

В диссертационный совет 24.2.324.03 на базе
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

ОТЗЫВ

официального оппонента Вдовина Дениса Сергеевича
на диссертацию Столярова Федора Алексеевича
«Разработка технико-технологических решений обеспечения качества
автомобильных компонентов на примере шаровых шарниров шасси»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.22 Управление качеством продукции.
Стандартизация. Организация производства

1. Актуальность

При проектировании новых автокомпонентов и автомобильных узлов с заданным уровнем качества при их эксплуатации, для конкретных условий производства на конкурентном рынке, в сжатые сроки следует применять научные методы выбора, ранжирования по важности показателей качества, а также их количественной оценки, с применением численных значений критериев отбора этих показателей. В таком случае выпускаемый продукт будет точно соответствовать требованиям как потребителя и заказчика, так и возможностям экономики и технологий конкретного производства. В противном случае процесс проектирования конструкции автокомпонентов и выбора технологии их изготовления, превращается в неуправляемое угадывание потребностей рынка, часто не соответствует необходимой стоимости изделия и возможностям производства, требует необоснованных вложений как денег, так и сроков, и при этом не гарантирует положительный результат.

Данная диссертация посвящена научному подходу в определении спектра показателей качества автокомпонентов на примере шаровых шарниров шасси, дальнейшей количественной оценки их значимости при проектировании и

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
за № _____
Дата регистрации <u>21.05.2026</u>
Фамилия регистратора _____

постановке на производство, разработке численных значений критериев, по которым оценивается каждый показатель качества. Данные мероприятия проводятся с привлечением научных методов управления качеством и стандартизации с использованием методики разработки функционально-ориентированных технологий. Результатом такой работы является знание наиболее важных показателей качества, их пороговых значений, которые далее могут быть напрямую сформулированы как в технических заданиях на разработку деталей и узлов проектируемых автокомпонентов, так и в требованиях конструкторской и технологической документации. Таким образом, тема и направление работы по развитию методов комплексного подхода к проектированию и постановке на производство продукции – на примере шаровых шарниров шасси автомобиля – заданного уровня качества в условиях сжатых сроков и ограниченных возможностей производства являются актуальными.

2. Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 132 источников и 3 приложений. Работа изложена на 132 страницах печатного текста, содержит 51 рисунок и 10 таблиц, имеется 3 приложения на 4 страницах. Тема и содержание диссертации соответствуют научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства. Структура работы логична и последовательна.

Во **Введении** представлена актуальность диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, описана характеристика работы, приведены объект и предмет исследования, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В **Первой главе** подробно рассмотрены методы управления качеством автомобильных компонентов, основы создания функционально-ориентированных технологий и существующие методы классификации и

кластеризации различных объектов. Также особое внимание автор уделяет существующим дефектам и проблемам, которые возникают при эксплуатации шаровых шарниров в реальных условиях. На основе проведенного анализа подтверждена актуальность проводимого исследования, сформулирована цель работы и поставлены задачи, направленные на ее достижение.

Во **Второй главе** на основе метода вариации эффектов при выявленных частных функциях и системного анализа конструкции сформулирована фасетная классификация шаровых шарниров шасси по конструктивным и эксплуатационным признакам, разделенная на девять основных таксонов. Данные таксоны легли в основу математической модели, основанной на аппарате нечетких множеств, суть которой заключается в выборе тех показателей качества, которые оказывают наибольшее влияние на качество готовой продукции в эксплуатации. Итогом данного выбора является таксон «По типу воздействия окружающей среды».

Третья глава посвящена практической реализации разработанной методики. Автором предлагается новая конструкция уплотнительной системы с отсекаем из нержавеющей стали, который служит барьером между верхней горловиной чехла и агрессивной внешней средой. Для производства отсекаем выбран комбинированный технологический процесс штамповки и раскатки. Данный выбор обоснован конечно-элементными моделями, позволяющими сравнить их по критерию FLD. Также автором рассмотрен вопрос модернизации методик ускоренных испытаний шаровых шарниров на герметичность посредством увеличения частоты качания/вращения пальца до 2 Гц и снижения отрицательной температуры до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такая модернизация позволила воспроизвести дефект на стойках стабилизатора, что стало поводом для доработки конструкции и последующего достижения требуемого уровня качества в эксплуатации этих изделий.

