

УДК 621.771

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ И РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Гун Г.С.

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

**Аннотация.** В статье приведен обзор основных научных направлений и результатов теоретических исследований одной из ведущих в России кафедры – машиностроительных и металлургических технологий Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова.

**Ключевые слова:** обработка материалов давлением, качество, метизное производство, системный подход, инновационные методы.

В юбилейный год создания Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова (МГТУ) предлагаю обзор результатов теоретических достижений одной из ведущих профильных кафедр магнитогорского вуза и России – кафедры машиностроительных и металлургических технологий (ММТ). Кафедра ММТ образована в 1969 г. разделением с кафедрой обработки металлов давлением, имеет богатую, насыщенную инновациями и достижениями историю. Приведу только некоторые наиболее яркие свершения ее коллектива. За 45 лет на кафедре открыты 5 специальностей: в 1969 г. – «Обработка металлов давлением» (первая и единственная в стране на протяжении многих лет специализация – «Метизное производство»); в 1987 г. – «Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия»; в 1995 г. – «Стандартизация и сертификация (в металлургии)»; в 1998 г. – «Сервис и техническая эксплуатация транспортных и технологических машин», «Материаловедение в машиностроении»; в 2010 г. – «Наноматериалы». В 1971 г. открыт НИИбиметалл, в 2008 г. – НИИнаносталей. В 1996 г. был создан на базе МГМИ и Магнитогорского металлургического комбината «Уральский региональный центр Академии проблем качества РФ», при МГМИ – «Ассоциация стандартизации, сертификации, контроля качества продукции и услуг», а также лицензированные – Орган сертификации и Международный технический комитет по стандартизации продукции. Создан сначала кандидатский, затем докторский диссертационный совет по специальности «Стандартизация и управление качеством продукции» (металлургия) – уникальный и единственный в стране по подготовке кадров такой квалификации для металлургии. На Магнитогорском металлургическом комбинате (ММК) свыше 100 человек защитили докторские и кандидатские диссертации в диссертационных советах нашего вуза, а всего только в совете по

качеству выпущено свыше 30 докторов и кандидатов наук.

В 1999 г. впервые в вузе Государственной премией в области науки и техники удостоен коллектив учёных кафедры во главе с профессором Стеблянко В.Л. за создание непрерывной промышленной линии по производству биметаллической проволоки на Магнитогорском метизно-металлургическом заводе [1, 2].

Во главе с доцентом В.Д. Голевым молодые учёные М.В. Чукин, И.Ю. Мезин, М.Я. Митлин спроектировали цех порошковой металлургии на Белебеевском заводе «Белсельмаш». Идеи молодых учёных И.Ю. Мезина, И.Г. Гуна, М.В. Чукина по переработке чугунной обрезки изложниц в порошок послужили толчком к созданию мини-завода порошковой металлургии «Феррум» на базе ОАО «ММК». Впервые в регионе мы стали производить порошковые изделия для ВАЗа, затем во главе с профессором И.Г. Гуном создано предприятие по выпуску автокомпонентов – ЗАО «Бел-Маг», которое в настоящее время является лидером по производству автокомпонентов в России и фактически служит базовой кафедрой университета на производстве [3–5].

Нельзя не отметить издательскую деятельность кафедры ММТ, выпустившей за эти годы сотни книг, монографий, пособий, сборников; занимающей лидирующие позиции в выпуске ваковского журнала «Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова», журналов «Обработка сплошных и слоистых материалов», «Качество в обработке материалов».

Кафедра всегда отличалась самобытностью и новаторством в теоретических разработках. Так, первый заведующий кафедрой, профессор Аркулис Г.Э. разработал уникальную теорию совместной пластической деформации разнородных металлов, послужившую базой для решения задач конструирования и обработки слоистых ма-

териалов различных композиций и назначения. Эта теория в то время явилась прорывом в теории совместной деформации материалов с различными характеристиками, получила мировое признание и распространение [6, 7].

Тесное сотрудничество кафедры с метизными заводами страны и с единственным в то время исследовательским метизным центром СССР – ВНИИметизом позволило занять лидирующие позиции в теории метизного производства. Мощная группа метизников: Белалов Х.Н., Коквихин Ю.И., Кулеша В.А., Клековкина Н.А., Дорогобид В.Г., Щеголев Г.А., Харитонов В.А., Манин В.П., Чукин М.В., Корчунов А.Г. и др. фактически обеспечила теоретическую платформу метизной подотрасли СССР, а затем и России [8–12].

Международное признание получила и научная школа «порошковилов»: В.Д. Голев, И.Ю. Мезин, М.В. Чукин, М.Я. Митлин, Э.М. Голубчик, М.А. Полякова и др. На рубеже 80–90-х годов прошлого столетия в университете при кафедре ММТ открыта специальность «Порошковые и композиционные материалы, покрытия» и начата подготовка высококвалифицированных инженерных кадров в области порошковых технологий и нанесения покрытий. В 1988 г. по заданию Государственного комитета по образованию СССР научно-педагогический коллектив кафедры назначен разработчиком учебного плана по специальности «Порошковые и композиционные материалы, покрытия» для всех вузов СССР.

Представители научного коллектива, вовлеченные в научные исследования по проблемам порошковой металлургии и нанесения покрытий (научные руководители – Мезин И.Ю., Чукин М.В.), приняли участие в 17 научно-исследовательских работах, в числе которых 3 федеральные научно-технические программы по исследованиям в области порошковой технологии, Международный проект с техническим университетом г. Хемниц (ФРГ), 6 грантов по фундаментальным проблемам в области металлургии и в области машиностроения. Под руководством И.Ю. Мезина разработаны теоретические принципы построения технологических процессов производства пористых металлоизделий для различных отраслей промышленности, заключающиеся в использовании холодной пластической деформации в качестве операции, обеспечивающей не только форму и размеры, но и одновременное формирование материала готового изделия, получены новые научные знания о консолидации отдельных элементов пористой металлической среды при холодном прессовании [13–18].

С кафедры ММТ вышла группа учёных, создавших кафедру технологий, сертификации и сервиса автомобилей и новое научное направление – Теория и практика производства метизов

для автопрома: И.Г. Гун, И.Ю. Мезин, И.А. Михайловский, В.И. Кудепендик, В.В. Сальников, Д.С. Осипов и др. Научным коллективом под руководством д.т.н. Гуна И.Г. разработаны новые и усовершенствованы существующие процессы обработки давлением, такие как планетарная обкатка, запрессовка, высадка, штамповка, планетарно-поворотная обкатка, закатка и др.; разработана концепция производства метизов для автопрома; пакеты методик расчета и испытательные стенды для автомобильных метизов. ЗАО «БелМаг», во многом благодаря своим теоретическим разработкам, стал лидером в России по производству автокомпонентов [19–40].

Новая концепция конструирования и формирования покрытий в процессах ОМД на основе принципа обеспечения динамической устойчивости технологического и эксплуатационного деформирования при стохастичности параметров управления и состояния разработана Чукиным М.В. Им предложен метод сравнения двух специальных нечетких множеств задач технологического и эксплуатационного деформирования изделий с покрытиями, учитывающий этапность и значимость целей соответствующих показателей для комплексного критерия оптимизации; создана реологическая модель упругопластической пористой слоистой среды с межслойными границами произвольной формы и пространственной ориентации; получены условия совместной пластической деформации некомпактных элементов многослойного материала для случаев отсутствия и наличия деформационного упрочнения твердой фазы элементов композита. Под руководством М.В. Чукина проведен комплекс теоретических изысканий, в результате получены новые научные знания о процессе волочения проволоки с полимерными покрытиями при детерминированных значениях микрогеометрии межслойной границы и случайно-вероятностном характере распределения показателей микрогеометрии межслойной границы; определены границы устойчивости процесса электроконтактного напекания двухслойных покрытий при детерминированных значениях пористости и случайно-вероятностном характере распределения пористости по объему элементов композиции; выведены зависимости влияния параметров состояния пористых покрытий из самофлюсующихся порошковых сплавов на эксплуатационные показатели изделий с покрытиями при механическом воздействии абразивной средой. В результате исследований предложены теоретические принципы разработки оптимальных процессов технологического деформирования изделий с покрытиями и оптимальных конструкций покрытий в процессах эксплуатационного деформирования [41–48].

В конце прошлого столетия под руководством автора в МГТУ предложено новое научное направление – квалиметрия промышленной продукции и производственных процессов в металлургии, разработаны методология и методы комплексной количественной оценки материальных объектов, являющихся продуктом труда, технологических процессов, процессов организации работы предприятий и учреждений. Направление включает в себя разработку методов структурирования интегрального качества объекта, функционально-целевой анализ качества, исследование качества с использованием метода QFD, исследование взаимодействий отдельных свойств, разработку методов оценки отдельных и комплексных свойств, разработку методов свёртки единичных и комплексных оценок в интегральную. Предложенное нами направление основывается на холистическом подходе и теоретических положениях теории систем и системного анализа, исследовании синергетических эффектов, математическом аппарате классической и нечёткой логики [49–56].

В 21-м веке кафедра ММТ (зав. кафедрой Чукин М.В.) получила новое мощное «дыхание». Создана современная, мирового уровня лабораторно-исследовательская база, выиграны «немыслимые» конкурсные программы и гранты, только за последние 5 лет с суммой более 300 млн руб., где особенно значимы проекты по созданию нового высокотехнологичного производства [56–67].

С 2007 г. на кафедре ММТ под руководством проф. Чукина М.В. проводится комплекс научно-исследовательских работ, направленных на установление закономерностей формирования структуры и свойств ультрамелкозернистых (УМЗ) углеродистых сталей методами деформационного измельчения [68–72]. Под УМЗ мы понимаем поликристаллические материалы с размером зерен менее 1000 нм, свойства которых значительно отличаются от свойств крупнозернистых материалов, что определяет реальные возможности их практического применения в разнообразных отраслях науки и техники. Исследования были начаты под руководством Чукина М.В. и Копцевой Н.В. при участии сотрудников Института физики перспективных материалов ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», которые оказали существенную помощь в осуществлении равноканального углового прессования (РКУП), одного из наиболее эффективных методов деформационного получения УМЗ структуры с размером зерна менее 1000 нм.

Копцевой Н.В. были доказаны феноменологические особенности структурных превращений в углеродистой конструкционной стали при деформационном измельчении зерна до размера

200–500 нм методом РКУП, выявлено влияние на них предварительной термической обработки и последующих деформационного и термического воздействий [71, 77, 79]. Определен механизм влияния структурообразования в углеродистых конструкционных сталях на механические свойства, формирующиеся в процессе РКУП и при последующих деформационно-термических воздействиях, которые характеризуются высоким уровнем прочностных характеристик при сохранении удовлетворительных пластических характеристик и ударной вязкости [78–80]. Раскрыты специфические особенности структурных превращений и механизма рекристаллизации при нагреве УМЗ низко- и среднеуглеродистой стали, объясняющие высокую стабильность ее структуры и свойств при термическом воздействии [81]. Эти результаты вносят вклад в расширение представлений металловедения о фазово-структурных превращениях в сталях при внешних воздействиях и о влиянии структуры на их свойства.

В качестве способа формирования УМЗ структуры материала был разработан метод равноканальной угловой свободной протяжки, реализация которого позволила управлять свойствами металлов в условиях непрерывности технологического процесса изготовления проволоки [69–72].

Полученные результаты показали возможность использования РКУП для получения в дешевых нелегированных сталях свойств, характерных для легированных сталей после упрочняющей термической обработки, для пластифицирования стали и успешного проведения последующей холодной пластической деформации с формированием высоких прочностных характеристик продукции. Была создана база данных, зарегистрированная в государственном реестре, позволяющая прогнозировать комплекс механических свойств УМЗ сталей и обеспечивающая накопление и подготовку исходных данных для создания новых технологических процессов с использованием методов интенсивной пластической деформации (ИПД) при производстве различных видов металлопродукции.

