

В диссертационный совет 24.2.385.03 на базе  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Санкт-Петербургский  
государственный университет промышленных  
технологий и дизайна»

### **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу  
**Рязанского Валерия Павловича** на тему  
«Совершенствование контроля качества производства изделий  
машиностроения на основе разработки научно-практического  
статистического инструментария», представленную на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности  
2.5.22. «Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация  
производства».

**Актуальность темы** диссертационного исследования обусловлена современными требованиями к повышению эффективности и устойчивости производственных процессов в машиностроении, а также необходимостью обеспечения высокого уровня качества и надёжности изделий, изготавливаемых методами высокоточной механической обработки. В условиях реализации национальных программ развития промышленности, в том числе направленных на технологическую независимость и импортозамещение, особое значение приобретает совершенствование научно-практических инструментов управления качеством продукции.

Качество и надёжность изделий машиностроения в значительной степени определяются стабильностью процессов механообработки, прежде всего операций шлифования, применяемых при изготовлении ответственных деталей трансмиссий, подшипниковых узлов и других элементов, работающих в условиях повышенных нагрузок и неблагоприятных факторов эксплуатации. Практика показывает, что значительная доля отказов таких изделий связана не с конструктивными дефектами, а с скрытыми отклонениями параметров точности и шероховатости, возникающими вследствие нестабильности технологических процессов.

Несмотря на широкое распространение методов статистического управления процессами (SPC), применяемые в настоящее время контрольные

карты в основном ориентированы на массовые и устойчивые процессы с близкими к нормальным распределениями контролируемых параметров. В условиях высокоточной механообработки, характеризующейся асимметричными распределениями, автокоррелированными выборками, наличием выбросов и жёсткими допусками, традиционные карты Шухарта и стандартные схемы CUSUM нередко демонстрируют недостаточную чувствительность к малым, но технологически значимым сдвигам, либо приводят к росту числа ложных тревог. Это, в свою очередь, снижает эффективность управления качеством и негативно отражается на показателях воспроизводимости процессов.

В этой связи актуальной является задача разработки и обоснования усовершенствованных статистических инструментов контроля качества, позволяющих адаптивно настраивать параметры контрольных карт, учитывать особенности реальных производственных данных и обеспечивать целенаправленное повышение индексов воспроизводимости процессов механообработки. Особую значимость приобретает разработка методов выбора параметров контрольных карт на основе количественных критериев эффективности, а также экономико-статистических подходов, учитывающих стоимость брака и ложных срабатываний.

Таким образом, диссертационное исследование, направленное на разработку научно-практического статистического инструментария контроля качества процессов механообработки изделий машиностроения, является своевременным, востребованным и актуальным как с научной, так и с прикладной точки зрения. Полученные результаты ориентированы на решение реальных производственных задач и соответствуют современным тенденциям развития систем управления качеством продукции в машиностроительной отрасли.

**Степень разработанности проблематики** статистического управления качеством производственных процессов достаточно широко представлена в трудах отечественных и зарубежных исследователей. Теоретические основы управления качеством и статистического контроля процессов были заложены в работах У. Шухарта, Г. Доджа, Х. Роминга, Д. Деминга, Дж. Джурана и А. Фейгенбаума, в которых сформированы базовые принципы контроля стабильности процессов и предотвращения дефектов. Значительный вклад в развитие методологии внесла японская школа управления качеством, представляемая работами К. Исикавы, Г. Тагути и Х. Кумэ, что способствовало интеграции статистических методов в системы менеджмента качества и международные стандарты серии ISO 9000.

В отечественной научной школе вопросы управления качеством и применения статистических методов получили развитие в трудах Б.А. Дубовикова, Ю.П. Адлера, А.И. Орлова, В.И. Гиссина, А.М. Кузьмина и других исследователей. В этих работах сформированы методологические основы применения контрольных карт Шухарта, карт кумулятивных сумм и других инструментов SPC для анализа и стабилизации производственных процессов.