В **Четвертой главе** автором предложена модернизированная схема синтеза функционально-ориентированных технологий. С учетом чего предложены режимы резания конуса пальца шарового для посадки отсекаем, режимы

штамповки и раскатки бурта отсекаателя, технология сборки чехла с отсекаателем и уплотнительной системы с шаровым шарниром. Указанные внедрения позволили наладить серийный выпуск шарового шарнира передней подвески автомобиля LADA Largus, который без замечаний прошел полный цикл вариационных испытаний по новым методикам и соответствует заданным заказчиком целям по качеству в эксплуатации.

В **Заключении** представлены научные и практические результаты исследования.

3. Научная новизна и практическая значимость

Научную новизну имеют следующие полученные автором результаты и выводы.

1. Впервые применен способ фасетной классификации к шаровым шарнирам, являющийся основой для выявления будущих показателей их качества, наиболее значимых при разработке новых конструкций шарниров.

2. Определение предпочтительных показателей качества квалиметрическим способом выполнено с помощью вновь разработанной оригинальной математической модели выбора этих показателей, позволяющей количественно выразить требования на чертежах конструкторской документации и в технологической документации на изделие.

3. В процессе конструирования и постановки на производство новых шарниров, отвечающих заданному уровню качества, разработана оригинальная численная математическая модель формирования бурта отсекаателя методом холодной листовой штамповки с последующей раскаткой. Данная модель позволяет оценить процесс деформирования бурта вращающимся вокруг двух осей инструмента с точки зрения возникновения трещин и разрывов при глубокой пластической деформации листового металла.

4. Разработанная фасетная классификация шаровых шарниров, математическая модель выбора их наиболее значимых показателей качества, а также применение подхода функционально-ориентированных технологий производства вошли во вновь разработанную комплексную методику разработки и постановки на производство автокомпонентов на примере шаровых шарниров шасси автомобиля.

Практическая значимость работы заключена в следующем.

1. Спроектирована и внедрена в производство новая конструкция уплотнительной системы с отсекателем для шарового шарнира. Предложен комплекс инструкций для ее разработки.

2. Апробированы режимы штамповки и раскатки отсекателя в условиях реального производственного процесса АО НПО «БелМаг», позволившие увеличить выход годного с 85,3 % до 96,1 %.

3. Предложено усовершенствование режимов методики испытания шаровых шарниров на герметичность, суть которого заключается в одновременном снижении температуры испытания и увеличении частоты качания/вращения пальца относительно корпуса, что в конечном итоге позволяет моделировать более жесткие условия эксплуатации.

4. Разработан и поставлен в серийное производство шаровой шарнир передней подвески автомобиля LADA Largus с новой уплотнительной системой. Уровень качества данного шарнира в эксплуатации соответствует заданным заказчиком целям.

Комплекс полученных в результате работы решений прошел апробацию и был внедрен в производственный процесс АО НПО «БелМаг» и учебный процесс ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», что подтверждено соответствующими актами.

4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, практическая значимость работы

Вывод об отсутствии строгих алгоритмов выбора предпочтительных показателей качества шаровых шарниров шасси автомобилей для их регламентации в конструкторской и технологической документации представляется достоверным и обоснованным исходя из проведенного обзора и анализа методик создания функционально-ориентированных технологий для производства изделий машиностроения, методов кластеризации и оценки качества. Данный вывод также подтверждается опытом работы автора в условиях реального производства АО НПО «БелМаг», непосредственно работающего на рынке автомобильных компонентов.

Вывод автора о более подходящем виде классификации – фасетным способом – позволяет как систематизировать техническую информацию об автомобильном компоненте, так и использовать его классификационные признаки для разработки технико-технологических мероприятий для совершенствования его конструкции и технологии производства. На примере шаровых шарниров с применением некоторых критериев оценки этих показателей, представлении показателей в виде нечеткого множества, используя метод оценки с обратной матрицей, выбрано девять наиболее значимых признаков (приведены в порядке убывания важности): «тип воздействия окружающей среды», «тип крепления пальца к ответной детали», «тип крепления корпуса к ответной детали», «ориентация пальца», «система стабилизации», «тип используемого вкладыша», «тип формирования шарнирного соединения».