Внедрение результатов исследований позволяет значительно расширить класс конструкционных материалов для изготовления металлических изделий, обладающих повышенными прочностными свойствами, что имеет большое значение для металлургии и машиностроения и приносит существенный экономический эффект.

Эти работы получили развитие в настоящее время: с использованием физического моделирования на современном комплексе Gleeble 3500 в МГТУ исследуется возможность деформационного измельчения и получения УМЗ структуры углеродистой стали методами высокоскоростной и многоциклового горячей пластической

деформации [69–81].

Барышниковым М.П. разработан и внедрен новый подход к регламентации поверхностного слоя металлических изделий, заключающийся в рассмотрении зоны контактирования двух поверхностей как некоторой некомпактной пористой среды, где можно выделить две основные области: материал и пустое пространство. Применение такого подхода при рассмотрении процессов контактирования поверхностей позволяет использовать для моделирования и прогнозирования теоретические закономерности и математический аппарат, известные в механике некомпактных сред и порошковой металлургии [82, 83]. Барышниковым М.П. предложена методика прогнозирования механических свойств и напряженно-деформированного состояния (НДС) в процессах обработки давлением стальных заготовок с различными структурными неоднородностями (неметаллические включения, газовые поры, направленная структура, вследствие неоднородности деформации). Методика основана на представлении металлов, как некомпактной среды, и реализована методами конечно-элементного и аналитического математического моделирования [84–85].

В основе наиболее распространенных программных пакетов по расчету процессов ОМД лежит механика сплошных сред. Математическая модель процесса деформации металла, представленная системой двадцати девяти дифференциальных уравнений, была создана с использованием некоторых упрощений, что влечет за собой рост погрешности результата вычислений. Ввиду сложности аналитического решения системы двадцати девяти дифференциальных уравнений применяют численные методы, самым распространенным из которых является метод конечных элементов. Применение численных методов, в свою очередь, также способствует увеличению погрешности вычислений.

В 1928 г. появилась фундаментальная работа Куранта, Фридрихса и Леви, посвященная численному решению дифференциальных уравнений в частных производных [86]. Интерес авторов заключался в использовании конечно-разностных методов решения дифференциальных уравнений как инструмента математики. Дискретизируя дифференциальные уравнения, доказывая сходимости дискретной системы к дифференциальной и, наконец, устанавливая существование решения дискретной системы алгебраическими методами, они доказывали теоремы существования и единственности решений для эллиптических, гиперболических и параболических дифференциальных уравнений. В этой работе было также получено и объяснено знаменитое необходимое условие устойчивости Куранта–Фридрихса–Леви, которое в современной терми-

нологии гласит, что число Куранта должно быть меньше единицы. Этот подход является частным случаем клеточных автоматов [87]. В плане точности модели динамики клеточные автоматы конкурентоспособны, по крайней мере, с точки зрения их вычислительной эффективности.

Клеточные автоматы являются дискретными динамическими системами, эволюция которых полностью определяется в рамках локальных зависимостей, что также свойственно большому классу непрерывных динамических систем, определенных уравнениями в частных производных. Клеточный автомат в каком-то смысле подобен физическому понятию «поля». Если представить клеточный автомат как своеобразный мир, где пространство расчерчено равномерной сеткой, каждая клетка (ячейка) которой характеризуется конечным количеством определенных параметров, время представлено последовательностью тактов, а законы мира представлены конечной таблицей переходов состояний для всех ячеек в зависимости от состояний соседних ячеек, то эта система достаточна для реализации сложных структур и явлений. Необходимо также отметить достоинство клеточных автоматов в общей парадигме параллельных вычислений [87].

Первой нашей попыткой создать модель реальной среды была система подвижных клеточных автоматов [88]. Среда представляла собой конечное количество элементарных элементов, взаимодействующих друг с другом по некоторому закону. В список параметров, характеризующих каждый элемент, входили координаты центра масс, масса и компоненты скорости. Варьируя закон взаимодействия элементов, можно было изменять свойства среды. Но эта система имела ряд недостатков, в частности, потребность в гигантской вычислительной мощности ПК, поскольку приходилось рассчитывать взаимодействие каждого элемента с каждым, а также количество тактов было слишком велико.

Вторая модель представляет собой классический клеточный автомат. Плоскость разделена на элементарные квадратные ячейки, а время, в свою очередь, – на такты.

В построенной нами модели рассматривается абстрактное возмущение, распространяющееся от источника по заданной области. Это отражает наиболее общий подход к моделированию физических взаимодействий в среде.

Обобщающий подход открывает широкие перспективы для моделирования процессов ОМД. В этом случае возмущением может быть изменение положения материальной точки, скорость материальной точки, сила, напряжения, деформации. Клеточно-автоматная модель открывает широкие перспективы для разработки эффективных программ расчета НДС заготовки в

процессе обработки давлением [88, 89].

В последние годы в вузе интенсивно развивается теория качества в рамках научной школы «Разработка и развитие теории квалиметрии и управления качеством продукции и производственных процессов» [90–102]. Рубиным Г.Ш. предложены основы функционально-целевого анализа [103–109]. Разработано понятие «функция объекта» (изделия, процесса), основанное на фундаментальных представлениях о взаимодействиях в физике. Определены три функции изделий, которые существенны для оценивания метизов: транспортная, монтажная и эксплуатационная. Обоснован и определен период существования объекта оценивания, в котором он выполняет потребительские функции. Этот период предложено назвать потребительской фазой. Разработан метод анализа структуры качества объекта, основанный на анализе функций, выполняемых при его потреблении. Исследователями МГТУ реализуется системный подход к комплексной оценке качества. Определён комплекс требований к операции свёртки, уточняющий известные ранее и опирающийся на положения логики относительных оценок. Введено понятие «акселерация оценок при свёртке», отражающее свойство эмерджентности в системах. Дано его математическое определение. Предложены функции свёртки, удовлетворяющие обоснованному в работе комплексу требований.

Мы считаем весьма продуктивным и разрабатываем процессный подход к оценке результативности технологического процесса. Разработаны понятия и методы локальной, глобальной и комплексной результативности многооперационного процесса производства, основанные на функциональном подходе к оценке технологического процесса, и методы их оценки, а также новые методы совершенствования технологических процессов с целью получения заданного качества метизов, повышения результативности технологического процесса.

Разработаны методы оценки требований к заготовке на основе нечёткого моделирования для получения требуемого качества метизов в заданном технологическом процессе и метод факторного анализа результативности технологического процесса, позволяющий оценивать потенциальные возможности операций для повышения результативности процесса.

Разработан функциональный метод анализа качества витых изделий, отличающийся наиболее полным учётом требований потребителя к кабелю. Определены понятия «функция изделия» и «свойство изделия». Методом функционального анализа разработана структура качества геофизического кабеля, отличающаяся сетевым строением. Анализ структуры свойств изделия

позволил выявить новое потребительское свойство геофизического кабеля – «жесткость», определяемое количественным показателем «осевая жесткость».

Разработана номенклатура показателей, характеризующая эффективность процесса производства шаровых пальцев, включающая комплекс требований потребителя к качеству продукции и специальные требования к технологическому процессу. Разработана методика оценки технологической эффективности процессов производства шаровых пальцев, основанная на вычислении комплексной оценки с учётом свойства акселерации комплексной оценки.

Предложен комплексный показатель результативности технологического процесса производства высокопрочной арматуры железобетонных шпал (ЖБШ), формирующийся на основе глобального и локального показателей процесса, и метод его анализа, позволивший определить технологические резервы для достижения заданного уровня потребительских свойств готовой продукции.

На основе разработанной методики нечёткого моделирования технологического процесса получены математические модели пооперационного изменения прочностных и пластических свойств заготовки для производства самонарезающих винтов на этапе подготовки металла к холодной объемной штамповке [103–109].

Корчуновым А.Г. предложена методология разработки и применения математических моделей с элементами нечеткой логики для управления показателями качества металлических изделий в процессах их формирования и технологической наследственности при разработке новых и совершенствовании действующих технологий метизного производства [110–115]. Формализована процедура описания параметров управления процессами обработки, параметров состояния и показателей качества металлических изделий нечеткими и лингвистическими переменными. Разработана последовательность структурной и параметрической идентификации математических моделей с элементами нечеткой логики управления показателями качества продукции [110–112]. Сформулированы принципы анализа неблагоприятных наследственных связей в процессах формирования качества продукции, предложены и разработаны технологические мероприятия, направленные на подавление их развития или устранение с учетом специфики взаимодействия методов обработки различной физической природы в технологиях метизного производства [113–115].

В рамках научной школы «Разработка и развитие теории квалиметрии и управления качеством продукции и производственных процессов» Голубчиком Э.М. предложены научно обоснованные подходы к адаптивному оперативному управ-

лению качеством металлопродукции применительно к многовариантным технологическим системам [116–119]. Сформированы теоретические положения и построены различные модели и алгоритмы, реализующие методы оперативного технологического воздействия на показатели качества металлопродукции в процессе ее изготовления при возможной многовариантности технологической системы, обеспечивающие гарантированное достижение желаемого потребителем уровня качества. Такой подход позволяет предприятию-производителю наиболее эффективным образом использовать имеющиеся у него ресурсы для повышения своих конкурентных преимуществ, исключая затратные методы «проб и ошибок» при разработке технологий производства новых видов продукции. Учеными вуза в кооперации со специалистами-практиками проводятся комплексные исследования по применимости данной методологии при освоении инновационной металлопродукции, обладающей глубокой степенью переработки в условиях таких предприятий, как ОАО «ММК», ОАО «Мотовилихинские заводы» (г. Пермь).

Повышение качества продукции является важным фактором, определяющим конкурентоспособность продукции. Это обеспечивается путем выстраивания надежных отношений между потребителями и производителями. Особую актуальность приобретают проблемы повышения качества продукции на современном этапе интеграции российской экономики в мировое экономическое пространство. Это требует решения ряда задач, среди которых совершенствование системы стандартизации на всех уровнях производственных отношений. К настоящему времени накоплен багаж знаний, разработаны принципы и методы стандартизации, нормативная база стандартизации насчитывает сотни нормативных документов. Однако следует отметить отсутствие научных основ стандартизации; зачастую нормы, регламентируемые в стандартах, не соответствуют современному уровню развития техники и технологий; разработка, принятие и утверждение стандартов занимает довольно длительный промежуток времени; практически не действует заявляемый принцип опережающей стандартизации. Все это сдерживает быстрое внедрение современных достижений науки в действующее производство [120].

О качестве металлопродукции судят, прежде всего, по степени соответствия показателей качества требованиям нормативно-технической документации (НТД). Система обязательных требований в металлургии представлена более чем 20000 нормативных документов, в основном советского периода. Она неудобна для применения, часто имеет рамочный характер, содержит завышенные, дублирующие и избыточные требова-

ния, не гармонизирована с мировой практикой. Общероссийский каталог стандартов Ростехрегулирования содержит перечень 1855 государственных стандартов по разделу 77 «Металлургия». Многие ГОСТы устарели и не отвечают новым требованиям и принципам стандартизации, не отражают в полной мере рыночных отношений. Кроме того, действующие в настоящее время отраслевые стандарты в большинстве характеризуются несистематизированностью, значительной долей устаревших требований, отсутствием программы развития.