В то же время анализ научных публикаций и практических методик показывает, что существующие подходы в значительной степени ориентированы на массовые и относительно устойчивые процессы с предположением нормальности распределений контролируемых параметров. При этом недостаточно проработанными остаются вопросы применения статистического контроля в условиях высокоточной механообработки, характеризующейся жёсткими допусками, асимметричными и «загрязнёнными» выборками, а также высокой чувствительностью экономических показателей к малым отклонениям параметров процесса.

Имеющиеся методики построения контрольных карт, как правило, не содержат формализованных процедур выбора параметров средней длины серии, порогов срабатывания и объёмов подгрупп с учётом технологической и экономической значимости возможных сдвигов. Кроме того, в научной литературе ограничено представлены результаты, связывающие параметры процессов шлифования с показателями воспроизводимости и экономическими потерями от брака и ложных тревог. Вопросы оптимального выбора пар контрольных карт для одновременного контроля уровня и изменчивости процесса также освещены фрагментарно и не имеют единого научно-практического решения.

Таким образом, несмотря на высокий уровень общей разработанности теории статистического управления качеством, в настоящее время сохраняется потребность в развитии научно-практического статистического инструментария, адаптированного к условиям высокоточной механообработки изделий машиностроения. Это определяет необходимость дальнейших исследований, направленных на разработку и обоснование усовершенствованных контрольных карт и методов их настройки, ориентированных на повышение индексов воспроизводимости и снижение экономических потерь в реальных производственных условиях, что и обусловило постановку цели и задач рассматриваемой диссертационной работы.

**Структура и содержание диссертационной работы** представляет собой завершённое научное исследование, выполненное на актуальную

научно-практическую тему и обладающее логичной структурой и последовательным изложением материала. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и выводов, списка литературы из 157 наименований, приложений. Основной текст диссертации изложен на 223 страницах, содержит 11 рисунков и 35 таблиц. Материал изложен последовательно, выводы по главам логически следуют из результатов исследования, оформление и стиль изложения соответствуют требованиям к научно-квалификационным работам.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, определены объект и предмет исследования, изложены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о научной новизне, теоретической и практической значимости полученных результатов, а также об их апробации и внедрении.

Первая глава носит обзорно-аналитический характер и посвящена анализу существующих методов статистического управления качеством производственных процессов механообработки. Рассматриваются теоретические основы контрольных карт Шухарта и карт кумулятивных сумм, их эволюция, область применимости и ограничения при использовании в условиях высокоточной механической обработки. Особое внимание уделено вопросам оценки воспроизводимости процессов и анализу показателей  $\bar{C}_p$  и  $C_{pk}$ , а также связи статистических характеристик процессов с экономическими показателями качества. По результатам критического анализа сформулированы основные направления дальнейших исследований.

Во второй главе разработан научно-практический статистический инструментарий контроля качества процессов механообработки на основе усовершенствованных карт кумулятивных сумм и модифицированных контрольных карт Шухарта. Приведены математические модели, алгоритмы расчёта показателей средней длины серии, а также табличные данные для выбора параметров контрольных карт. Представлены новые подходы к построению карт уровня и изменчивости процесса, ориентированные на минимизацию задержки обнаружения технологически значимых сдвигов при заданном уровне ложных тревог.

Третья глава посвящена разработке метода определения оптимальной средней длины контрольной карты на основе многокритериальной экономико-статистической оптимизации. В главе формализована интегральная функция потерь, учитывающая стоимость брака и стоимость ложных срабатываний, обоснованы принятые допущения и предложен алгоритм выбора оптимальных параметров контроля. Кроме того, разработан метод выбора оптимальной пары контрольных карт для одновременного контроля уровня и изменчивости

процесса механообработки на основе совокупности критериев эффективности, чувствительности и робастности.

В четвёртой главе приведена апробация разработанных методов и статистического инструментария на примере процессов шлифования изделий машиностроения. Представлены результаты практического применения предложенных контрольных карт и методов их настройки, а также количественная оценка влияния внедрения разработанных решений на показатели воспроизводимости процессов. Показано статистически значимое улучшение индексов  $C_p$  и  $C_{pk}$  и снижение уровня дефектности, что подтверждает практическую эффективность и прикладную ценность полученных результатов.