Обоснованным ответом на предыдущие исследования по наиболее важным показателям качества и их количественным оценкам стала разработка новой конструкции шарового шарнира с максимальной защитой от проникновения влаги, абразивов и иных продуктов внешней среды. В состав конструкции шарового шарнира вошел новый отсекающий элемент из нержавеющей стали, обеспечивающий защиту сверху, откуда поступают основные загрязнители, создающие опасность преждевременного критического износа шарнира. Кроме самой конструкции также уделено внимание технологии его

изготовления в части комбинированной штамповки с раскаткой, что также отвечает системному подходу не только к конструированию, но и выбору подходящих по требованиям производственных технологий.

При разработке технологии изготовления отсекаателя автор применил методы математического моделирования, а также представил результаты промышленного внедрения. Путем математического моделирования и расчетов удалось качественно сравнить штамповку и комбинированный метод штамповка + раскатка для изготовления отсекаателя и показать, что второй метод снижает появление разрушений бурта отсекаателя при изготовлении на 11,4%. Данный вывод также подтвержден реальными данными на производстве: выход годной продукции с комбинированным методом увеличился с 85,3% до 96,1%.

Усовершенствованные методы проектирования функционально-ориентированных технологий на основе проведенного системного анализа шаровых шарниров дали экономический эффект 14,28 млн. руб. в ценах 2025 года.

Получены режимы резания конического участка пальца шарового шарнира, которые обеспечивают шероховатость в диапазоне Ra 8,0-12,0 для гарантированного удержания отсекаателя на пальце после опрессовки.

Разработана методика сборки новой конструкции шарнира.

Таким образом сделанные выводы и рекомендации по конструкции и технологии изготовления шаровых шарниров являются обоснованными как расчетным, так и опытным путем.

Обоснованность применения более жестких условий в методике ускоренных испытаний на герметичность шаровых шарниров – увеличение частот качания и вращения и снижение отрицательной температуры, а также использование концентрации раствора воды и этиленгликоля с минимальной динамической вязкостью при минимальной температуре – подтверждено на опыте следующими результатами:

– успешными испытаниями на герметичность шаровых шарниров передней подвески автомобиля LADA Largus по модернизированной методике (3MIS=0, 12MIS=1, 24MIS=2, 36MIS=5)

– трехлетней эксплуатацией этих шарниров: снижение уровня дефектности составило до 0,4 единиц продукции на тысячу автомобилей для шарниров стоек стабилизатора.

5. Соответствие автореферата диссертационной работе

Автореферат точно и полностью отражает содержание диссертационной работы. Замечания к оформлению и структуре автореферата отсутствуют. Опубликованные автором работы по теме диссертации полностью представлены в списке литературы.

6. Оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Ф.А. Столярова представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне. В диссертации приведены обоснованные научно-технические результаты, дополняющие теорию управления качеством. Диссертационная работа имеет внутреннее единство и научный стиль изложения, содержит совокупность новых оригинальных результатов, новых положений и идей, свидетельствующих о значительном личном научном вкладе диссертанта в решение проблемы обеспечения заданного уровня качества автомобильных компонентов. Результаты диссертационного исследования и его вклад в разработку соответствующей научной проблемы являются достоверными, значимыми и обеспечивают приращение научного знания в области выбора основных показателей качества продукции из перечня таксонов классификации. Разработанные в диссертации научные и практические результаты получили внедрение на предприятии по производству автомобильных компонентов.

Результаты диссертации Ф.А. Столярова соответствуют паспорту научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства, а именно:

п.1. Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики процессов управления качеством и организации производства;

п. 2. Научно-практические основы технического регулирования, стандартизации, типизации, каталогизации, метрологического обеспечения, управления качеством и подтверждения соответствия;

п. 9. Разработка и совершенствование научных инструментов оценки, мониторинга и прогнозирования качества продукции и процессов.