Стандартизация характеризуется тем, что имеет объект, в качестве которого выступают предметы, явления, процессы, повторяющиеся в виде различных вариантов, причем выбранный из этого множества вариант должен быть оптимальным. Поиск оптимального варианта должен производиться на научной основе с использованием математической статистики, теории вероятностей, комбинаторной математики и т.д. Стандартизация предполагает определенный набор действий: выбор или разработку оптимальных решений, их узаконивание и оформление по установленному порядку, их практическое применение в практике по строго регламентированным правилам, т.е. стандартизацию можно рассматривать как систему приемов трудовой деятельности, как метод работы.

Основными задачами стандартизации в области металлургического производства в настоящее время являются: упорядочение (систематизация) информации в НТД; унификация количества НТД на определенный вид продукции; разработка методических основ с учетом внедрения инноваций и модернизации металлургического производства, т.е. стандартизация должна быть действительно опережающей.

В МГТУ усилиями ученых Рубина Г.Ш., Поляковой М.А., Чукина М.В. и др. [120, 121] складывается новая наука о приемах и методах разработки стандартов на промышленную продукцию. Для обозначения этой науки предложено

использовать греческое слово *протипология* – стандарт. Следуя традициям словообразования русского языка – соединять названия предмета изучения с окончанием «-логия», соответствующую науку о стандартизации называем «Протипология». Предметом данной науки является разработка методов согласования требований потребителя и возможностей изготовителя продукции. Этапами разработки стандартов являются:

1) разработка требований потребителя как набора свойств и характеризующих их измеряемых показателей;

2) установление соответствия между потребительскими свойствами и свойствами изделия,

контролируемыми изготовителем продукции;

3) максимальное сближение позиций изготовителя и потребителя и разработка стандарта как оптимального компромисса позиций сторон.

Наши научно-практические разработки последних лет доказывают перспективность и возможность внедрения нанотехнологий в действующие технологические процессы производства металлоизделий различного назначения. Результатом практической реализации фундаментальных исследований в области формирования наноструктуры в углеродистых сталях при различных видах ИПД стали разработанные технологические процессы получения различных видов метизной продукции. Использование углеродистой стали с УМЗ структурой для производства различных видов металлоизделий (проволока, машиностроительный крепеж, высокопрочная арматура для ЖБШ и др.) позволяет не только получить характерный для данного структурного состояния комплекс прочностных и пластических свойств, но также в значительной степени расширяет области применения, приводит к экономии материальных и энергетических ресурсов.

Одним из примеров последовательной реализации предлагаемых этапов разработки стандартов, связанных с отсутствием нормативной базы для производства металлоизделий из сталей с УМЗ структурой, является разработанная нами технология производства высокопрочных болтов М16 из углеродистых сталей 20 и 45 после РКУП методом холодной высадки. Результаты испытаний показали, что использование УМЗ сталей может существенно повысить класс прочности болтов, что достаточно сложно обеспечить для данных марок стали традиционными методами обработки. Это объясняется деформационным измельчением структуры материала болтов и формированием в нем УМЗ структуры по всему сечению изделия. Согласно общей методологии протипологии в настоящее время реализованы первые два этапа разработки стандарта. В ходе первого этапа проведен анализ требований потребителей в получении высокопрочного крепежа с высокими значениями механических свойств. При этом немаловажную роль играет возможность замены легированных марок стали на углеродистые при сохранении требуемого уровня механических свойств. На втором этапе проведен комплекс теоретико-экспериментальных работ по установлению такой возможности. В настоящее время остро стоит необходимость разработки стандарта, либо разработки изменений в действующие нормативные документы, открывающие перспективы производства данного вида метизной продукции из углеродистых сталей с УМЗ структурой [11, 57–61, 63, 65, 66, 120, 121].

В 2010–2012 гг. специалистами ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-

МЕТИЗ» и учеными МГТУ реализован совместный проект по созданию высокотехнологичного производства высокопрочной арматуры диаметром 9,6 мм для ЖБШ высокоскоростных и тяжело нагруженных магистралей, поддержанный Министерством образования Российской Федерации. Реализация проекта была направлена на достижение значимой научной цели, заключающейся в формировании наноструктурированного состояния высокоуглеродистых сталей в объемных длинномерных изделиях [11, 57–61, 65, 66, 120, 121]. При реализации технологии первый этап разработки нормативной документации на этот вид металлопродукции реализован в виде требований ОАО «РЖД» как основного потребителя. На втором этапе учеными МГТУ и специалистами ОАО «ММК-МЕТИЗ» был проведен колоссальный объем экспериментальных исследований по установлению влияния режимов каждой операций технологического процесса на конечные потребительские свойства арматуры. В результате проведенных работ в действующие в ОАО «ММК-МЕТИЗ» технические условия ТУ 0930-011-01115863-2008 были внесены изменения в части расширения класса арматуры 1450К, а также нового вида исполнения: прутки со свободной длиной без резьбы на концах.

Несмотря на то, что по своим эксплуатационным характеристикам металлоизделия, получаемые из углеродистых сталей с УМЗ структурой, не уступают, а порой превосходят свои крупнозернистые аналоги, промышленное внедрение данных технологических процессов сдерживается отсутствием НТД. Основываясь на предлагаемом подходе, основным направлением развития стандартизации на современном этапе является использование основных положений протипологии для разработки стандартов, прежде всего отраслевого значения. Это будет являться базой не только для скорейшего внедрения, например, нанотехнологий в действующее промышленное производство, но станет значительным шагом вперед на пути адаптации требований отечественных стандартов мировым аналогам.

Кафедра ММТ МГТУ является практической единственной в России, выпускающей метизников, тесно сотрудничает с предприятиями этой отрасли в сфере научной деятельности. В настоящее время ведущим ученым-метизником, профессором кафедры Харитоновым В.А. проводится комплекс исследований, направленных на повышение конкурентоспособности проволоки и канатов. Под его руководством защищено 12 кандидатских диссертаций, посвященных решению актуальных проблем метизной подотрасли страны [12, 122–125]. В.А. Харитоновым предложен пакет методик проектирования: калибровок валков станов сортовой холодной прокатки и роликовых волок; ресурсосберегающих технологических процессов изготовления проволоки различного

назначения; параметров периодического профиля холоднодеформированной проволоки из низко- и высокоуглеродистых сталей и инструмента для его нанесения; маршрутов волочения проволоки и выбора параметров волочильного инструмента на основе оценки геометрической скоростной и контактной неравномерности деформации.

Разработана теория калибрующего пластического обжатия прядей и канатов гладких и периодического профиля в роликовых волоках и модель расчета параметров структурообразования при волочении проволоки в роликовых волоках радиально-сдвиговой деформации.

Разработаны, прошли опытное промышленное опробование, внедрены в производство на промышленных предприятиях (ОАО «БМК», ОАО «ММК-МЕТИЗ», ЗАО «Уралкорд» и др.) новые технологии производства проволоки круглой передельной из высоколегированных и легких сплавов; проволоки фасонного и периодического профиля; из легированных, низко- и высокоуглеродистых сталей, проволоки высокоуглеродистой под металлокорд. Работы проводились совместно с ведущими научно-исследовательскими институтами: ВНИИМетиз (г. Магнитогорск), ВИЛС (г. Москва), НИИЖБ (г. Москва), ВНИИЖелезобетон (г. Москва) и др. [12, 122–125].

#### Список литературы

1. Стебляно В.Л. Создание технологий получения биметаллической проволоки и покрытий на основе процессов, совмещенных с пластическим деформированием: дис. ... д-ра техн. наук / Стебляно Валерий Леонтьевич. Магнитогорск, 2000. 300 с.
2. Стебляно В.Л., Ситников И.В. Очистка и активация поверхности металлов перед плакированием и нанесением покрытий // «Черметинформация»: Обзорная информация. М., 1991. 22 с.
3. Использование чугушной стружки в качестве сырья для производства порошков / А.А. Гостев, Г.С. Гун, М.В. Чукин, И.Ю. Мезин и др. // Новые технологии получения слоистых материалов и композиционных покрытий: материалы междунар. науч.-техн. конф., г. Сочи, 5–8 октября 1992. Сочи, 1992.
4. Гун Г.С., Мезин И.Ю. Production of Durable Materials and Products on the basis of steel carbide chromium // Advances in Materials & Processes international conference & exhibition, 16–19 февраля 1992. Бомбей, Индия, 1992.
5. НПО «БелМаг» – 10 лет движения вперед / Гун И.Г., Михайловский И.А., Осипов Д.С. и др. Магнитогорск: Магнитогорский Дом Печати, 2007. 104 с.
6. Аркулис Г.Э. Совместная пластическая деформация разнородных металлов. М.: Металлургия, 1964. 272 с.
7. Аркулис Г.Э., Дорогобид В.Г. Теория пластичности. М.: Металлургия, 1987. 352 с.
8. Производство стальной проволоки: монография / Белалов Х.Н., Клековкина Н.А., Клековкин А.А., Никифоров Б.А., Гун Г.С., Корчунов А.Г., Зюзин В.И., Кулеша В.А., Савельев Е.В. Магнитогорск: МГТУ, 2005. 543 с.
9. Стальная проволока: монография / Белалов Х.Н., Клековкина Н.А., Гун Г.С., Корчунов А.Г., Полякова М.А. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 689 с.
10. Кулеша В.А., Клековкина Н.А., Белалов Х.Н. Изготовление высококачественных метизов (научный и практический опыт Белорецкого металлургического комбината): коллективная монография. Магнитогорск: Магнитогорский Дом Печати, 1999. 328 с.
11. Производство высокопрочной стальной арматуры для железобетонных шпал нового поколения / М.В. Чукин, А.Г. Корчунов, В.А. Бахшинов, М.П. Барышников, Г.С. Гун, Д.К. Долгий, Ю.Ю. Ефимова, В.М. Колокольцев, Н.В. Копцева, К.Ю. Куранов, В.Н. Лебедев, И.Ю. Мезин, М.А. Полякова, В.В. Чукин; под общ. ред. М.В. Чукина. М.: Металлургиздат, 2014. 276 с.
12. Харитонов В.А. Направления развития технологических процессов производства проволоки // Метизное производство в XXI веке: межвуз. сб. науч. тр. Магнитогорск, 2001. С. 4–15.
13. Мезин И.Ю. Развитие теории и технологии формирования металлоизделий холодным прессованием структурнонеоднородных материалов: дис. ... д-ра техн. наук. Магнитогорск, 2001. 360 с.
14. Мезин И.Ю. Формирование металлоизделий из структурнонеоднородных материалов: монография. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2000. 155 с.
15. Эффективные способы глубокой переработки металла на базе магнитогорских металлургических предприятий / Гун Г.С., Гун И.Г., Мезин И.Ю. и др. // Новые материалы и технологии НМТ-98: материалы Всерос. науч.-техн. конф. М.: Изд-во «ЛАТМЭС», 1998. С. 72.
16. Ryabkov V.M., Gun G.S., Mezin I.Y. The principles of developing steel – carbide chrome composite powder materials by cold deformation of porous ingots // International Conference "Materials by Powder Technology – PTM 93", March 23–26, 1993, Дрезден (ФРГ).
17. Гун Г.С., Мезин И.Ю. Исследование контактных явлений при развитии консолидации в порошковом материале // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Новые технологии получения слоистых и порошковых материалов, композиционных покрытий». Сочи, 1993. С. 115–116.
18. Теоретические и технологические основы производства порошков и изделий регулируемого состава на основе железа / Г.С. Гун, И.Ю. Мезин, И.Г. Гун и др. // Материалы Российской межвуз. науч.-техн. конф. «Фундаментальные проблемы металлургии». Екатеринбург: УГТУ, 1995. С. 91.
19. Получение порошковых материалов и изделий (Опыт работы завода «Марс»): монография / Г.С. Гун, А.А. Гостев, И.Ю. Мезин, Е.Г. Козодаев, И.Ф. Тимошенко, И.Г. Гун. Магнитогорск, 1993. 112 с.
20. Калибровка профиля петли двери легкового автомобиля ВАЗ / Поляков М.Г., Никифоров Б.А., Гун Г.С. и др. // Теория и практика производства стальных фасонных профилей: сб. науч. трудов. Магнитогорск: МГМИ, 1971. Вып. 106.
21. Калибровка таврового профиля для тормозных колодок автомобиля «Москвич» / Гун Г.С., Богатырев Ю.П., Кандауров Л.Е. и др. // Теория и практика производства стальных фасонных профилей: сб. науч. трудов. Магнитогорск: МГМИ, 1974. Вып. 140.
22. Поле скоростей при прокатке тавровых профилей в трехвалковых калибрах / Гун Г.С., Рубин Г.Ш., Богатырев Ю.П. и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. 1979. № 4.
23. Гун Г.С., Гостев А.А., Гун И.Г. Концепция мини-завода порошковой металлургии с использованием в качестве сырья чугушной стружки // Новые технологии получения слоистых порошковых материалов, композиционных покрытий: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Сочи, 7–10 сентября 1993. Сочи, 1993.
24. Выбор материала и разработка технологии изготовления тормозных элементов дискового тормоза легковых автомобилей методом порошковой металлургии / Г.С. Гун, И.Ю. Мезин, О.Б. Толмачева, И.Г. Гун, А.А. Гостев, Е.Г. Козодаев и др. // Состояние и перспективы развития научно-технического потенциала Южно-Уральского региона: материалы Межгосуд. науч.-техн. конф. Магнитогорск: МГМИ, 1994. С. 124.
25. Использование порошков из чугушной стружки Магнитогорского металлургического комбината в антифрикционных материалах / Г.С. Гун, И.Ю. Мезин, О.Б. Толмачева, И.Г. Гун, А.А. Гостев, Е.Г. Козодаев и др. // Обработка сплошных и слоистых материалов: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. Г.С. Гуна. Магнитогорск: МГМА, 1994. С. 54–65.
26. Развитие машиностроительного производства в условиях