В заключении и выводах обобщены основные результаты диссертационного исследования, сформулированы выводы по каждому из поставленных задач и обозначены направления дальнейших исследований.

В целом структура диссертационной работы является логически выверенной, содержание глав соответствует поставленной цели и задачам исследования, а изложенные материалы свидетельствуют о завершённости и целостности выполненного научного исследования.

**Научная новизна** диссертации заключается в развитии и уточнении методов статистического управления качеством процессов механообработки изделий машиностроения за счёт разработки и обоснования нового научно-практического статистического инструментария, ориентированного на повышение индексов воспроизводимости технологических процессов в условиях высокоточной обработки.

В диссертационной работе получены следующие основные научные результаты, обладающие научной новизной:

1. Разработан статистический инструментарий контроля качества для карт кумулятивных сумм, основанный на выборочном среднем и выборочном стандартном отклонении, включающий таблицы для выбора параметров карт и рекурсивные формулы для вычисления начальных моментов длины серии. Отличительной особенностью предложенного подхода является его построение в широком диапазоне параметров контрольных карт и объёмов подгрупп, что позволяет повысить чувствительность контроля к малым устойчивым сдвигам процесса механообработки.

2. Разработаны контрольные карты на основе выборочного среднего, стандартного отклонения, винзоризованного среднего и винзоризованной дисперсии, которые, в отличие от традиционных карт Шухарта, обладают минимальной средней длиной серии при заданном технологически значимом

сдвиге параметров процесса. Это обеспечивает целенаправленное повышение оперативности обнаружения отклонений при сохранении требуемого уровня ложных тревог.

3. Предложен метод определения оптимальной средней длины контрольной карты, основанный на многокритериальной экономико-статистической оптимизации, учитывающей стоимость брака и стоимость ложных срабатываний. Метод позволяет формализовать выбор параметров контрольных карт с учётом реальных производственно-экономических условий, что ранее в рамках задач статистического контроля процессов механообработки в явном виде не рассматривалось.

4. Разработан метод выбора оптимальной пары контрольных карт для одновременного контроля уровня и изменчивости процесса, отличающийся использованием совокупности критериев, характеризующих эффективность, чувствительность и робастность статистических процедур. Предложенный метод обеспечивает согласованную настройку контрольных карт и ориентирован на повышение воспроизводимости процессов высокоточной механообработки изделий машиностроения.

Совокупность полученных результатов расширяет существующие представления о возможностях адаптивной настройки инструментов статистического управления качеством и вносит вклад в развитие теории и методологии SPC применительно к условиям высокоточной механообработки, характеризующейся жёсткими допусками и повышенными требованиями к стабильности технологических процессов.

**Теоретическая значимость** диссертационной работы состоит в развитии и уточнении методологии статистического управления качеством применительно к процессам высокоточной механообработки изделий машиностроения. В работе расширены представления о возможностях использования контрольных карт в условиях отклонения реальных производственных данных от классических допущений нормальности и независимости наблюдений. Предложенные модели и методы позволяют формализовать выбор параметров контрольных карт на основе показателей средней длины серии и их статистических характеристик, а также учёта экономических последствий ошибок I и II рода. Полученные результаты дополняют теорию SPC новыми подходами к адаптивной настройке карт уровня и изменчивости процесса и могут быть использованы при дальнейшем развитии методов статистического контроля и оптимизации производственных процессов.

**Практическая значимость** работы заключается в возможности непосредственного использования разработанного научно-практического

статистического инструментария в системах управления качеством предприятий машиностроительной отрасли. Предложенные контрольные карты и методы их настройки ориентированы на реальные условия серийного производства и позволяют повысить воспроизводимость процессов механообработки за счёт более оперативного обнаружения технологически значимых отклонений и снижения доли ложных тревог. Практическая применимость результатов подтверждена их внедрением в производственную деятельность акционерного общества «Брянский автомобильный завод», где использование разработанных методов позволило повысить значения индексов воспроизводимости процессов и снизить уровень дефектности выпускаемой продукции, что подтверждено актом внедрения.