Материал диссертации в полной мере соответствуют поставленной цели работы. Графический материал наглядно иллюстрирует основные результаты решенных автором задач. Общие выводы соответствуют цели исследований и поставленным задачам.

По материалам диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 5 научных статей опубликованы в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ. Имеется 3 патента Российской Федерации на полезную модель.

Материалы диссертационной работы Ф.А. Столярова достаточно широко апробированы посредством участия на различных международных и всероссийских научно-технических конференциях.

7. Замечания

1. При создании классификации с таксоном «ориентация шарнира в пространстве» рассмотрены только три возможных положения: «направленный вверх», «направленный вниз» и «горизонтальный». Однако в конструкциях подвесок автомобилей шаровые шарниры могут занимать и все промежуточные положения между указанными тремя. Неясно, как в таком

случае промежуточной ориентации шарнира строить дальнейшие выводы и требования к системе уплотнения шарнира по разрабатываемой методике.

2. При оценке важности классификационных признаков шарового шарнира квалитетическим способом использованы следующие критерии: «обеспечение безопасности транспортного средства», «обеспечение основной функции изделия» и «уровень комфорта водителя и пассажиров». Однако работа не содержит указаний по выбору этих критериев или источников откуда они взяты данные критерии, почему они именно такие.

3. В численных моделях процессов штамповки и раскатки бурта отсекаателя автор указывает, что не учтены многие технологические факторы. Данные допущения вызывают вопрос обоснованности, поскольку при величине полученного при математическом моделировании критерия неразрушения FLD, равного 0,1805, – в реальном процессе штамповки все же иногда возникают дефекты типа нарушение сплошности (разрыв).

4. В диссертации отмечено, что были достигнуты цели по качеству для шаровых шарниров LADA Largus в эксплуатации. Остается открытым вопрос об уровне качества данных шаровых шарниров до внедрения предлагаемых изменений.

5. По назначению шаровой шарнир передней подвески разделен на несущий и направляющий. Целесообразно дополнительно пояснить данное разделение, ведь в направляющем аппарате подвески шаровой шарнир является одновременно несущим и направляющим.

6. Для отсекаателя автором выбрана нержавеющая сталь AISI 304. Рекомендуется подробно объяснить данный выбор, а также привести сравнение с другими возможными вариантами, например отсекаатель из углеродистой стали с полимерным или гальваническим покрытием.

8. Общая оценка работы

Диссертация Столярова Ф.А. является законченной научной квалификационной работой, выполненной на высоком инженерном уровне и направленной на решение важной научной задачи. Работа вносит значимый вклад в развитие методов проектирования конкурентоспособной качественной автомобильной продукции.

Материалы диссертации изданы в научных статьях журналов из рекомендованного перечня ВАК по специальности, других изданиях, а также апробированы на международных конференциях. Имеются патенты на полезные модели на конструкции, созданные в результате проделанной в диссертации работе.

Приведенные в данном отзыве замечания относятся больше к сопутствующим разделам науки и техники, использованным в работе, а не к сути и содержанию самой диссертации, и никак не снижают научной и практической ценности проделанной автором работы.

Диссертация соответствует требованиям действующего «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Столяров Федор Алексеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Официальный оппонент,

доцент кафедры СМ-10 «Колесные машины» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени

Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кандидат технических наук



Вдовин Денис Сергеевич

тел.: +7(499)263-61-40

vdovin@bmstu.ru

Кандидатская диссертация защищена по специальностям: 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины; 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Я, Вдовин Денис Сергеевич, выражаю согласие на обработку персональных данных, относящихся к оппонируемой диссертационной работе




Вдовин Денис Сергеевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»;

105005, г.Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, к. 1., тел. +7(499)263-63-91; e-mail: bauman@bmstu.ru, сайт: <http://www.bmstu.ru>.



« ВЕРНО »

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА

КИНЯПИНА А.Н.
ОТДЕЛ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ
ЕДИНОЙ ПРИЕМНОЙ УКСИА
М ГГУ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА