхностей деталей, обеспечивающая выполнение требований конструкторской документации с заданной надёжностью;

– разработаны теоретические основы оценки параметрической надёжности технологической системы механической обработки по обеспечению параметров качества поверхностей деталей путем построения физико-статистических моделей формирования параметров качества и применения имитационного моделирования;

– разработано теоретическое обоснование необходимости управления формированием закономерно изменяющихся параметров качества поверхности детали для обеспечения её равномерного изнашивания при изменяющихся эксплуатационных нагрузках на основе пространственно-временных моделей силового и скоростного контактных воздействий на поверхности деталей типовых соединений трения скольжения;

– разработаны теоретические основы построения моделей изменения управляющих факторов в процессе обработки на основе физико-статистического моделирования процессов формирования параметров качества, в том числе с учётом механизма технологического наследования, позволяющие реализовать программное управление в технологических системах с ЧПУ обеспечением закономерно изменяющихся параметров качества поверхностного слоя.

Практическая значимость работы заключается в:

– реализации на основе полученных физико-статистических моделей возможности технологического управления геометрическими параметрами качества поверхностей деталей и их триботехническими характеристиками чистовой обработкой резанием с последующей финишной обработкой поверхностным пластическим деформированием инструментами, оснащёнными синтетическими сверхтвёрдыми материалами как без, так и с модификацией поверхности мягкими приработочными плёнками;

– возможности использования комплекса результатов выполненных исследований параметрической надёжности технологической системы чистовой лезвийной обработки деталей и обработки поверхностным пластическим деформированием инструментами с синтетическими сверхтвёрдыми материалами, а также комбинированной антифрикционной обработки по параметрам шероховатости плоских и цилиндрических поверхностей и износостойкости цилиндрических поверхностей деталей с целью выбора технологической системы из ряда альтернативных;

– созданию компьютеризированных измерительных систем оценки геометрических параметров качества поверхностей деталей и их металлографического анализа;

– реализации новых технологий формирования микрорельефов на поверхностях деталей обработкой поверхностным пластическим деформированием программным способом в технологических системах с ЧПУ;

– реализации технологии формирования закономерно изменяющихся параметров качества по поверхности детали с целью обеспечения её равномерно-

го изнашивания при действии изменяющихся эксплуатационных нагрузок;

– разработке и реализации программного метода экспресс-диагностики технологических систем по параметрам качества и триботехническим характеристикам поверхностей, включающей этапы планирования эксперимента, обработки деталей, измерения параметров качества и эксплуатационных свойств поверхностного слоя, построения моделей их формирования и оценки параметрической надёжности технологических систем.

6. Оценка содержания работы, ее завершенность

Содержание диссертации охватывает все основные вопросы поставленных в ней задач и определивших научную новизну работы. Диссертационная работа логически структурирована, написана на понятном языке с использованием терминологии, принятой в исследуемой области знаний; материал диссертации изложен четко и грамотно, хорошо иллюстрирован. Последовательность изложения материала создает целостное представление о содержании диссертации и подчёркивает аргументированность сделанных автором выводов, положений и формулировок. По отдельным главам и по работе в целом сделаны соответствующие выводы, адекватно отражающие полученные научные и практические результаты и законченность решений по каждой поставленной задаче исследований.

С поставленными научными задачами диссертант полностью справился, а представленная им диссертационная работа соответствует критерию завершенности, так как в ней решена актуальная проблема определения и повышения параметрической надёжности технологической системы по обеспечению параметров шероховатости и износостойкости поверхностей деталей при лезвийной и упрочняющей обработке их инструментами, оснащёнными синтетическими сверхтвёрдыми материалами, что имеет важное народнохозяйственное значение.

7. Замечания по диссертационной работе

1. Диссертационная работа выглядела более весомой, если бы автор для достижения поставленной цели исследований в начале второй главы выдвинул рабочую гипотезу о зависимости параметров качества и эксплуатационных свойств поверхностного слоя обрабатываемых деталей от параметрической надёжности используемой технологической системы, которая стала бы объединяющим звеном для всех выполненных исследований.

2. К сожалению, в диссертации проблема повышения параметрической надёжности технологических систем решалась только по параметрам шероховатости и волнистости обрабатываемых поверхностей деталей машин, в то время как на износостойкость их существенное влияние оказывают показатели физико-механического состояния материала поверхностного слоя. В связи с этим хотелось бы пожелать соискателю продолжить исследования надёжности технологических систем по обеспечению требуемых условиями эксплуатации по-

казателей физико-механического состояния материала поверхностного слоя деталей узлов трения.

3. Теоретические основы определения параметрической надежности технологических систем по параметрам качества обрабатываемых поверхностей деталей и соответствующие методы расчета (глава 2) базируются только на применении планов активного эксперимента первого порядка. Планы более высоких порядков, которые могут оказаться более эффективными, автором не рассмотрены.

4. В разделе 1.3, посвящённом описанию методов чистовой и финишной обработки поверхностей деталей машин инструментами, оснащёнными синтетическими сверхтвёрдыми материалами, автор не анализирует процесс виброабразивной обработки поверхностей деталей, который нашёл широкое применение в машиностроительном производстве.

5. В разделе 1.4 «Антифрикционная обработка поверхностей деталей машин. Совершенствование существующих и синтез новых технологических систем» следовало бы проанализировать работы академика В.И. Колесникова и профессора И.В. Колесникова о процессах переноса металлов в контактной зоне сопряжённых поверхностей деталей, так как в работе приводятся результаты исследований состояния поверхностного слоя деталей после обработки их точением композитом 10 с последующей модификацией поверхности нанесением фрикционным и химическим способами мягких прирабочных плёнок из медесодержащих материалов (разделы 5.2.2, 5.2.3). Возможно, что сохранность создаваемой на поверхности детали после алмазного выглаживания мягкой прирабочной плёнки во многом зависит от переносной способности элементов, входящих в неё.

6. Автор рассматривает технологические системы обработки поверхностей, модифицированных медесодержащими материалами (медь, латунь) фрикционным и химическим методами. Однако в работе не рассматриваются другие модифицирующие материалы и методы нанесения антифрикционных покрытий. Это замечание относится также к исследованиям формирования триботехнических характеристик в процессе обработки (главы 5, 6).

7. Волнистость поверхности в подавляющем большинстве случаев является нежелательной и её стараются исключить технологическими методами, особенно перед этапами чистовой и финишной обработки. Рассматривая в главе 4 динамические процессы, протекающие при алмазном выглаживании поверхностей деталей инструментами упругого действия, автор использует параметры волнистости как входные факторы динамической модели и включает их в полученные теоретические зависимости и критерии устойчивости. Возникает вопрос: целесообразно ли такой подход к выводу теоретических зависимостей (4.39) – (4.42), (4.63), (4.64), определяющих устойчивость рассматриваемых динамических моделей?

8. В разделе 4.2.2. на стр. 149 автор вводит понятие «технологической устойчивости процесса по параметрам качества», сущность и значимость которого раскрывает в других разделах (4.3, 4.4 и других). Было бы целесообразно выделить отдельный раздел, посвящённый технологической устойчивости про-

цесса по параметрам качества, приведя в нём критерии обеспечения технологической устойчивости. При этом важно было бы показать связь технологической устойчивости процесса с технологической надёжностью используемой технологической системы.

9. Экспериментальные исследования автор проводил на деталях из чугуна СЧ20 (плоские поверхности после чистового фрезерования) и стали 45 (цилиндрические поверхности после чистового точения). Было бы целесообразно дать рекомендации по использованию полученных результатов исследований при обработке деталей из легированных сталей и хромоникелевых сплавов, которые широко используются в сопряжениях деталей узлов скольжения.

10. Принятые в главе 7 границы областей факторного пространства при исследовании триботехнических характеристик пар трения скольжения автором недостаточно обоснованы.

11. Для полученных автором эмпирических зависимостей (5.8) – (5.11), (6.1) и на стр. 267, 268 не указаны области допустимого варьирования в них независимых переменных (параметров).

12. В тексте диссертационной работы очень много сокращений (перечень их приведён в конце диссертации на стр. 294 – 295), что затрудняет чтение диссертации. На стр. 143 автором использованы не корректные определения: «отлетать» (лучше было бы «отрываться»), «пролёт» (лучше было бы «фаза полёта» как на стр. 149).

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением ВАК о порядке присуждения учёных степеней

Диссертационная работа Нагоркина Максима Николаевича на тему «Надёжность технологического обеспечения шероховатости и износостойкости поверхностей деталей инструментами из синтетических сверхтвёрдых материалов» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема повышения надёжности технологического обеспечения параметров шероховатости и износостойкости поверхностей деталей машин при лезвийной и упрочняющей обработке поверхностным пластическим деформированием инструментами из синтетических сверхтвёрдых материалов за счёт выбора соответствующей технологической системы из числа альтернативных по критерию максимума параметрической надёжности, имеющая важное народнохозяйственное значение.

Тема диссертации актуальна, а полученные диссертантом новые научные результаты обладают научной новизной и практической значимостью, вносят существенный вклад в развитие науки и практики в области технологии машиностроения. Основные результаты исследований внедрены в современное машиностроительное производство и используются в учебном процессе в Брянском государственном техническом университете.

Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы теоретически и экспериментально, прошли необходимую апробацию в научной

печати и на профильных научных конференциях и семинарах.

Анализ содержания автореферата, представленного на 32 страницах, свидетельствует о том, что он полностью отражает содержание выполненной диссертационной работы и соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям.

Отмеченные недостатки и замечания по диссертационной работе не являются принципиальными и в большинстве своём носят рекомендательный характер. Некоторые из них обусловлены широтой поставленных автором диссертации целей и задач исследований, связанных с решением проблемы повышения надёжности технологического обеспечения показателей качества и эксплуатационных свойств поверхностей деталей, подвергаемых чистовым и финишным методам обработки.

Считаю, что представленная диссертационная работа на тему «Надёжность технологического обеспечения шероховатости и износостойкости поверхностей деталей инструментами из синтетических сверхтвёрдых материалов» по своему содержанию, актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований, а также научной и практической значимости полностью соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а её автор – Нагоркин Максим Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.08 – «Технология машиностроения».

Официальный оппонент, доктор технических наук (специальность 05.02.08 – «Технология машиностроения»), профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Бутенко Виктор Иванович
24.01.2020г.

Адрес: 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
тел.: 8-863-2-738-385; e-mail: butenkowiktor@yandex.ru

Подпись д.т.н., проф. Бутенко Виктора Ивановича удостоверяю

Учёный секретарь Учёного Совета

В.Н. Анисимов