Разработанные методики и алгоритмы могут быть использованы при проектировании и модернизации систем статистического управления процессами, при разработке внутренних регламентов контроля качества, а также в учебном процессе при подготовке специалистов в области управления качеством и организации производства.

**Достоверность и обоснованность** научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе, обеспечиваются корректным выбором и последовательным применением современного математико-статистического аппарата, а также использованием адекватных моделей и методов анализа данных. При решении поставленных задач автором применялись методы теории вероятностей и математической статистики, численные методы, методы имитационного моделирования, в том числе метод Монте-Карло, что позволило получить воспроизводимые и устойчивые результаты.

Обоснованность полученных выводов подтверждается строгой постановкой задач, логической взаимосвязью между теоретическими положениями и результатами вычислительных и экспериментальных исследований, а также согласованностью аналитических оценок с результатами численного моделирования. Приведённые в работе табличные и графические данные по характеристикам средней длины серии и показателям воспроизводимости процессов демонстрируют внутреннюю непротиворечивость и соответствие теоретическим ожиданиям.

Достоверность результатов дополнительно подтверждается апробацией основных положений диссертационной работы на научно-практических конференциях, а также публикацией результатов исследования в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России. Практическая проверка разработанных методов в условиях реального производства, а также наличие акта внедрения

свидетельствуют о надежности и прикладной состоятельности полученных научных результатов.

В целом можно заключить, что представленные в диссертационной работе научные положения и выводы являются обоснованными и достоверными, а применённые методы исследования соответствуют уровню и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.5.22.

**Апробация результатов** заключается в том, что основные научные результаты диссертационной работы получили положительную оценку научного сообщества. Положения и выводы исследования докладывались и обсуждались на ряде всероссийских и международных научно-практических конференций, посвящённых вопросам управления качеством, математического моделирования и применения статистических методов в машиностроении. Апробация результатов позволила подтвердить их научную состоятельность и практическую значимость.

По теме диссертации автором опубликовано 17 научных работ, в том числе 8 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России по специальности 2.5.22, а также публикации в сборниках трудов научных конференций. Кроме того, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, что подтверждает прикладной характер и завершённость разработанных решений. Публикации в полной мере отражают основные научные результаты диссертационного исследования, его цели, задачи и выводы.

Согласно представленным материалам диссертации и автореферата, все основные научные результаты, связанные с разработкой статистического инструментария контроля качества, формализацией методов оптимизации параметров контрольных карт, а также с проведением вычислительных экспериментов и анализом их результатов, получены автором лично. Вклад соавторов в совместных публикациях носил консультативный и дискуссионный характер и не затрагивал ключевых научных положений, выносимых на защиту.

Таким образом, объём и характер апробации результатов, количество и уровень публикаций, а также степень личного участия автора в получении научных результатов соответствуют требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.5.22.

Полученные результаты соответствуют пунктам 8 и 9 паспорта научной специальности 2.5.22.: пункт 8. Разработка научно-практического статистического инструментария управления качеством; пункт 9. Разработка

и совершенствование научных инструментов оценки, мониторинга и прогнозирования качества продукции и процессов.

Разработанные автором методы и модели статистического контроля качества процессов механообработки, усовершенствованные контрольные карты, а также экономико-статистические подходы к выбору параметров контроля непосредственно направлены на решение задач управления качеством и повышения воспроизводимости производственных процессов. Тематика, цели и основные результаты диссертационного исследования полностью укладываются в рамки указанной научной специальности и соответствуют требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по направлению 2.5.22.

#### **Замечания по диссертационной работе**

При общей положительной оценке диссертационной работы и её высокой научно-практической значимости, следует отметить ряд замечаний и дискуссионных моментов, не носящих принципиального характера.

