

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

ОТЗЫВ

официального оппонента Панюкова Дмитрия Ивановича
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

Актуальность темы диссертационного исследования

Научно-технический прогресс оказывает определяющее влияние на машиностроительный комплекс, стимулируя интеграцию методологии стандартизации, квалиметрии и систем управления качеством в процессы разработки продукта и его постановки на производство. Подобный синтез позволяет не только достичь заданные потребительские качества изделий, но и сократить временные и ресурсные затраты при переходе к массовому выпуску. Оценка эксплуатационных параметров осуществляется как посредством элементного анализа, так и с применением комплексного квалиметрического инструментария, включающего прогностические и экспериментальные подходы. Несмотря на обширные исследования в данной сфере, методология регламентации характеристик объектов стандартизации сохраняет ряд неразрешённых аспектов, что обуславливает востребованность разработки функционально-ориентированных технологических решений.

Формирование номенклатуры и нормирование критериев для узлов ответственного назначения транспортных средств, обеспечивающих конструктивную безопасность и устойчивость к эксплуатационным воздействиям, является актуальной задачей. Для определения соответствия целесообразно применение методов системного анализа, функционально-целевого анализа и математического моделирования на начальных стадиях жизненного цикла. Однако существующие методики не способны в абсолютной мере гарантировать точность выбора показателей. В сложившихся условиях приоритетное значение приобретает формирование математического аппарата прогнозирования свойств продукции, базирующегося на классификационных признаках. Прикладная значимость данной задачи возрастает в контексте реализации стратегии технологического

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»
за № _____
Дата регистрации <u>28.04.2026</u>
Фамилия регистратора _____

суверенитета, расширения сортамента отечественных автокомпонентов и соблюдения сроков серийных поставок.

Таким образом, тема диссертационных исследований Ф.А. Столярова обладает научной и практической значимостью, поскольку направлена на решение комплексной задачи – выбор приоритетных признаков шаровых шарниров шасси на основе предложенной фасетной классификации.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 132 источников и 3 приложений. Работа изложена на 132 страницах печатного текста, включает 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** описана актуальность диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи, приведена общая характеристика работы, обоснован выбор объекта и предмета исследования, сформулированы научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В **первой главе** представлен анализ методов управления качеством автомобильных компонентов, что показало отсутствие строгих алгоритмов к выбору предпочтительных показателей шаровых шарниров шасси. С этой точки зрения автором рассмотрены вопросы создания функционально-ориентированных технологий и классификации однородных объектов. Также описаны основные проблемы с качеством готовой продукции, возникающие у конечного пользователя в гарантийный период эксплуатации. В результате проведенного анализа обоснована актуальность диссертационного исследования, сформулирована его цель и задачи, которые необходимо решить.

Во **второй главе** представлена математическая модель выбора показателей шаровых шарниров с применением аппарата нечетких отношений предпочтения. Перечень показателей представлен в виде фасетной классификации, построенной с применением системного анализа и метода вариаций эффектов при выявленных частных функциях. В качестве основных классификационных признаков выбраны функциональные и эксплуатационные (в том числе признаки расположения в той или иной системе автомобиля). Показано, что впервые рассмотрены новые классификационные признаки шаровых шарниров шасси автомобилей, оказывающих влияние на уровень качества в эксплуатации. Посредством расчетов по предложенной модели определено, что ключевым показателем является тип воздействия окружающей среды

Третья глава посвящена описанию процесса проектирования конструкции шарового шарнира шасси, а также технологии производства отдельных его компонентов с учетом ранее определенных показателей. Указано, что разрабатываемый шарнир особо подвержен воздействию окружающей среды, поэтому помимо проектирования основных компонентов шарнира и их размеров отмечено, что использована инновационная уплотнительная система, включающая в себя отсекаТЕЛЬ из нержавеющей стали. Разработана его конструкция, позволяющая минимизировать риск возникновения негерметичности в эксплуатации. Для производства отсекаТеля выбрана технология холодной листовой штамповки. Отмечена сложность и высокий риск возникновения несплошностей на бурте отсекаТеля ввиду малой толщины исходной ленты и значительной вытяжки в процессе отбортовки. В связи с этим разработана конечно-элементная модель процесса штамповки и раскатки бурта отсекаТеля и предложен комбинированный процесс штамповки втулки и раскатки бурта отсекаТеля. По результатам моделирования отмечено снижение риска возникновения дефектов для процесса раскатки по критерию FLD (Forming Limit Diagram). Также в данной главе предлагается модернизация методик испытания шаровых шарниров шасси на герметичность и отмечен успешный опыт эксплуатации шарниров стоек стабилизатора, валидация которых проводилась по ужесточенным режимам.

Четвертая глава посвящена описанию практической реализации и промышленному внедрению разработанной конструкции и технологического процесса в серийное производство шарового шарнира автомобиля LADA Largus. Предложена модернизированная схема синтеза функционально-ориентированных технологий, позволяющая учитывать стадию проектирования конструкции, ее валидацию, а также контроль в процессе производства. Предложены режимы токарной обработки конусного участка пальца, что позволяет обеспечить стабильность положения отсекаТеля в течение всего срока службы. Показано, что использование процесса раскатки бурта вместо его штамповки позволило увеличить выход годного с 85,3 % до 96,1 %. Отмечено, что разработанный шаровой шарнир передней подвески прошел валидацию по разработанной методике испытаний без замечаний, а уровень качества в эксплуатации соответствует заданным целям.

В **Заключении** сформулированы основные научные и практические результаты, полученные в ходе выполнения диссертационных исследований.

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна представленной к защите диссертации состоит в следующем:

– систематизирована и представлена в виде фасетной структуры классификация шаровых шарниров шасси, использующая автономные группы конструктивных и эксплуатационных параметров для упорядочивания технических данных и детерминации факторов, влияющих на качественные показатели выпускаемых изделий, включающая девять таксонов, из которых впервые рассмотрены следующие шесть: по типу крепления пальца к ответной детали, по типу крепления корпуса к ответной детали, по ориентации пальца, по типу используемого вкладыша, по системе автомобиля и по типу воздействия окружающей среды;

– разработана математическая модель определения приоритетных характеристик шаровых шарниров за счет применения аналитического аппарата нечеткой логики, что позволило перевести субъективные экспертные оценки в плоскость строгих количественных алгоритмов при установлении нормативных требований в проектно-конструкторской документации, что позволяет минимизировать риск ошибки при проектировании конструкции или технологического процесса ее производства;

– предложена конечно-элементная модель процесса пластического деформирования элемента отсекаателя в условиях нагружения жестким двухосным инструментом, обеспечивающая выявление зон вероятного нарушения сплошности металла посредством анализа диаграмм предельной деформируемости, что в свою очередь позволяет снизить число дефектов в производстве;

– разработана единая методическая база по проектированию автомобильных компонентов ответственного назначения с заданным уровнем качества, объединяющая таксономический анализ, аппарат нечетких отношений предпочтения при выборе показателей продукции и концепцию функционально-ориентированных технологий, и позволяющая минимизировать риски, связанные с процессом проектирования изделий ответственного назначения за счёт учёта конструктивных особенностей и условий эксплуатации продукции в реальных дорожных и климатических условиях.

К практической ценности полученных результатов следует отнести:

– проектирование и техническую реализацию инновационной уплотнительной системы шарового шарнира, для которой предложена уникальная конструкция с отсекателем, гарантирующая герметичность узла на протяжении всего регламентированного срока эксплуатации в условиях агрессивного климатического и дорожного воздействия, что дополнено созданием прикладных методических инструкций по ее разработке;

– обоснование и промышленную апробацию рационализированных режимов холодной листовой штамповки с последующей ротационной раскаткой бурта отсекаателя в условиях АО НПО «БелМаг», что позволило

достичь существенного повышения эффективности производства, выраженного в росте выхода годной продукции с исходных 85,3 % до значения 96,1 %;

– усовершенствование и нормативной закрепление методики испытания на герметичность шаровых шарниров, в которой реализованы переход к более жестким параметрам тестирования, включая снижение температурного порога до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и интенсификация частоты качания или вращения пальца до 2 Гц, что позволило обеспечить достоверную валидацию узлов в условиях, максимально имитирующих реальную эксплуатацию в РФ;

– создание и практическое внедрение в серийное производство шарового шарнира передней подвески для автомобиля LADA Largus, для которого выполняется целевой уровень качества, подтвержденный достижением нулевой дефектности в поставках (0 ppm) и соблюдением целевых индикаторов качества в гарантийный период трехлетней эксплуатации.

Предложенные прикладные инструменты можно охарактеризовать как комплекс технико-технологических решений, позволяющий на практике достичь заданного уровня качества автомобильных компонентов.

Все предложенные в диссертационной работе научно-технические решения прошли апробацию и получили применение на АО НПО «БелМаг» (г. Магнитогорск). Получены положительные результаты внедрения в учебный процесс ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертационная работа Ф.А. Столярова представляет научное исследование особенностей выбора ключевых показателей продукции, позволяющих сформировать необходимый уровень качества продукции в эксплуатации. Разработанные технико-технологические решения включают в себя предложенную фасетную классификацию шаровых шарниров по основным признакам, математическую модель выбора приоритетных признаков на основе нечетких отношений предпочтения, а также математическую модель пластического деформирования отсекавателя из нержавеющей стали.

Разработанный комплекс теоретически обоснован результатами расчетов по математической модели, что позволило выявить основной признак, оказывающий влияние на долговечность шарниров шасси в эксплуатации. Также обоснован выбор процесса раскатки бурта отсекавателя и получены удовлетворительные результаты промышленного внедрения. В диссертационной работе вопросы создания решений по обеспечению качества автомобильных компонентов решаются комплексно, разработаны методы,

методики и практические рекомендации, позволяющие учитывать специфику эксплуатации различных конструкций шаровых шарниров.

Полученные результаты обоснованы теоретически и подтверждены результатами расчетов, практическая значимость доказана их прикладной ценностью для предприятий, которые проводят комплекс работ по проектированию автомобильной продукции ответственного назначения и постановки ее на производство.

Достоверность результатов обеспечена корректным использованием фундаментальных теоретических положений, практическим подтверждением разработанных моделей в производственной практике и положительными результатами практической реализации на предприятиях машиностроительной отрасли.

Обоснованность результатов дополнительно подтверждается тем, что в работе использованы апробированные методы (МКЭ, нечеткие отношения предпочтения, функционально-целевой анализ), корректность которых неоднократно доказана предшествующими исследованиями и не требует повторной валидации в рамках данной диссертации.

Соответствие автореферата диссертационной работе

Автореферат полно и точно отражает содержание диссертационной работы. Замечаний к оформлению и структуре автореферата не имеется. Список литературы в автореферате полно представляет работы, опубликованные автором по теме диссертационного исследования.

Оценка диссертационной работы

Диссертация Ф.А. Столярова представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком научном уровне. Несомненным является то, что в диссертации приведены новые результаты, обогащающие теорию и практику управления качеством в условиях проводимой политики импортозамещения. 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 проблематики являются достоверными, значимыми и обеспечивают приращение научного знания в области разработки и внедрения методов выбора ключевых показателей качества продукции. Разработанные в диссертации научные и практические результаты получили отраслевое внедрение на предприятии машиностроительной отрасли.

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 соответствует 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.

Важно отметить и то, что апробация результатов исследования весьма обширна. Материалы диссертационной работы Ф.А. Столярова достаточно широко апробированы при участии диссертанта на различных международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Замечания

Несмотря на значительный объем выполненных исследований, высокий уровень методологической проработки и практическую значимость полученных результатов, по диссертационной работе целесообразно высказать ряд замечаний.

1. В диссертационной работе представлена фасетная классификация шаровых шарниров шасси по их функциональным и эксплуатационным признакам, а также подробно раскрыт выбор того или иного фасета. Рекомендуется в тексте диссертации явно указать на открытый характер данной структуры и описать процедуру введения новых фасетов при расширении номенклатуры или изменении условий эксплуатации.

2. Для выбора ключевых показателей продукции автором выбран инструмент нечетких отношений предпочтений. Целесообразно дополнить математическое обоснование кратким сравнением выбранного аппарата нечетких отношений предпочтения с альтернативными методами многокритериального выбора (например, нечеткий метод анализа иерархий) применительно к сборочным единицам, что повысит верифицируемость модели.

3. В тексте диссертации приведены расчётные значения критерия FLD для процесса штамповки и для процесса раскатки бурта отсекателя. Отмечено, что для процесса раскатки критерий FLD ниже, из чего сделан вывод, что процесс раскатки является более предпочтительным с точки зрения минимизации риска возникновения дефектов типа несплошности. Рекомендуется явно указать пороговое (критическое) условие допустимости процесса для обеспечения однозначности критериев оценки технологической приемлемости.

4. В диссертации описана геометрия чехла, которая разделена на три характерные зоны, а также необходимость применения морозостойких марок резины для минимизации сопротивления гофры при качании. Остается нераскрытым вопрос выбора типа гофры чехла, а также ее геометрических соотношений, которые также могут оказать влияние на напряженно-деформированное состояние чехла.

5. Автором описана модернизация двух методик испытаний (SBFT и EST). Рекомендуется привести полные экспериментальные результаты валидации обеих методик или дать обоснование выбора одного из тестов в качестве основного для окончательного подтверждения герметичности.

Отмеченные замечания не снижают ценности выполненного исследования.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Федора Алексеевича Столярова «Разработка технико-технологических решений обеспечения качества автомобильных компонентов на примере шаровых шарниров шасси» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных исследований решена научная проблема разработки комплекса технико-технологических решений для производства и обеспечения качества автокомпонентов с учетом их конструктивных особенностей и условий эксплуатации, что вносит существенный вклад в развитие машиностроительной промышленности Российской Федерации.

Диссертационная работа «Разработка технико-технологических решений обеспечения качества автомобильных компонентов на примере шаровых шарниров шасси» соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к диссертациям, которые представлены на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Столяров Федор Алексеевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