- АО ММК / Г.С. Гун, А.А. Гостев, В.А. Куц, В.Е. Хребто, И.Г. Гун // Труды второго конгресса прокатчиков. М., 1998. С. 334-336.
27. Гун И.Г., Михайловский И.А. Способ чистовой обработки неполных сферических поверхностей обкатыванием // Технология машиностроения. 2001. № 4. С. 12–15.
  28. Совершенствование режимов планетарной обкатки головок шаровых пальцев на основе анализа микрофотографии поверхности с целью повышения качества изделий / И.А. Михайловский, В.В. Сальников, Д.С. Осипов, И.Г. Гун // Вестник Череповецкого государственного университета. 2011. № 1 (т. 2). С. 39–44.
  29. Сальников В.В., Михайловский И.А., Гун И.Г. Моделирование процесса разрушения шарового шарнира передней подвески автомобиля при осевом нагружении // ААИ. 2011. № 2. С. 51–53.
  30. Гун И.Г., Михайловский И.А. Анализ и совершенствование процесса планетарной обкатки головок шаровых пальцев // Совершенствование технологий производства и конструкций автомобильных компонентов: сб. науч. тр. М.: ИД «ААИ-ПРЕСС», 2003. С. 119–123.
  31. Михайловский И.А., Гун И.Г., Лапчинский В.В. Методика проведения и обработка результатов объединенных испытаний верхних шаровых пальцев передней подвески автомобилей ВАЗ 2101-2107 // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2004. № 4 (8). С. 43–50.
  32. Михайловский И.А., Гун И.Г., Ясаков Ю.М. и др. Стенд для испытаний шаровых шарниров: пат. 2263889 РФ.
  33. Гун И.Г., Железков О.С., Михайловский И.А. Способ обработки неполной сферической головки шарового пальца поверхностным деформированием: пат. 2162785 РФ. Оpubл. 10.02.2001. Бюл. № 4.
  34. Гун И.Г., Артюхин В.И., Калмыков Ю.В., Левченко П.Е., Сальников В.В., Гун Е.И. Шаровой шарнир: пат. 2475652 РФ, МКИ F16C 11/06. Оpubл. 20.02.2013. Бюл. № 5.
  35. Гун И.Г., Артюхин В.И., Гун Е.И., Калмыков Ю.В., Сальников В.В., Куцепендик В.И. Шаровой шарнир рулевого управления: пат. 2501995 РФ, МКИ F16C 11/06, B62D 7/16. Оpubл. 20.12.2013. Бюл. № 35.
  36. Шаровые шарниры шасси: совершенствование конструкций, технологий и методов оценки качества: монография / И.А. Михайловский, И.Г. Гун, Е.И. Гун, Е.Г. Касаткина. Магнитогорск: Изд-во: Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 201 с.
  37. Разработка, моделирование и совершенствование процессов производства шаровых шарниров автомобилей / И.Г. Гун, И.А. Михайловский, Д.С. Осипов, В.И. Куцепендик, В.В. Сальников, Е.И. Гун, Ал.В. Смирнов, Ар.В. Смирнов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 52–57.
  38. Разработка процесса планетарно-поворотной обкатки / И.А. Михайловский, В.И. Куцепендик, Е.И. Гун, И.Г. Гун, В.В. Сальников // Металлургические процессы и оборудование. 2014. № 1. С. 39-45.
  39. Разработка, моделирование и исследование процессов ОМД при производстве шаровых шарниров автомобилей / И.Г. Гун, Д.С. Осипов, И.А. Михайловский, Ю.В. Калмыков, В.И. Куцепендик, В.В. Сальников, Е.И. Гун // Инновационные технологии обработки металлов давлением: сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. М.: НИТУ «МИСиС», 2011. С. 482–487.
  40. Развитие процессов ОМД в производстве автокомпонентов / В.И. Куцепендик, И.Г. Гун, И.А. Михайловский, Д.С. Осипов, В.В. Сальников, Е.И. Гун, Ар.В. Смирнов, Ал.В. Смирнов // XIV International Scientific conference «New technologies and achievements in metallurgy, material engineering and production engineering: a collective monograph edited by Henryk Dya, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013. P. 309–316.
  41. Чукин М.В. Развитие теории и оптимизация процессов технологического и эксплуатационного деформирования изделий с покрытиями: дис. ... д-ра техн. наук / Чукин Михаил Витальевич. Магнитогорск, 2001. 398 с.
  42. Упрочняющие и восстанавливающие покрытия / Г.С. Гун, В.В. Кривошапов, М.В. Чукин, В.С. Адамчук, А.М. Цун. Челябинск: Металлургия. Челябин. отд-ние, 1991. 160 с.
  43. Слоистые композиционные покрытия в метизной промышленности. Т. 1 / Е.И. Кузнецов, М.В. Чукин, М.П. Барышников, О.В. Семенова. Магнитогорск: ПМП «МиниТип», 1997. 96 с.
  44. Слоистые композиционные покрытия в метизной промышленности. Т. 2 / Е.И. Кузнецов, М.В. Чукин, М.П. Барышников, О.В. Семенова. Магнитогорск: ПМП «МиниТип», 1997. 208 с.
  45. Упрочнение прокатных валков напеканием чугунных порошков / А.А. Гостев, М.В. Чукин, Г.С. Гун и др. // Пути развития машиностроительного комплекса Магнитогорского металлургического комбината: сб. науч. тр. / под ред. А.А. Гостева. Магнитогорск: МГМА, 1996. С. 168-171.
  46. Гун Г.С., Чукин М.В., Барышников М.П. Кинематика процесса волочения двухслойных композиций с полимерной составляющей // Материалы 5 Междунар. конф. «Пленки и покрытия». СПб., 1998. С. 5-8.
  47. Чукин М.В. Развитие теории волочения проволоки с функциональными покрытиями // Материалы I Междунар. науч.-техн. конф. «Металлофизика и деформирование перспективных материалов». Самара, 1999. С. 36-37.
  48. Гун Г.С., Чукин М.В. Оптимизация процессов технологического и эксплуатационного деформирования изделий с покрытиями: монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 323 с.
  49. Гун Г.С. Совершенствование технологии производства высокоточных профилей оптимизацией по комплексному критерию качества: дис. ... д-ра техн. наук: 18.09.1985 / Гун Геннадий Семенович. М., 1985. 276 с.
  50. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей: монография. М.: Металлургия, 1984, 152 с.
  51. Гун Г.С., Сторожев С.Б. Расчет комплексного показателя качества на примере оценки качества стальных фасонных высокоточных профилей // Стандарты и качество. 1978. № 1.
  52. Гун Г.С. Метод комплексной оценки качества металлопродукции // Изв. вузов. Черная металлургия. 1982. № 8.
  53. Комплексная оценка качества стальной канатной проволоки / Гун Г.С., Рубин Г.Ш., Пудов Е.А. и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. 1983. № 12.
  54. Гун Г.С. Теоретическое обоснование комплексной оценки качества металлопродукции // Известия АН СССР. Металлы. 1983. № 4.
  55. Гун Г.С. Критерии управления качеством процесса изготовления фасонных профилей // Известия АН СССР. Металлы. 1984. № 2.
  56. Михайловский И.А. Повышение результативности производства шаровых шарниров на основе регламентации комплекса требований к качеству изделий и материалов: дис. ... д-ра техн. наук / Михайловский Игорь Александрович. Магнитогорск, 2011. 310 с.
  57. Высокопрочная арматура для железобетонных шпал нового поколения / С.Н. Ушаков, М.В. Чукин, Г.С. Гун, А.Г. Корчунов, М.А. Полякова // Путь и путевое хозяйство. 2012. № 11. С. 25–28.
  58. Перспективы производства высокопрочной стальной арматуры для железобетонных шпал нового поколения на основе термомодеформационного наноструктурирования / М.В. Чукин, Г.С. Гун, А.Г. Корчунов, М.А. Полякова // Черная металлургия: Бюл. Черметинформации. 2012. Вып. 4. С. 100–105.
  59. Перспективы производства высокопрочной стальной арматуры для железобетонных шпал нового поколения на основе термомодеформационного наноструктурирования / М.В. Чукин, Г.С. Гун, А.Г. Корчунов, М.А. Полякова // Неделя металлов в Москве: сб. тр. конф., 15–18 ноября 2011. М.: ВНИИМЕТМАШ, 2012. С. 79–87.
  60. Chukin M., Gun G., Emaleeva D. Производство высокопрочной наноструктурированной арматуры для железобетонных шпал // XIII International Scientific conference «New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dya, Anna Kawalek. Series: monographs No 24. Czestochowa, 2012. pp. 327-332.
  61. Перспективы производства высокопрочной стальной арматуры из высокоуглеродистых марок стали / М.В. Чукин, Г.С. Гун, А.Г. Корчунов, М.А. Полякова // Черные металлы. 2012 декабрь. С. 8–15.
  62. Организация малотоннажного производства наноструктури-

- рованных заготовок из многофункциональных сплавов со специальными свойствами / В.М. Колокольцев, М.В. Чукин, Г.С. Гун, Э.М. Голубчик, А.С. Кузнецова // Труды IX конгресса прокатчиков. Т. 1. Череповец, 2013. С. 248-251.
63. Исследование влияния технологических режимов на механические свойства и микроструктуру высокопрочной арматуры диаметром 9,6 мм / М.В. Чукин, Г.С. Гун, А.Г. Корчунов, М.А. Полякова, Н.В. Копцева, Д.К. Долгий, А.В. Лысенин // IX International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dya, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013. P. 367-373.
  64. Реализация проекта малотоннажного производства наноструктурированных заготовок из многофункциональных сплавов со специальными свойствами / М.В. Чукин, Г.С. Гун, Э.М. Голубчик, А.С. Кузнецова, Н.Ю. Бухвалов, К.С. Пустовойт // XIV International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dya, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013. P. 374-378.
  65. Nanodimensional in high carbon steel structural part formation by thermal and deformation processing / Chukin M.V., Korchunov A.G., Gun G.S., Polyakova M.A., Koptseva N.V. // Vestnik of Novos Magnitogorsk State Technical University. 2013. № 5 (45). P. 33-35.
  66. Перспективы производства высокопрочного крепежа из заготовок из углеродистых сталей с ультрамелкозернистой структурой / М.В. Чукин, М.А. Полякова, Г.Ш. Рубин, Н.В. Копцева, Г.С. Гун. // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2014. № 1. С. 39-44.
  67. Исследование физико-механических свойств и структуры высокопрочных многофункциональных сплавов инварного класса нового поколения / М.В. Чукин, Э.М. Голубчик, Г.С. Гун, Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, Д.М. Чукин, А.Н. Матушкин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 43-48.
  68. Исследование эволюции структур наносталей 20 и 45 при критических степенях пластической деформации / М.В. Чукин, Р.З. Валиев, Г.И. Рааб, Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 4 (20). С. 89-93.
  69. Исследование формирования субмикроструктурной структуры поверхностного слоя стальной проволоки с целью повышения уровня ее механических свойств / Г.С. Гун, М.В. Чукин, Д.Г. Емалева, Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, М.П. Барышников // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 3 (19). С. 84-86.
  70. Формирование субмикроструктурной структуры поверхностного слоя стальной проволоки методом РКУ-протяжки / Г.С. Гун, М.В. Чукин, Д.Г. Емалева, Н.В. Копцева, В.В. Чукин, М.П. Барышников // Труды седьмого конгресса прокатчиков. М., 2007. Т. 1. С. 364-368.
  71. Дифракционный электронно-микроскопический анализ субмикроструктурной и нанокристаллической структуры конструкционных углеродистых сталей после равноканального углового прессования и последующего деформирования / М.В. Чукин, Н.В. Копцева, Р.З. Валиев, И.Л. Яковлева, G. Zmik, T. Covarik // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 1 (21). С. 31-37.
  72. Наноструктурирование сталемедной биметаллической проволоки / Ю.Ю. Ефимова, Н.В. Копцева, В.В. Чукин, Д.Г. Емалева, Т.А. Зубкова, О.А. Никитенко // Материалы 66-й науч.-техн. конф. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. Т. 1. С. 49-52.
  73. Влияние предварительной термической обработки на структуру и свойства углеродистых конструкционных сталей 20 и 45, наноструктурированных методом равноканального углового прессования / Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, М.В. Чукин, М.А. Полякова // Черные металлы (пер. с нем.). 2010, июль. С. 14-19.
  74. Формирование структуры и механических свойств углеродистой конструкционной стали в процессе наноструктурирования методом равноканального углового прессования / Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, М.П. Барышников, О.А. Никитенко // Деформация и разрушение материалов. 2011. № 7. С. 11-17.
  75. Criterion estimation of severe plastic deformation efficiency from the position of their influence on the carbon steel structures evolution / M.V. Chukin, N.V. Koptseva, J.J. Efimova, O.A. Nikitenko, M.A. Polyakova // CIS Iron and Steel Review. 2010. P. 28-31.
  76. Механические свойства углеродистой конструкционной стали с ультрамелкозернистой структурой / М.В. Чукин, Н.В. Копцева, О.А. Никитенко, Ю.Ю. Ефимова // Черные металлы. Спец. выпуск. 2011. С. 54-59.
  77. Влияние температуры и длительности нагрева на термостабильность углеродистых конструкционных сталей с ультрамелкозернистой структурой, сформированной методом равноканального углового прессования / Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, М.П. Барышников, Д.А. Михоленко // Деформация и разрушение материалов. 2011. № 8. С. 14-20.
  78. Копцева Н.В., Михоленко Д.А., Ефимова Ю.Ю. Эволюция микроструктуры и свойств при нагреве ферритно-перлитных углеродистых конструкционных сталей с ультрамелкозернистой структурой, сформированной интенсивной пластической деформацией // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 9. С. 85-91.
  79. Исследование структуры и свойств болтов, изготовленных из наноструктурированных углеродистых сталей / Ю.Ю. Ефимова, Н.В. Копцева, В.В. Чукин, М.А. Полякова, М.П. Барышников // Обработка сплошных и слоистых материалов: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. М.В. Чукина. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. № 38. С. 144-150.
  80. Инновационный потенциал новых технологий производства метизных изделий из наноструктурных сталей / М.В. Чукин, Н.В. Копцева, М.П. Барышников, Ю.Ю. Ефимова, А.Д. Носов, Е.П. Носков, Б.А. Коломиец // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 2 (26). С. 64-68.
  81. Копцева Н.В., Полякова М.А., Ефимова Ю.Ю., Кузнецова А.С., Мохнаткин А.В. Микроструктура и физико-механические свойства объемных ультрамелкозернистых материалов: Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620405 (29.07.2010); заяв. № 201062026 (07.06.2010); опубл. 20.12.2010. Бюл. ОБПБТ № 4 (75). С. 551.
  82. Чукин М.В., Барышников М.П., Беляев А.О. Методика оценки коэффициента пропорциональности в процессах ОМД с применением средств объектно-ориентированного программирования // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 4 (24). С. 76-79.
  83. Чукин М.В., Барышников М.П., Беляев А.О. Подход к определению коэффициента трения в задачах обработки металлов давлением на основе представления области контакта как некомпактной среды // Изв. вузов. Черная металлургия. 2010. № 3. С. 25-28.
  84. Барышников М.П., Чукин М.В., Бойко А.Б. Анализ программных комплексов для расчета напряженно-деформированного состояния композиционных материалов в процессах обработки давлением // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. № 4 (40). С. 72-74.
  85. Моделирование процесса волочения проволоки с учетом неоднородности структуры в программном комплексе SIMULIA ABAQUS / М.П. Барышников, М.В. Чукин, Г.С. Гун, А.Б. Бойко // Пластическая деформация металлов. Днепропетровск. 2014. С. 156-158.
  86. Courant R., Friedrichs K., Lewy H. Über die partiellen Differenzgleichungen der mathematischen Physik // Mathematische Annalen. 1928. Т. 100. № 1. С. 32-74.
  87. Тоффоли Т., Марголуз Н. Машины клеточных автоматов: пер. с англ. М.: Мир, 1991. 280 с.
  88. Рубин Г.Ш., Шишов А.А. Клеточно-автоматные модели деформируемой среды // Труды восьмого конгресса прокатчиков. Магнитогорск, 2010. С. 451-453.
  89. Методологический подход к управлению качеством метизной

- продукции, основанный на нечетких множествах / Г.Ш. Рубин, Ф.Т. Вахитова, В.Н. Лебедев, Е.Н. Гусева, А.А. Шишов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 4 (28). С. 50–53.
90. Управление качеством продукции в технологиях метизного производства: монография / Корчунов А.Г., Чукин М.В., Гун Г.С., Полякова М.А. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2012. 164 с.
91. Разработка теории квалиметрии метизного производства / Г.Ш. Рубин, М.В. Чукин, Г.С. Гун, Д.М. Закиров, И.Г. Гун // Черные металлы. 2012, июль. С. 15–21.
92. Протипология – новый этап развития стандартизации метизного производства / Г.Ш. Рубин, М.А. Полякова, М.В. Чукин, Г.С. Гун // Сталь. 2013. № 10. С. 84–87.
93. Разработка теории квалиметрии производства металлоизделий / Г.С. Гун, М.В. Чукин, И.Г. Гун, А.Г. Корчунов, И.Ю. Мезин, Г.Ш. Рубин, Д.М. Закиров // Труды IX конгресса прокатчиков Т. 1. Череповец, 16–18 апреля 2013. Череповец, 2013. С. 237–244.
94. Квалиметрия в металлургии / Г.Ш. Рубин, Г.С. Гун, М.В. Чукин, А.Г. Корчунов // Качество в производственных и социально-экономических системах: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Курск, 2013. С. 185–189.
95. Разработка теории квалиметрии в металлургической отрасли / G.Sh. Rubin, G.S. Gun, M.V. Chukin, I.G. Gun, A.G. Korchunov // XIV International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dya, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013. P. 51–55.
96. Metallurgy qualimetry theory design and development / G.S. Gun, G.Sh. Rubin, M.V. Chukin, I.G. Gun, I.U. Mezin, A.G. Korchunov // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. № 5 (45). P. 67–69.
97. Гун Г.С., Чукин М.В., Рубин Г.Ш. Управление качеством в метизном производстве // Металлургические процессы и оборудование / ООО «Технопарк Дон ГТУ «УНИТЕКС» (Донецк, Украина). 2013. № 4(34). С. 106–112.
98. Разработка и развитие теории квалиметрии металлургии / Г.С. Гун, Г.Ш. Рубин, М.В. Чукин, И.Ю. Мезин, А.Г. Корчунов, И.Г. Гун // Материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф. «Современные металлические материалы и технологии (СММТ'13)» (25–29 июня 2013 г., Санкт-Петербург). СПб., 2013.
99. Научно-педагогическая школа Магнитогорского государственного технического университета по управлению качеством продукции и производственных процессов / Г.С. Гун, И.Ю. Мезин, А.Г. Корчунов, М.В. Чукин, И.Г. Гун, Г.Ш. Рубин // Качество в обработке материалов. 2014. № 1. С. 5–8.
100. Генезис научных исследований в области качества металлопродукции / Г.С. Гун, И.Ю. Мезин, Г.Ш. Рубин, А.А. Минаев, А.Е. Назайбеков, Х. Дья // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 92–97.
101. Концептуальная модель ситуационного центра промышленного предприятия / М.Б. Гитман, К.С. Пустовойт, В.Ю. Столбов, С.А. Федосеев, Г.С. Гун // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 102–107.
102. Актуальные проблемы квалиметрии метизного производства в период зарождения шестого технологического уклада / Г.С. Гун, М.В. Чукин, Г.Ш. Рубин, И.Ю. Мезин, А.Г. Корчунов // Металлург. 2014. № 4. С. 92–95.
103. Рубин Г.Ш. Квалиметрия метизного производства: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 167 с.
104. Рубин Г.Ш., Герасимова З.А., Вайсман Д.И. Расчет и анализ использования производственных мощностей метизной промышленности: монография. М.: Металлургия, 1985. 48 с.
105. Комплексная оценка эффективности процессов производства шаровых пальцев: монография / И.Г. Гун, Г.Ш. Рубин, В.В. Сальников и др. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 133 с.
106. Об оценках пластического формоизменения / Г.С. Гун, А.И. Крылов, Г.Ш. Рубин и др. // Известия АН СССР. Металлы. 1976. № 6. С. 109–112.
107. Сравнение различных способов обработки металлов давлением по эффективности формоизменения / Г.Ш. Рубин, Г.С. Гун, Ю.П. Богатырев и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. 1980. № 5. С. 52–54.
108. Выбор эффективной технологии получения профилей повышенной точности для машиностроения / Г.Ш. Рубин, Г.С. Гун, Е.А. Пудов и др. // Изв. вузов. Машиностроение. 1981. № 5. С. 155–157.
109. Исследование процесса высадки двухфланцевых шпиров противоскольжения с использованием компьютерного моделирования / В.В. Андреев, Г.С. Гун, Г.Ш. Рубин, А.Г. Ульянов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 1 (21). С. 45–49.
110. Корчунов А.Г. Управление качеством метизной продукции на основе нечетких моделей описания технологической наследственности // Металлург. 2009. № 5. С. 50–53.
111. Korchunov A., Chukin M., Lysenin A. Methodology of developing mathematical models with fuzzy logic elements for quality indices control // Applied Mechanics and Materials Vol. 436 (2013). P. 374–381.
112. Корчунов А.Г., Лысенин А.В. Управление качеством метизной продукции в условиях неопределенности технологической информации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. № 3 (39). С. 43–45.
113. Корчунов А.Г. К вопросу обеспечения качества продукции в технологиях метизного производства // Металлург. 2008. № 10. С. 67–72.
114. Корчунов А.Г. Совершенствование методики управления качеством продукции в технологических процессах метизного производства // Производство проката. 2008. № 12. С. 8–13.
115. Корчунов А.Г. Методология управления показателями качества продукции в технологиях метизного производства на основе моделей с элементами нечеткой логики: дис. ... д-ра техн. наук / Корчунов Алексей Георгиевич. Магнитогорск, 2010. 320 с.
116. Голубчик Э.М. Адаптивное управление качеством металлопродукции // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 63–69.
117. Голубчик Э.М. Телегин В.Е., Рубин Г.Ш. Применение принципов технологической адаптации при управлении показателями качества в многовариантной технологической системе изготовления холоднокатаной ленты // Качество в обработке материалов. 2014. № 1. С. 34–41.
118. Применение адапционных механизмов для повышения качества продукции с глубокой степенью переработки / Э.М. Голубчик, А.Г. Корчунов, К.Г. Пивоварова, А.В. Лысенин // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. 2011. № 5. С. 131–134.
119. Голубчик Э.М. Адаптивные подходы к управлению качеством продукции в многовариантных технологических системах // Методы менеджмента качества. 2013. № 7. С. 36–41.
120. Рубин Г.Ш., Полякова М.А. Развитие научных основ стандартизации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 97–102.
121. Полякова М.А., Рубин Г.Ш. Современное направление стандартизации как науки // Черные металлы. 2014. № 6. С. 32–37.
122. Зюлин В.Д., Харитонов В.А. Устойчивость высокой полосы при прокатке в гладких валках. Сообщение 1 // Изв. вузов. Черная металлургия. 1981. № 6. С. 60–63.
123. Зюлин В.Д., Харитонов В.А. Устойчивость высокой полосы при прокатке в гладких валках. Сообщение 2 // Изв. вузов. Черная металлургия. 1982. № 2. С. 32–35.
124. Харитонов В.А. Развитие теории и технологии прокатки в четырехвалковых калибрах проволоки различного назначения // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: межрегион. сб. науч. тр. Магнитогорск. 2002. С. 273–277.
125. Харитонов В.А., Корчунов А.Г., Зайцева М.В. Повышение эффективности технологического процесса изготовления низкоуглеродистой арматурной проволоки // Производство проката. 2005. № 8. С. 21–25.

## INNOVATIVE METHODS AND DECISIONS IN MATERIALS PROCESSING

**Gun Gennady Semenovich** – D.Sc. (Eng.), Advisor of the Rector, Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University. Phone: +7 3519 235 766, 298 526. E-mail: goun@magtu.ru.

**Abstract.** The article gives a review of main scientific trends and theoretical results of one of leading departments in Russia – the Mechanical Engineering and Metallurgical Technologies Department of Nosov Magnitogorsk State Technical University.

**Keywords:** material forming, quality, metalware production, system approach, innovative methods.

## References

1. Steblyanko V.L. Creation of technologies for bimetal wire and coatings production based on processes combined with plastic deformation. Doctoral dissertation (technical sciences). Magnitogorsk, 2000, 300 p.
2. Steblyanko V.L., Sitnikov I.V. Cleaning and activating metal surfaces before plating and coating processes. Chermetinformatsia: survey information. Moscow, 1991, 22 p.
3. Gostev A.A., Gun G.S., Chukin M.V., Mezin I.Yu. and others. Usage of pig iron chips as raw materials for powder production. *Novye tekhnologii polucheniya sloistykh materialov i kompozitsionnykh pokrytiy: materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [New technologies for obtaining laminated materials and composite coatings: Papers of the international scientific and technical conference]. Sochi, 5–8 October, 1992.
4. Gun G.S., Mezin I.Yu. Production of Durable Materials and Products on the basis of steel carbide chromium // *Advances in Materials & Processes international conference & exhibition*, 16-19 February 1992. Mumbai, India, 1992.
5. Gun I.G., Mikhailovskiy I.A., Osipov D.S. and others. NPO BelMag – 10 years of moving ahead. Magnitogorsk: Magnitogorsk Publishing House, 2007, 104 p.
6. Arkulis G.E. *Sovmestnaya plasticheskaya deformatsiya raznorodnykh metallov* [Joint plastic deformation of dissimilar metals]. Moscow: Metallurgiya, 1964, 272 p.
7. Arkulis G.E., Dorogobid V.G. *Teoriya plastichnosti* [The theory of plasticity]. Moscow: Metallurgiya, 1987, 352 p.
8. Belalov Kh.N., Klekovkina N.A., Klekovkin A.A., Nikiforov B.A., Gun G.S., Korchunov A.G., Zyuzin V.I., Kulesha V.A., Savelyev E.V. *Proizvodstvo stalnoy provoloki* [Production of steel wire: monograph]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2005, 543 p.
9. Belalov Kh.N., Klekovkina N.A., Gun G.S., Korchunov A.G., Polyakova M.A. *Stalnaya provoloka* [Steel wire: monograph]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2011, 689 p.
10. Kulesha V.A., Klekovkina N.A., Belalov Kh.N. *Izgotovlenie vysokokachestvennykh metizov (nauchny i prakticheskiy opyt Beloretskogo metallurgicheskogo kombinata)* [Production of high quality metalware (scientific and practical experience of Beloretsk Iron and Steel Works)]. Magnitogorsk: Magnitogorsk Publishing House, 1999, 328 p.
11. Chukin M.V., Korchunov A.G., Bakshinov V.A., Baryshnikov M.P., Gun G.S., Dolgiy D.K., Efimova Yu.Yu., Kolokoltsev V.M., Koptseva N.V., Kuranov K.Yu., Lebedev V.N., Mezin I.Yu., Polyakova M.A., Chukin V.V.; under the general editorship of Chukin M.V. *Proizvodstvo vysokoprochnoy stalnoy armatury dlya zhelezobetonnykh shpal novogo pokoleniya* [High-tensile steel reinforcement bars for reinforced concrete sleepers of a new generation]. Moscow: Metallurgizdat, 2014, 276 p.
12. Kharitonov V.A. Trends in wire manufacturing processes. *Metalware production in the 21st century: Interuniversity collection of scientific papers*. Magnitogorsk, 2001, pp. 4–15.
13. Mezin I.Yu. Development of a theory and technology of working metal products by cold pressing of structurally heterogeneous materials. Doctoral dissertation (technical sciences). Magnitogorsk, 2001, 360 p.
14. Mezin I.Yu. *Formirovaniye metalloizdelyiy iz struktumno-neodnorodnykh materialov* [Working metal products from structurally heterogeneous materials: monograph]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2000, 155 p.
15. Gun G.S., Gun I.G., Mezin I. Yu. and others. Efficient downstream steel processing techniques at Magnitogorsk metallurgical plants. *New materials and technologies-98: Materials of the all-Russian scientific and technological conference*. Moscow: LATMES, 1998, p. 72.
16. Ryabkov V.M., Gun G.S., Mezin I.Yu. The principles of developing steel – carbide chrome composite powder materials by cold deformation of porous ingots. *International Conference "Materials by Powder Technology – PTM 93"*, March 23–26, 1993, Dresden, Germany.
17. Gun G.S., Mezin I.Yu. Investigation of contact phenomenon during consolidation process in powder material. *New technologies for obtaining laminated and powder materials, composite coatings: Papers of the international scientific and technical conference*. Sochi, 1993, pp. 115–116.
18. Gun G.S., Mezin I.Yu., Gun I.G. and others. Theoretical and technological principles of manufacturing powders and items with a varied ferrous-base composition. *Papers of the all-Russian interuniversity scientific and technological conference "Fundamental problems in metallurgy"*. Yekaterinburg: UGTU, 1995, p. 91.
19. Gun G.S., Gostev A.A., Mezin I.Yu., Kozodaev E.G., Timoshenko I.F., Gun I.G. *Poluchenie poroshkovykh materialov i izdelyiy (Opyt raboty zavoda «Mars»)* [Manufacturing of powder materials and products (experience of the Mars plant): monograph]. Magnitogorsk, 1993, 112 p.
20. Polyakov M.G., Nikiforov B.A., Gun G.S. and others. Calibration of a VAZ car hinge profile. *Teoriya i praktika proizvodstva stalnykh fasonnykh profiley* [Theory and practice of steel shaped profile production]. Magnitogorsk: MGMI, 1971, vol. 106.
21. Gun G.S., Bogatyrev Yu.P., Kandaurov L.E. and others. Calibration of a T-shape profile for the Moskvich brake block. *Teoriya i praktika proizvodstva stalnykh fasonnykh profiley* [Theory and practice of steel shaped profile production]. Magnitogorsk: MGMI, 1974. Vol. 140.
22. Gun G.S., Rubin G.Sh., Bogatyrev Yu.P. and others. Field of velocities during T-shape profile rolling in three-roll passes. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya*, 1979, no. 4.
23. Gun G.S., Gostev A.A., Gun I.G. A conception of a powder metallurgy mini-plant using pig iron chips as an input material. *New technologies for obtaining laminated and powder materials, composite coatings: Papers of the international scientific and technical conference*. Sochi, 7-10 September 1993. Sochi, 1993.
24. Gun G.S., Mezin I.Yu., Tolmacheva O.B., Gun I.G., Gostev A.A., Kozodaev E.G. and others. Selection of materials and development of a manufacturing technique for brake elements of a light vehicle disc-type brake using powder metallurgy methods. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya nauchno-tekhnicheskogo potentsiala Yuzhno-Uralskogo regiona* [Status and prospects of the scientific and technical potential development of the South Ural region], papers of the interstate scientific and technological conference. Magnitogorsk: MGMI, 1994, p. 124.
25. Gun G.S., Mezin I.Yu., Tolmacheva O.B., Gun I.G., Gostev A.A., Kozodaev E.G. and others. Using pig iron chips from Magnitogorsk Iron and Steel Works for antifirction materials production. *Obrabotka sploshnykh i sloistykh materialov* [Solid and laminated materials processing: Interinstitute collection of scientific papers]. Ed. by Gun G.S. Magnitogorsk: MGMA, pp. 54–65.
26. Gun G.S., Gostev A.A., Kuts V.A., Khrebto V.E., Gun I.G. Mechanical engineering complex development at OJSC MMK. *Papers of the 2nd congress of rolling mill engineers*. Moscow, 1998, pp. 334–336.
27. Gun I.G., Mikhailovsky I.A. Method of finishing partial spherical surfaces by rolling. *Mechanical engineering technology*, 2001, no.

- 4, pp. 334–336.
28. Mikhailovsky I.A., Salnikov V.V., Osipov D.S., Gun I.G. Improvement of a ball joint head planetary rolling modes based on the surface microtopography analysis to increase the quality of products. *Vestnik of the Cherepovets State University*, 2011, no. 1, vol. 2, pp. 39–44.
  29. Salnikov V.V., Mikhailovsky I.A., Gun I.G. Simulating a damage process of a car front suspension ball-and-socket joint at axial loading. *AAU Journal*, 2011, no. 2, pp. 51–53.
  30. Gun I.G., Mikhailovsky I.A. Analysis and improvement of a ball joint head planetary rolling process. Improvement of technological processes and car components design: collection of scientific papers. Moscow: AAI-PRESS, 2003, pp. 119–123.
  31. Mikhailovsky I.A., Gun I.G., Lapchinsky V.V. Implementation method and analysis of a consolidated test of VAZ 2101-2107 front suspension upper ball joints. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2004, no. 4 (8), pp. 43–50.
  32. Mikhailovsky I.A., Gun I.G., Yasakov Yu.M. and others. A test bench for ball-and-socket joints. Patent of the Russian Federation no. 2263889.
  33. Gun I.G., Zhelezkov O.S., Mikhailovsky I.A. [A method of processing a partially spherical ball joint head by surface deformation]. Patent of the Russian Federation no. 2162785, 2001.
  34. Gun I.G., Artyukhin V.I., Kalmykov Yu.V., Levchenko P.E., Salnikov V.V., Gun E.I. [A ball-and-socket joint]. Patent of the Russian Federation no. 2475652, IPC F16C 11/06. Published on 20.02.2013. Bul. no. 5.
  35. Gun I.G., Artyukhin V.I., Gun E.I., Kalmykov Yu.V., Salnikov V.V., Kutsependik V.I. A steering ball-and-socket joint. Patent of the Russian Federation no. 2501995, IPC F16C 11/06, B62D 7/16. Published on 20.12.2013. Bul. no. 35.
  36. Mikhailovsky I.A., Gun I.G., Gun E.I., Kasatkina E.G. *Sharovye shassii: sovershenstvovanie konstruktsii, tekhnologii i metodov otsenki kachestva* [Chassis ball-and-socket joints: improvement of structures, manufacturing technologies and quality control methods: monograph]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2014, 201 p.
  37. Gun I.G., Mikhailovskiy I.A., Osipov D.S., Kutsependik V.I., Salnikov V.V., Gun E.I., Smirnov A.I., Smirnov A.V. The development, modeling and improvement of automotive ball joint manufacturing processes. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2014, no. 1 (45), pp. 52–57.
  38. Mikhailovsky I.A., Kutsependik V.I., Gun E.I., Gun I.G., Salnikov V.V. Development of planetary-rotating rolling. *Metallurgical processes and equipment*, 2014, no. 1, pp. 39–45.
  39. Gun I.G., Osipov D.S., Mikhailovsky I.A., Kalmykov Yu.V., Kutsependik V.I., Salnikov V.V., Gun E.I. Development, simulation and investigation of metal forming processes during car ball-and-socket joint manufacturing. *Innovatsionnye tekhnologii obrabotki metallov davleniem* [Metal forming innovative technologies: Papers of the international scientific and technological conference]. Moscow: NUST MISiS, 2011, pp. 482–487.
  40. Kutsependik V.I., Gun I.G., Mikhailovsky I.A., Osipov D.S., Salnikov V.V., Gun E.I., Smirnov A.V., Smirnov A.V. Development of metal forming processes to produce car components. XIV International Scientific Conference "New technologies and achievements in metallurgy, material engineering and production engineering": a collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013, pp. 309–316.
  41. Chukin M.V. Theory development and optimization of technological and operational deformation processes for coated products. Doctoral dissertation (technical sciences). Magnitogorsk, 2001, 398 p.
  42. Gun G.S., Krivoshchapov V.V., Chukin M.V., Adamchuk V.S., Tsun A.M. *Uprochnyayushchie i vosstanavlivayushchie pokrytiya* [Strengthening and recovering coatings]. Chelyabinsk: Metallurgiya, 1991, 160 p.
  43. Kuznetsov E.I., Chukin M.V., Baryshnikov M.P., Semenova O.V. *Sloistye kompozitsionnye pokrytiya v metiznoy promyshlennosti* [Laminated composite coatings in the metalware industry]. Vol. 1. Magnitogorsk: PMP MiniTip, 1997, 96 p.
  44. Kuznetsov E.I., Chukin M.V., Baryshnikov M.P., Semenova O.V. *Sloistye kompozitsionnye pokrytiya v metiznoy promyshlennosti* [Laminated composite coatings in the metalware industry]. Vol. 2. Magnitogorsk: PMP MiniTip, 1997, 208 p.
  45. Gostev A.A., Chukin M.V., Gun G.S. and others. Hardening of mill rolls by pig iron powder sintering. Development tendencies of OJSC MMK's mechanical engineering complex: collection of scientific papers. Ed. by Gostev A.A. Magnitogorsk, 1996, pp. 168–171.
  46. Gun G.S., Chukin M.V., Baryshnikov M.P. Kinematics of drawing of bilayered composite materials with a polymer matrix. Papers of the 5th International Conference "Films and coatings". Saint Petersburg, 1998, pp. 5–8.
  47. Chukin M.V. Development of a theory of functional coating wire drawing. Papers of the First International Scientific and Technical Conference "Physics of metals and non-conventional material deformation". Samara, 1999, pp. 36–37.
  48. Gun G.S., Chukin M.V. *Optimizatsiya protsessov tekhnologicheskogo i ekspluatatsionnogo deformirovaniya izdeliy s pokrytiami* [Optimization of technological and operational deformation processes for coated products]. Magnitogorsk: MG TU, 2006, 323 p.
  49. Gun G.S. Improvement of the high-precision profile manufacturing technology by optimization of a complex quality criterion. Doctoral dissertation (technical sciences). Moscow, 1985, 276 p.
  50. Gun G.S. *Upravlenie kachestvom vysokotochnykh profiley* [High-precision profile quality management: monograph]. Moscow: Metallurgiya, 1984, 152 p.
  51. Gun G.S., Storozhev S.B. Calculation of a complex quality criterion by the example of a quality evaluation of high-precision steel shaped profiles. *Standards and quality*, 1978, no. 1.
  52. Gun G.S. A method of a complex metal products quality evaluation. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya*, 1982, no. 8.
  53. Gun G.S., Rubin G.Sh., Pudov E.A. and others. Complex steel rope wire quality evaluation. *News of higher educational institutions. Ferrous metallurgy*, 1983, no. 12.
  54. Gun G.S. A theoretical justification of a complex metal products quality evaluation. *News of the USSR Academy of Sciences. Metals*, 1983, no. 4.
  55. Gun G.S. Criteria of shaped profile manufacturing process quality management. *News of the USSR Academy of Sciences. Metals*, 1984, no. 2.
  56. Mikhailovsky I.A. Increasing performance of a ball-and-socket joint manufacturing process by regulating a set of requirements for the quality of products and materials. Doctoral dissertation (technical sciences). Magnitogorsk, 2011, 310 p.
  57. Ushakov S.N., Chukin M.V., Gun G.S., Korchunov A.G., Polyakova M.A. High-strength reinforced bars for reinforced concrete sleepers of a new generation. *Railways and railway equipment*, 2012, no. 11, pp. 25–28.
  58. Chukin M.V., Gun G.S., Korchunov A.G., Polyakova M.A. Prospects for high-strength steel reinforcement bars for ferro-concrete sleepers of a new generation based on thermal and deformational nanostructuring. *Ferrous metallurgy. Bulletin of Chernometinformatsia*, 2012, vol. 4, pp. 100–105.
  59. Chukin M.V., Gun G.S., Korchunov A.G., Polyakova M.A. Prospects for high-strength steel reinforcement bars for ferro-concrete sleepers of a new generation based on thermal and deformational nanostructuring. Week of metals in Moscow: collection of conference papers. 15–18 November 2011. Moscow: VNIIMETMASH, 2012, pp. 79–87.
  60. Chukin M., Gun G., Emaleeva D. Manufacturing of high-strength nanostructured reinforcement for ferro-concrete sleepers. XIII International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Series: monographs No 24. Czestochowa, 2012, pp. 327–332.
  61. Chukin M.V., Gun G.S., Korchunov A.G., Polyakova M.A. Prospects for production of high-strength steel reinforced bars made of high-carbon steels. *Chemye metally*, December of 2012, pp. 8–15.
  62. Kolokoltsev V.M., Chukin M.V., Gun G.S., Golubchik E.M., Kuz-

- netsova A.S. Organization of low-capacity manufacturing of nanostructured workpieces from multifunctional alloys with special properties. Papers of the 9th congress of rolling mill engineers. Vol. 1. Cherepovets, 16–18 April 2013, pp. 248–251.
63. Chukin M.V., Gun G.S., Korchnov A.G., Polyakova M.A., Koptseva N.V., Dolgii D.K., Lysenin A.V. Impact of technological modes on mechanical properties and a microstructure of high-strength reinforcement with a diameter of 9.6 mm. IX International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013, pp. 367–373.
  64. Chukin M.V., Gun G.S., Golubchik E.M., Kuznetsova A.S., Bukhalov N.Yu., Pustovoi K.S. Implementation of a project for low-capacity manufacturing of nanostructured workpieces from multifunctional alloys with special properties. XIV International Scientific conference "New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013, pp. 374–378.
  65. Chukin M.V., Korchnov A.G., Gun G.S., Polyakova M.A., Koptseva N.V. Nanodimensional in high carbon steel structural part formation by thermal and deformation processing. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2013, no. 5 (45), pp. 33–35.
  66. Chukin M.V., Polyakova M.A., Rubin G.Sh., Koptseva N.V., Gun G.S. Outlook for production of high-strength fasteners from carbon steel billets with an ultra-fine grain structure. *Press forging. Materials forming*, 2014, no. 1, pp. 39–44.
  67. Chukin M.V., Golubchik E.M., Gun G.S., Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu., Chukin D.M., Matushkin A.N. The study of physical and mechanical properties and the structure of high-strength multifunctional invar alloys of a new generation. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2014, no. 1 (45), pp. 43–48.
  68. Chukin M.V., Valiev R.Z., Raab G.I., Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu. The study of evolution of the 20 and 45 nanosteel structure at critical plastic deformation degrees. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2007, no. 4 (20), pp. 89–93.
  69. Gun G.S., Chukin M.V., Emaleeva D.G., Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu., Baryshnikov M.P. The study of formation of the submicrocrystalline structure of a steel wire surface layer to improve its mechanical properties. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2007, no. 3 (19), pp. 84–96.
  70. Gun G.S., Chukin M.V., Emaleeva D.G., Koptseva N.V., Chukin V.V., Baryshnikov M.P. Formation of the submicrocrystalline structure of a steel wire surface layer by equal channel angular drawing. Papers of the 7th Congress of rolling mill engineers. Vol. 1. Moscow, 2007, pp. 364–368.
  71. Chukin M.V., Koptseva N.V., Valiev R.Z., Yakovleva I.L., G. Zrnik, T. Covarik. Diffraction electron-microscopic analysis of the carbon structural steel submicrostructure and nanostructure construction after equal channel angular pressing and subsequent deformation. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2008, no. 1 (21), pp. 31–37.
  72. Efimova Yu.Yu., Koptseva N.V., Chukin V.V., Emaleeva D.G., Zubkova T.A., Nikitenko O.A. Steel-copper bimetallic wire nanostructuring. Papers of the 66th scientific and technical conference. Magnitogorsk: MGTU, 2008, vol. 1, pp. 49–52.
  73. Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu., Chukin M.V., Polyakova M.A. Influence of preliminary heat treatment on structure and properties of 20 and 45 carbon structural steels nano-structured via the method of uni-channelled angular extrusion. *Ferrous metals* [Chemye metally] (Translated from German). July of 2010, pp. 14–19.
  74. Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu., Baryshnikov M.P., Nikitenko O.A. Formation of a carbon structural steel structure and mechanical properties during nanostructuring by equal channel angular extrusion. *Materials deformation and destruction*, 2011, no. 7, pp. 11–17.
  75. Chukin M.V., Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu., Nikitenko O.A., Polyakova M.A. Criterion estimation of severe plastic deformation efficiency from the position of their influence on the carbon steel structures evolution. *CIS Iron and Steel Review*, 2010, pp. 28–31.
  76. Chukin M.V., Koptseva N.V., Nikitenko O.A., Efimova Yu.Yu. Mechanical properties of carbon structural ultrafine grained steel. *Ferrous metals. Special issue*, 2011, pp. 54–59.
  77. Koptseva N.V., Efimova Yu.Yu., Baryshnikov M.P., Mikholenko D.A. Impact of temperature and a heating period on the thermal stability of carbon structural steels with an ultrafine grained structure achieved by equal channel angular extrusion. *Materials deformation and destruction*, 2011, no. 8, pp. 14–20.
  78. Koptseva N.V., Mikholenko D.A., Efimova Yu.Yu. Evolution of the microstructure and properties during heating the ferrite-pearlite carbon structural steels with an ultrafine grained structure achieved by intensive plastic deformation. *Vestnik of Voronezh State Technical University*, 2011, vol. 7, no. 9, pp. 85–91.
  79. Efimova Yu.Yu., Koptseva N.V., Chukin V.V., Polyakova M.A., Baryshnikov M.P. The study of the nanostructured carbon steel bolt structure and properties. *Obrabotka splashnykh i sloistykh materialov* [Solid and laminated materials processing: interuniversity collection of scientific articles ed. by Chukin M.V.]. Magnitogorsk: MGTU, 2008, no. 38, pp. 144–150.
  80. Chukin M.V., Koptseva N.V., Baryshnikov M.P., Efimova Yu.Yu., Nosov A.D., Noskov E.P., Kolomiets B.A. The innovative potential of new nanostructured steel metalware production techniques. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2009, no. 2 (26), pp. 64–68.
  81. Koptseva N.V., Polyakova M.A., Efimova Yu.Yu., Kuznetsova A.S., Mokhnatkin A.V. The microstructure and physical and mechanical properties of bulk ultrafine grained materials: Certificate on state registration of data bases No. 2010620405 (29.07.2010), application No.201062026 (07.06.2010); published on 20.12.2010. *Bul. OBPBT* no. 4 (75), pp. 551.
  82. Chukin M.V., Baryshnikov M.P., Belyaev A.O. Method for evaluation of the proportionality factor in metal forming processes based on object oriented programming. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2008, no. 4 (24), pp. 76–79.
  83. Chukin M.V., Baryshnikov M.P., Belyaev A.O. Approach to the estimation of the friction coefficient in metal forming considering a contact zone as noncompact background. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya*, 2010, no. 3, pp. 25–28.
  84. Baryshnikov M.P., Chukin M.V., Boyko A.B. Analysis of software packages for composite materials stress-strain evaluation during forming. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2012, no. 4 (40), pp. 72–74.
  85. Baryshnikov M.P., Chukin M.V., Gun G.S., Boyko A.B. Wire drawing process simulation accounting structure heterogeneity in SIMULIA ABAQUS. *Metal plastic deformation*. Dnepropetrovsk, 2014, pp. 156–158.
  86. Courant R., Friedrichs K., Lewy H. Über die partiellen Differenzgleichungen der mathematischen Physik. *Mathematische Annalen*. 1928, vol. 100, no. 1, pp. 32–74.
  87. Toffoli T., Margolus N. Cellular automata machines. Transl. from English. Moscow: Mir, 1991, 280 p.
  88. Rubin G.Sh., Shishov A.A. Cellular automaton models of deformed media. Papers of the 8th Congress of rolling mill engineers. Magnitogorsk, 2010, pp. 451–453.
  89. Rubin G.Sh., Vakhitova F.T., Lebedev V.N., Guseva E.N., Shishov A.A. A methodological approach to metalware manufacturing quality management based on fuzzy sets. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*

- [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2009, no. 4 (28), pp. 50–53.
90. Korchunov A.G., Chukin M.V., Gun G.S., Polyakova M.A. *Upravlenie kachestvom produktii v tekhnologiyakh metiznogo proizvodstva* [Quality management in metalware production technologies: monograph]. Moscow: Ore and metals, 2012, 164 p.
  91. Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun G.S., Zakirov D.M., Gun I.G. Development of a qualimetry theory for metalware. *Chemnye metally*, July 2012, pp. 15–21.
  92. Rubin G.Sh., Polyakova M.A., Chukin M.V., Gun G.S. Protipology is the next stage of metalware standartization development. *Steel*, 2013, no. 10, pp. 84–87.
  93. Gun G.S., Chukin M.V., Gun I.G., Korchunov A.G., Mezin I.Yu., Rubin G.Sh., Zakirov D.M. Development of a metalware manufacturing qualimetry theory. Papers of the 9th congress of rolling mill engineers. Vol. 1. Cherepovets, 16-18 April 2013. pp. 237–244.
  94. Rubin G.Sh., Gun G.S., Chukin M.V., Korchunov A.G. Qualimetry in metallurgy. Quality in industrial and social and economic systems: Papers of the international scientific and technical conference. Kursk, 2013, pp. 185–189.
  95. Rubin G.Sh., Gun G.S., Chukin M.V., Gun I.G., Korchunov A.G. Creation of qualimetry theory in metallurgy. XIV International Scientific conference “New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dyja, Anna Kawalek. Series: monographs No 31. Czestochowa, 2013, pp. 51–55.
  96. Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Mezin I.Yu., Korchunov A.G. Metallurgy qualimetry theory design and development. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2013, no. 5 (45), pp. 67–69.
  97. Gun G.S., Chukin M.V., Rubin G.Sh. Quality management in metalware production. *Metallurgical processes and equipment*. LLC Tekhnopark Don GTU UNITEKS (Donetsk, Ukraine). 2013, no. 4 (34), pp. 106–112.
  98. Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V., Mezin I.Yu., Korchunov A.G., Gun I.G. Creation and development of a qualimetry theory in metallurgy. Papers of the 10th international scientific and technical conference “Modern metal materials and technologies”. 25–29 June 2013. Saint Petersburg, 2013.
  99. Gun G.S., Mezin I.Yu., Korchunov A.G., Chukin M.V., Gun I.G., Rubin G.Sh. Educational research school of Nosov Magnitogorsk State Technical University in product and industrial process quality management. *Quality in materials processing*, 2014, no. 1, pp. 5–8.
  100. G.S. Gun, I.Yu. Mezin, G.Sh. Rubin, A.A. Minaev, A.E. Nazaybekov, H. Dyja. The research genesis in the field of the steel products quality. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2014, no. 1 (45), pp. 92–97.
  101. Gitman M.B., Pustovoi K.S., Stolbov V.Yu., Fedoseev S.A., Gun G.S. A conceptual model of a situational center of an industrial enterprise. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2014, no. 1 (45), pp. 102–107.
  102. Gun G.S., Chukin M.V., Rubin G.Sh., Mezin I.Yu., Korchunov A.G. Modern problems of metalware production qualimetry during the sixth technology revolution. *Metallurg*, 2014, no. 4, pp. 92–95.
  103. Rubin G.Sh. *Kvalimetriya metiznogo proizvodstva* [Metalware production qualimetry: monograph]. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2012, 167 p.
  104. Rubin G.Sh., Gerasimova Z.A., Vaisman D.I. Raschet i analiz ispolzovaniya proizvodstvennykh moshchnostey metiznoy promyshlennosti [Evaluation and analysis of utilization of metalware facilities: monograph]. Moscow: Metallurgia, 1985, 48 p.
  105. Gun I.G., Rubin G.Sh., Salnokov V.V. and others. *Kompleksnaya otsenka effektivnosti protsessov proizvodstva sharovykh paltsev* [A complex evaluation of the efficiency of a ball-and-socket joint manufacturing process: monograph]. Magnitogorsk: MGTU, 2008, 133 p.
  106. Gun G.S., Krylov A.I., Rubin G.Sh. and others. On plastic forming estimation. News of the USSR Academy of Science. Metals, 1976, no. 6, pp. 109–112.
  107. Rubin G.Sh., Gun G.S., Bogatyrev Yu.P. and others. Comparison of different metal forming processes in terms of forming performance. *Izvestiya vuzov. Chemaya metallurgiya*, 1980, no. 5, pp. 52–54.
  108. Rubin G.Sh., Gun G.S., Pudov E.A. and others. Selection of the efficient technology for profiles of extended precision for machine building. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*, 1981, no. 5, pp. 155–157.
  109. Andreev V.V., Gun G.S., Rubin G.Sh., Ulyanov A.G. Study of a double-flange antiskid tongue discharging process using computer simulation. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2008, no. 1 (21), pp. 45–49.
  110. Korchunov A.G. Metalware quality management based on fuzzy logic models for a description of technological inheritance. *Metallurg*, 2009, no. 5, pp. 50–53.
  111. Korchunov A., Chukin M., Lysenin A. Methodology of developing mathematical models with fuzzy logic elements for quality indices control. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 436, pp. 374–381.
  112. Korchunov A.G., Lysenin A.V. Metalware quality management in conditions of fuzzy technological information. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2012, no. 3 (39), pp. 43–45.
  113. Korchunov A.G. Issues related to products' quality assurance in metalware technologies. *Metallurg*, 2008, no. 10, pp. 67–72.
  114. Korchunov A.G. Improvement of a quality management technique in metalware production processes. *Rolling production*, 2008, no. 12, pp. 8–13.
  115. Korchunov A.G. Methodology of products quality management in metalware technologies based on models with fuzzy logic elements. Doctoral dissertation (technical sciences). Magnitogorsk, 2010, 320 p.
  116. Golubchik E.M. Adaptive control of metal products quality. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2014, no. 1 (45), pp. 63–69.
  117. Golubchik E.M., Telegin V.E., Rubin G.Sh. Application of technological adaptation principles for the quality index control in a multivariant technological system of cold rolled narrow strips. *Quality in materials processing*, 2014, no. 1, pp. 34–41.
  118. Golubchik E.M., Korchunov A.G., Pivovarova K.G., Lysenin A.V. Adaptation mechanisms used to improve the quality of downstream products. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2011, no. 5, pp. 131–134.
  119. Golubchik E.M. Adaptive approaches to products quality management in multivariant technological systems. *Quality management methods*, 2013, no. 7, pp. 36–41.
  120. Rubin G.Sh., Polyakova M.A. Development of standartization scientific fundamentals. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2014, no. 1 (45), pp. 97–102.
  121. Polyakova M.A., Rubin G.Sh. Modern tendency of standardization as science. *Ferrous metals*, 2014, no. 6, pp. 32–37.
  122. Zyulin V.D., Kharitonov V.A. Stability of high sheets during rolling in plain rolls. Report 1. *Izvestiya vuzov. Chemaya metallurgiya*, 1981, no. 6, pp. 60–63.
  123. Zyulin V.D., Kharitonov V.A. Stability of high sheets during rolling in plain rolls. Report 2. *Izvestiya vuzov. Chemaya metallurgiya*, 1982, no. 2, pp. 32–35.
  124. Kharitonov V.A. Development of a theory and technology of wire rolling in four-roll passes for different applications. *Modellirovanie i razvitiye protsessov obrabotki metallov davleniem* [Simulation and improvement of metal forming processes: interregional collection of scientific papers]. Magnitogorsk, 2002, pp. 273–277.
  125. Kharitonov V.A., Korchunov A.G., Zaitseva M.V. Increasing the efficiency of a low carbon reinforcement wire technological process. *Rolling production*, 2005, no. 8, pp. 21–25.