

От редакции

На базе действующих в МГТУ им. Г.И. Носова научных школ, специализирующихся в областях обработки металлов давлением и управления качеством продукции, в 2001 г. по инициативе проф., д-р техн. наук, И.Г. Гуна была создана кафедра технологий, сертификации и сервиса автомобилей. Впоследствии при кафедре был организован научно-учебный комплекс «Перспективные технологии и конструкции автокомпонентов». В настоящее время идет активная работа по созданию первой в МГТУ им. Г.И. Носова базовой кафедры в области металлургии и машиностроения, располагающейся на одном из ведущих российских производителей автокомпонентов – ЗАО НПО «БелМаг».

Сотрудничество МГТУ им. Г.И. Носова и ЗАО НПО «БелМаг» длится уже более 10 лет, являя собой яркий пример успешного партнерства науки и производства. В университете проводится целый ряд исследований, посвященных совершенствованию технологических процессов производства автокомпонентов, при этом наиболее отличившиеся студенты получают распределение на преддипломную практику на предприятие с возможным последующим трудоустройством.

Тесные связи кафедра ТССА МГТУ им. Г.И. Носова поддерживает и с коллегами из ведущих отечественных вузов, среди которых следует отметить Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Тольяттинский государственный университет и др.

Основные научные направления возглавляют доктора технических наук Гун И.Г., Мезин И.Ю., Михайловский И.А.

УДК 621.7

РАЗРАБОТКА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ШАРОВЫХ ШАРНИРОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Гун И.Г., Михайловский И.А., Осипов Д.С., Куцепендик В.И., Сальников В.В., Гун Е.И., Смирнов Ал.В., Смирнов Ар.В.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия

Аннотация. В этой работе вы можете ознакомиться с обзором научно-технических проблем и тенденций, которые были исследованы авторами в ходе их работы по совершенствованию технологических процессов изготовления шаровых шарниров передней подвески и рулевого управления, а также их составных частей для автомобилей российского и зарубежного производства. В статье приведены основные научные и технические результаты, которые были достигнуты в рамках работы. Данные результаты направлены на повышение эффективности процессов производства, создание новых и совершенствование текущих процессов металлообработки, таких как холодная и горячая штамповка, листовая штамповка компонентов шарниров. Представлены результаты разработки нового оборудования и методов испытаний эксплуатационных характеристик шаровых шарниров, а также методов комплексных квалитетических оценок технологических процессов, систем качества и др.

Ключевые слова: разработка, совершенствование, обработка металлов давлением, технологические процессы, шаровые шарниры, параметры качества, моделирование, испытания, эксплуатационные характеристики.

Введение

Суммарную емкость рынка автомобильных компонентов, запчастей и материалов в России по итогам 2012 года аналитики агентства «Автостат» оценили более чем в 54 млрд USD. На долю первичного рынка приходится 45,4% от этого количества (24,5 млрд USD).

Средние темпы роста первичного рынка автокомпонентов составляют примерно 20-25% в год. Вторичный рынок запасных частей растет чуть менее быстрыми темпами (12-15% в год).

Спрос на качественные компоненты и запчасти в России растет. Его генерируют как уже действующие автосборочные предприятия иностранных производителей, так и отечественные автозаводы. Кроме того, потребители в последнее время также проявляют повышенный интерес к качественным запасным частям, что отражается на вторичном рынке.

Этот фактор заставляет российские автозаводы поднимать планку требований в области качества к своим поставщикам. При этом снижение текущей

рентабельности автомобильного производства диктует для партнеров условие повышения качества поставок без изменения цены.

Если говорить о мировой практике качества, то все поставщики ведущих мировых автопроизводителей выдерживают показатель от 10 до 50 PPM (дефектов на миллион изделий). Пять-семь лет назад допустимый уровень PPM на российских заводах равнялся 1000 дефектов на миллион, теперь на большинстве предприятий требования к уровню дефектов составляют 30-100 PPM и с каждым годом, учитывая долю иностранного капитала в собственности многих российских автопроизводителей, эти требования все больше унифицируются и повышаются.

Еще одной общемировой тенденцией, пришедшей на российский рынок, является привлечение поставщиков к процессу разработки комплектующих для новых моделей. А это, в свою очередь, ведет к необходимости самостоятельно вести исследовательские и конструкторские работы на предприятиях производителей автокомпонентов.

В этом случае как инвестиционная, так и инжиниринговая нагрузка перемещается от автопроизводителя к поставщику.

Обзор результатов исследований и разработок кафедры ТССА при решении научно-технических задач в области совершенствования автокомпонентов

Кафедра технологий сертификации и сервиса автомобилей МГТУ им. Г.И. Носова совместно с техническими службами ЗАО НПО «БелМаг» (г. Магнитогорск) на протяжении уже более 10 лет ведут работу по совершенствованию сквозных технологических процессов производства шаровых шарниров и их комплектующих изделий для российских и зарубежных автомобилей, включая процессы ОМД, а также методов контроля и квалитетической оценки качества продукции, процессов и систем менеджмента качества с целью обеспечения управления и улучшения качества готовой продукции, повышения эффективности процессов производства. В новых разработках кафедры используется опыт и разработки, полученные в совместной работе с другими научными коллективами Уральского региона как в области обработки металлов давлением, так и при исследовании других способов производства автокомпонентов и их комплектующих изделий.

Общий комплекс научно-технических задач и направлений, которые были охвачены в работе, представлен на рис. 1.

Основные научно-технические результаты, которые были получены в процессе работы:

Совершенствование процессов закатки и запрессовки шаровых шарниров:

– Поиск эффективных условий процесса запрессовки шаровых шарниров подвески для автомобилей с увеличенной прочностью на выдавливание потребовал проведения исследования напряженно-деформированного состояния бурта корпуса при формировании сборочного соединения узла. С этой целью разработана модель процесса запрессовки шарового шарнира с применением метода конечных элементов.

– Произведен поиск эффективных условий проведения процесса запрессовки шарового шарнира. Были определены параметры оптимизации – геометрические размеры бурта корпуса и критерии: величина перекрытия – отношение длины плотного контакта бурта корпуса после деформации с горизонтальным участком поверхности обоймы вкладыша к длине сечения горизонтального участка обоймы вкладыша; износ инструмента при запрессовке; прочность шарового шарнира при выдавливании шарового пальца из корпуса. Оптимальные параметры процесса запрессовки были определены с учетом ограничений типа равенств и неравенств, соответствующих условиям задачи запрессовки и задачи выдавливания, а также ограничений на параметры процесса с учетом весомерности критериев качества изделия и процесса.



Рис. 1. Граф научно-технических задач и направлений работы кафедры ТССА ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»

В результате разработан способ и режимы формирования сборочных соединений шаровых шарниров 2110-2904192-01, 2123-2904192-03, 21214-2904192, использующихся при производстве переднеприводных и полноприводных автомобилей в ОАО «АВТОВАЗ» (г. Тольятти) и ЗАО «Джи Эм-АВТОВАЗ» (г. Тольятти).

Совершенствование технологии поверхностно-пластического деформирования сферических головок шаровых пальцев:

– Разработана на базе вариационного метода математическая модель процесса смятия микронеровности на сферической поверхности при поверхностном пластическом деформировании.

– Разработан новый способ поверхностного пластического деформирования, получивший название «планетарно-поворотная обкатка» (ППО). Регламентированы требования к качеству поверхности сферических головок шаровых пальцев, а также разработаны режимы обработки в зависимости от исходного состояния поверхности для производства шаровых пальцев шарниров переднеприводных и полноприводных автомобилей ВАЗ.

Разработанный новый способ поверхностного пластического деформирования головок шаровых пальцев – планетарно-поворотная обкатка и варианты его реализации (патенты РФ 2162785, 2188115, 2201325) позволяют обеспечить требуемый уровень качества данных компонентов шаровых шарниров при снижении затрат на их изготовление и повышении стабильности показателей качества как комплектующих изделий (высотные параметры шероховатости на поверхности головок шаровых пальцев), так и узлов в сборе (моменты сопротивления вращению и качению шарового пальца).

Разработка и совершенствование процессов холодной листовой штамповки корпусов шаровых пальцев передней подвески:

– Разработана математическая модель холодной листовой штамповки корпусов шаровых шарниров передней подвески по переходам с использованием метода конечных элементов.

– Разработана новая технология процесса многопереходной листовой штамповки корпусов шаровых шарниров в последовательных штампах.