1. В ряде разделов, посвящённых экономико-статистической оптимизации параметров контрольных карт, целесообразно было бы более подробно обосновать чувствительность полученных оптимальных решений к вариации исходных экономических параметров, в частности стоимости брака и ложных срабатываний.

2. При рассмотрении процессов механообработки в работе в основном используется модель независимых выборок. В то же время для ряда реальных производственных процессов может быть характерна выраженная автокорреляция, влияние которой на эффективность предложенных контрольных карт могло бы быть дополнительно проанализировано.

3. В диссертации приведены обширные табличные данные для настройки контрольных карт. В целях повышения наглядности результатов было бы полезно дополнить изложение обобщающими графическими иллюстрациями, демонстрирующими сравнительную эффективность предлагаемых методов.

4. Отдельные фрагменты текста носят несколько перегруженный математическими деталями характер, что может затруднять восприятие материала инженерно-практическими специалистами, не имеющими углублённой подготовки в области математической статистики.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы, носят частный характер и могут рассматриваться как направления для дальнейшего развития и уточнения полученных результатов.

### **Заключение**

Автореферат полно отражает содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту. Результаты диссертационного исследования достаточно полно апробированы и опубликованы: по теме диссертации опубликовано 17 работ, в том числе 8 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, а также получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация Рязанского Валерия Павловича выполнена на высоком научном уровне, обладает научной новизной, теоретической значимостью и практической ценностью. Работа является самостоятельным завершённым научно-квалификационным исследованием, содержит технические решения по совершенствованию контроля качества производства изделий машиностроения и направлена на повышение индекса воспроизводимости за счет разработки научно-практического статистического инструментария.

Структура и объем работы: диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и выводов, списка литературы из 157 наименований, приложений. Основной текст диссертации изложен на 223 страницах, содержит 11 рисунков и 35 таблиц. Материал изложен последовательно, выводы по главам логически следуют из результатов исследования, оформление и стиль изложения соответствуют требованиям к научно-квалификационным работам.

Диссертационная работа Рязанского Валерия Павловича на тему «Совершенствование контроля качества производства изделий машиностроения на основе разработки научно-практического статистического инструментария» по актуальности, научной новизне, объему и обоснованности научных результатов соответствует всем требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, так как является самостоятельной и законченной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненного автором исследования, предложены новые научно-обоснованные технические решения по разработке и практическому использованию научно-практического статистического инструментария управления качеством для карт кумулятивных сумм с рекурсивными формулами и учётом дисперсии длины серии, контрольных карт на основе выборочного среднего, размаха и стандартного отклонения, контрольных карт на основе винзоризованного среднего и на основе винзоризованной дисперсии, метода оптимизации контрольных карт по

экономическим критериям, метода выбора оптимальной пары контрольных карт для одновременного контроля уровня и изменчивости процесса механообработки изделий машиностроения, которые имеют важное хозяйственное значение и вносят существенный вклад в развитие высокотехнологичного станкостроения и модернизацию производственных процессов.

Автор диссертационной работы, Рязанский Валерий Павлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. «Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства».

Официальный оппонент:

Остапенко Мария Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по учебно-методической работе Технологического института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет».

Кандидатская диссертация защищена по специальности 05.02.07.- Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, Специальность 05.02.23.- Стандартизация и управление качеством продукции.

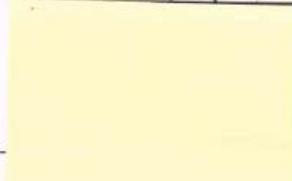
Я, Остапенко Мария Сергеевна, даю согласие на автоматизированную обработку и размещение моих персональных данных, связанных с работой диссертационного совета, а также размещение предоставленной информации в сети Интернет.

Почтовый адрес: 625000, Уральский федеральный округ,

Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, 38.

Телефон: +7-3452-28-36-70

Адрес электронной почты: [ostapenkoms@tyuiu.ru](mailto:ostapenkoms@tyuiu.ru)

  
Остапенко Мария Сергеевна

«» февраля 2026 г.