Модель позволила оптимизировать количество переходов корпусов 2108-2904191 и 2108-2904188, наиболее оптимально изменить раскрой ленты по переходам и снизить расход металла без возникновения дефекта «утонение стенок корпуса» в местах перегиба и максимальной вытяжки. В конечном итоге это позволило обеспечить соответствие нормативным требованиям параметра шарового шарнира в сборе – «вырыв шарового пальца из корпуса» и «выдавливание шарового пальца из корпуса» в ЗАО НПО «БелМаг».

Разработка и совершенствование процессов холодной объемной штамповки шаровых пальцев передней подвески:

– Исследованы упрочнения и неравномерность деформации в сферической головке шарового пальца при ХОШ на различных марках сталей (38ХГНМ, 12ХН, 40Х, 30Г2Р).

– Разработана математическая модель процесса ХОШ стержневых изделий с головками конической и сферической форм на базе вариационного метода в дискретной постановке. Определены энергосиловые параметры процесса [1].

– Разработана и запатентована новая схема технологического процесса ХОШ шаровых пальцев. Определены и рассчитаны переходы заготовок шаровых пальцев 2101-2904187-70 с учетом эффекта Баушингера.

Проведенная работа позволила реализовать серийное производство шаровых пальцев в условиях ОАО «Магнитогорский калибровочный завод» и ЗАО НПО «БелМаг».

Разработка новых методик оценки технологических процессов:

– Разработаны и апробированы методики оценки технологической эффективности процессов производства шаровых пальцев, основанные на вычислении комплексной оценки вероятности получения соответствующей продукции по заданным параметрам качества изделия.

– Разработана номенклатура показателей, характеризующая эффективность процесса производства шаровых пальцев для шаровых шарниров российских и иностранных автомобилей, включающая наряду с традиционными параметрами качества продукции и процесса комплекс организационно-экономических требований и новые функции свертки единичных оценок доминирующих показателей, единичных и групповых оценок доминирующих и компенсируемых показателей, удовлетворяющие основным положениям аксиоматики логики оценок [2-5].

Методики применялись для разработки наиболее результативной технологии производства шаровых пальцев для шаровых шарниров автомобилей «Додж Рэм» и «Рено Меган».

Разработка новых методик оценки систем менеджмента качества:

– Разработана концепция для определения критериев оценки результативности функционирования СМК предприятия, основанная на принципах менеджмента качества по МС ИСО 9000, а также критерии для оценки результативности функционирования СМК предприятия, реализующие предложенную концепцию.

– Разработана и обоснована математическая модель оценки результативности функционирования СМК на основе установленных критериев [6].

– Разработаны методики определения и балльной оценки комплексного показателя результативности функционирования СМК предприятия и составляющих его критериев, состоящих из единичных свойств.

Разработка и совершенствование оборудования и методов испытаний эксплуатационных характеристик шаровых шарниров:

– В результате анализа установлено, что показатели качества шаровых шарниров «циклическая долговечность шарового шарнира» и «гарантийный срок (пробег) эксплуатации шарового шарнира» являются потенциально дублирующими друг друга, следова-

тельно, не могут одновременно использоваться при проведении оценки результативности технологических процессов производства изделий.

– Для определения взаимосвязи между данными двумя показателями качества изделий разработана методика комбинированных испытаний шаровых шарниров передней подвески, включающая в себя одновременное проведение ускоренных стендовых и дорожных испытаний узлов с последующей комплексной обработкой результатов.

– Разработаны и изготовлены стенды для испытаний шаровых шарниров передней подвески и рулевого управления легковых автомобилей, которые, благодаря прогрессивной системе обеспечения имитационных движений, силовых воздействий и температурных режимов в рабочей зоне, позволяют создавать условия проведения стендовых испытаний, максимально приближенные к реальным условиям эксплуатации.

– В соответствии с методикой проведения комбинированных испытаний осуществлен комплексный анализ результатов ускоренных стендовых и дорожных испытаний, в результате которого определено

соотношение между показателями качества шаровых шарниров «гарантийный срок (пробег) шарового шарнира» и «циклическая долговечность шарового шарнира», составившее 22,86 циклов на 1 км пробега.

– Разработаны и апробированы в сравнении с реальными испытаниями методы расчетного определения параметров качества шаровых шарниров, влияющих на безопасность автомобиля в целом – «усилие вырыва», «усилие выдавливания», «ударная прочность шарового пальца», позволяющие на этапе проектирования контролировать соответствие данных показателей регламентированному уровню (рис. 2-5). Разработки позволяют при проектировании новых конструкций шаровых шарниров сокращать сроки проектирования и затраты на изготовление и испытание образцов. Кроме того, конструктивное решение, выбранное на основе экспертных оценок для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик, не всегда может быть оптимальным и, как правило, приводит к нецелесообразному увеличению металлоемкости конструкции, которое, в конечном итоге, отражается на её стоимости.

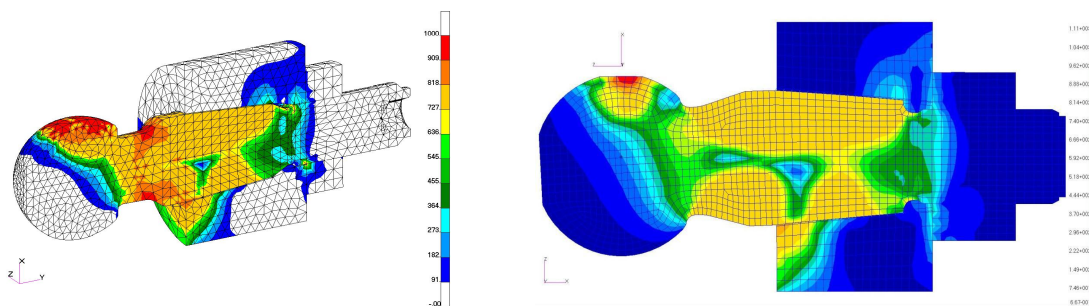


Рис.2. НДС шарового пальца при пластической деформации в процессе моделирования испытаний на ударную прочность

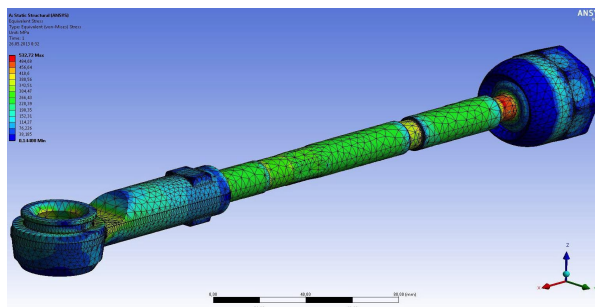


Рис.3. НДС при моделировании испытаний на сжатие рулевой тяги в сборе

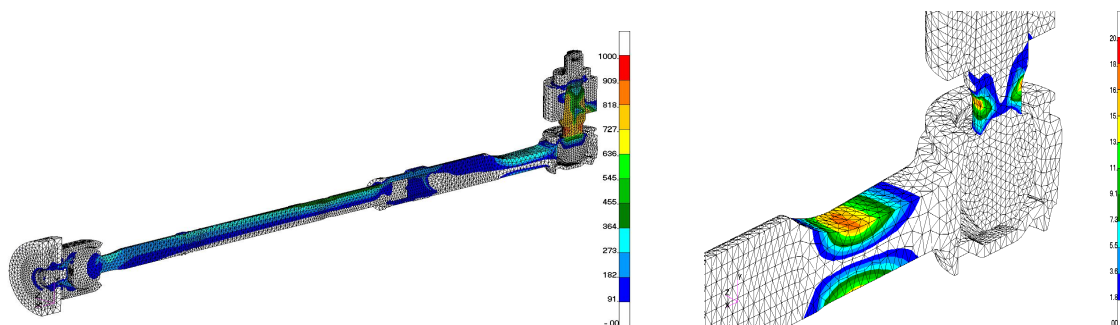


Рис.4. НДС при моделировании испытаний на устойчивость рулевых тяг в сборе

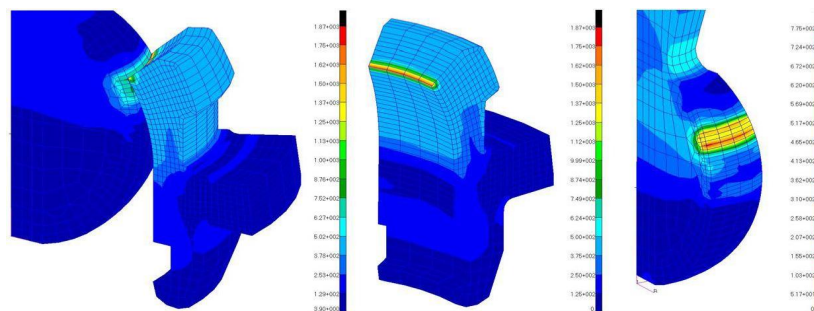


Рис.5. Результаты расчета напряженно-деформированного состояния шарового шарнира в момент максимального усилия при моделировании испытания на вырыв шарового пальца из корпуса

Разработанные методы и модели позволили провести сравнительный анализ различных конструктивных исполнений деталей шарниров передней подвески и рулевого управления и выбрать значения конструктивных параметров, обеспечивающие требуемые параметры качества при разработке новых конструкций шаровых шарниров A21R23&2904314/414, а также рулевых наконечников и тяг 7800-210-129/G129-3414056 и 7800-249-129/G129-3414054 для автомобилей «Газель-Next» [7].

Гармонизация требований российских и зарубежных стандартов на металлопрокат:

Разработка требований к металлопрокату проводилась по следующим направлениям:

- требования к исходному металлопрокату (химические свойства, механические свойства, микро- и макроструктура, обезуглероженный слой, точность геометрических размеров);

- требования к контролю и испытаниям металлопроката как исходного, так и отожженного (методики контроля и испытаний, совместимость российских и зарубежных методов).

Разработаны нормативные требования на поставку горячекатаного проката из стали марок 40X Селект, 41X1, 42X1М, представляющих собой полноценные аналоги среднеуглеродистых хромсодержащих сталей 5140Н, 41CrS4, 42CrMoS4, используемых при производстве шаровых пальцев легковых автомобилей в странах Западной Европы и Северной Америки.

Реализация предложенных решений позволила разработать и внедрить технические соглашения между ЗАО НПО «БелМаг» (г. Магнитогорск), ОАО «ОЭМК» (г. Старый Оскол), ОАО «БелЗАН» (г. Белебей) на поставку горячекатаного проката из стали марок 40X Селект, 41X1, 42X1М. Прокат из стали марок 40X Селект, 41X1 был успешно использован при производстве шаровых пальцев по заказу компании TRW Automotive для поставок на заводы в Канаде и Чехии для изготовления шарниров автомобилей марок «Додж» и «Ауди». Прокат из стали марки 41X1 (патент РФ №2368672) также одобрен ОАО «АВТОВАЗ» и применяется в качестве исходного материала при производстве шаровых пальцев, используемых в качестве комплектующих изделий шаровых шарниров переднеприводных и полноприводных автомобилей, поставляемых ЗАО НПО «БелМаг» (г. Магнитогорск) на сборочный конвейер данного предприятия.

Заключение

Металлические изделия, применяемые в автомобильной промышленности, зачастую являются ключевыми компонентами, обуславливающими уровень качества товаров, производимых машиностроительными и автомобильными компаниями. Среди огромного перечня продуктов промышленного производства, изготавливаемых с применением металлических составных частей, особую роль играют шаровые шарниры, предназначенные для использования в качестве автомобильных компонентов. Формирование заданных потребительских свойств автокомпонентов во многом обеспечивается уровнем производства их металлических комплектующих изделий. Поэтому постановка и решение научно-технических задач по улучшению показателей качества данных изделий, разработке и совершенствованию технологий их производства обладают высокой степенью актуальности.

Все представленные результаты позволили организовать поставки на конвейеры ОАО «АВТОВАЗ», ЗАО «Джи-Эм АВТОВАЗ», ООО «Автомобильный завод «ГАЗ» шаровых шарниров новых конструкций с обеспечением требуемого уровня качества изделий и их стоимости.

Результаты работы закреплены в многочисленных публикациях, патентах на изобретения и свидетельствах на полезные модели.

Список литературы

1. Гун И.Г. Совершенствование технологической системы изготовления шаровых шарниров. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 360 с.
2. Комплексная оценка эффективности процессов производства шаровых пальцев / Гун И.Г., Рубин Г.Ш., Сальников В.В. и др. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 134 с.
3. Квалиметрическая оценка производства автомобильного крепежа: монография / Д.М. Закиров, Г.Ш. Рубин, И.Ю. Мезин и др. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 158 с.
4. Протипология – новый этап развития стандартизации метизного производства / Г.Ш. Рубин, М.А. Полякова, М.В. Чукин, Г.С. Гун // Сталь. №10, 2013. С. 84-87.
5. Управление качеством продукции в технологиях метизного производства: монография / А.Г. Корчунов, М.В. Чукин, Г.С. Гун, М.А. Полякова. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2012. 164 с.
6. Гун И.Г., Михайловский И.А., Осипов Д.С. Квалиметрическая оценка и повышение результативности сквозной технологии и системы менеджмента качества шаровых пальцев: монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 147 с.
7. Улучшение качества автокомпонентов за счет совершенствования технологических процессов / Гун И.Г., Куцендик В.И., Осипов Д.С., Сальников В.В., Гун Е.И., Пестерев Д.А., Смирнов Ал.В., Смирнов Ар.В. // Качество в производственных и социально-экономических системах: материалы междунар. науч.-техн. конф. / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2013. С. 82-85.

THE DEVELOPMENT, MODELING AND IMPROVEMENT OF AUTOMOTIVE BALL JOINTS MANUFACTURING PROCESSES

Gun Igor Gennadievich – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia E-mail: i-gun@yandex.ru.

Mikhailovskiy Igor Aleksandrovich – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: i-mikhailovsky@yandex.ru.

Osipov Dmitriy Sergeevich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: dmitry_osipov@mail.ru.

Kutsependik Vyacheslav Iosifovich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: kutsependik@mail.ru.

Salnikov Vitaliy Vladimirovich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. E-mail: bestvit@bk.ru.

Gun Evgeniy Igorevich – Postgraduate Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia.

Smirnov Aleksey Vyacheslavovich – Postgraduate Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia.

Smirnov Artem Vyacheslavovich – Postgraduate Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia.

Abstract. In this article you can see the overview of scientific and technical problems and trends which were investigated during the processing improvement for manufacturing of front suspension and wheel systems ball joints as well as their components for Russian and foreign vehicles. You can see the main scientific and technical results which were achieved within those works. These results aimed to increase the process efficiency, invent new processes and improve the actual metal deforming processes such as cold forging, hot forging, sheet stamping of ball joints components. The following materials are presented in the article: the improvement results of the equipment and test methods of ball joints exploitation characteristics as well as qualimetric complex values of technological processes, quality systems etc.

Keywords: research, improvement, metal deforming by pressure, technological processes, ball joints, quality characteristics, modeling, tests, exploitation characteristics.

References

1. Gun I.G. *Sovershenstvovanie tehnologicheskoy sistemy izgotovleniya sharovyih shmirov* [Improvement of the technological systems manufacturing ball joints]. Moscow: Bauman MSTU Publishing House, 2000, 360 p.
2. Gun I.G., Rubin G.S., Salnikov V.V. et al. *Kompleksnaya otsenka effektivnosti protsessov proizvodstva sharovyih paltsev* [Comprehensive assessment of the effectiveness of ball joints production processes]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2008, 134 p.
3. Zakirov D.M., Rubin G.S., Mezin I.U. et al. *Kvalimetriceskaya otsenka proizvodstva avtomobilnogo krepzha: monografiya* [Qualimetric assessment by automobile fasteners: monograph]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2007, 158 p.
4. Rubin G.S., Polyakova M.A., Chukin M.V., Gun G.S. Prototyping – a new stage of development of standardization metalware production. *Stal' [Steel]*, 2013, no. 10, pp. 84-87.
5. Korchynov A.G., Chukin M.V., Gun G.S., Polyakova M.A. *Upravlenie kachestvom produktsii v tehnologiyah metiznogo proizvodstva: monografiya* [Quality management in technology metalware production: monograph]. Moscow: Ores and metals Publishing House, 2012, 164 p.
6. Gun I.G., Mikhailovsky I.A., Osipov D.S. *Kvalimetriceskaya otsenka i povyshenie rezultativnosti skvoznoy tehnologii i sistemy menedzhmenta kachestva sharovyih paltsev: monografiya* [Qualimetric assessment and enhanced efficiency through technology and quality management system production ball joints: monograph]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2008, 147 p.
7. Gun I.G., Kutsependik V.I., Osipov D.S., Salnikov V.V., Gun E.I., Pesterev D.A., Smirnov A.I.V., Smirnov Ar.V. Improvement of the quality of automotive components by improving technological processes. *Kachestvo v proizvodstvennykh i sotsialno-ekonomicheskikh sistemakh: materialy mezhdunar. nauch.-tehn. konf.* [Quality in production and socioeconomic systems: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference]. South-West State University, Kursk, 2013, pp. 82-85.