

ТЕОРИЯ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ (НАУЧНЫЙ ОБЗОР)

Работа подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания Магнитогорскому государственному техническому университету им. Г. И. Носова № 11.1525.2014К от 18.07.2014 г., а также реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения (договор 02.G25.31.0040 от 11.02.2013 г.)

В статье приведены результаты исследований ученых Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова по оценке качества металлопродукции на предприятиях металлургической отрасли России. В университете действует единственный в стране диссертационный совет по специальности 05.02.23 «Стандартизация и управление качеством продукции» в металлургии, что создает благоприятную обстановку и стимулирует результаты исследований в сфере качества. Методология и теория оценки качества металлопродукции широко апробированы на предприятиях России.

Металлопродукция, качество, квалиметрия, формальная логика, функционально-целевой анализ.

The paper presents the researching results of the scientists working at Magnitogorsk state technical university named after G.I. Nosov regarding the quality assessment of metal products at the Russian enterprises of metallurgical sector. The only dissertation council of the specialty 05.02.23 «Standardization and product quality management» in metallurgy functions at the university. It provides favorable conditions and stimulates to carry out investigations in quality assessment sphere. Methodology and theory of metal products quality assessment are widely approved at the industrial enterprises in Russia.

Metal production, quality, qualimetry, formal logic, functional-oriented analysis.

Введение.

Во второй половине XX столетия в мировой науке и практике стала стремительно развиваться теория оценки и управления качеством продукции. Появилась новая наука – квалиметрия [1].

Учеными Магнитогорского горно-металлургического института им. Г. И. Носова (в настоящее время МГТУ им. Г. И. Носова) впервые предложена в 1978 г. теория квалиметрии металлургии [28], [88]. На протяжении последних четырех десятилетий в МГТУ им. Г. И. Носова сформировалась и развивается научная школа по оценке и управлению качеством металлопродукции; открыт и эффективно действует единственный в России диссертационный совет по специальности 05.02.23 «Стандартизация и управление качеством продукции» в металлургии [22], [41], [42], [43], [79]. Анализ результатов исследований в этой сфере и посвящен предлагаемый научный обзор.

Основная часть.

Методические подходы к управлению качеством. Оценкой и управлением качеством металлопродукции занимались В. Т. Жадан, Ю. П. Адлер, Л. А. Кузнецов, М. Б. Гитман, В. В. Бринза, А. Б. Найзабеков, В. Е. Громов, Э. А. Гарбер и многие другие известные ученые [3], [14], [15]. Но целостного методологического подхода к оценке и управлению качеством в известных работах сформулировано не было.

Магнитогорской научной школой разработана теория оценки качества сначала на примере произ-

водства высокоточных профилей, основные положения предложенной методологии использованы и внедрены при оптимизации технологических процессов на Череповецком сталепрокатном заводе, Магнитогорском металлургическом комбинате и ряде других предприятий металлургической отрасли [19], [21], [29]–[31]. С использованием аппарата формальной логики и принципов квалиметрии впервые разработана методология оценки качества металлопродукции с учетом качественного статуса единичных показателей качества (введены понятия – доминирующие и компенсируемые показатели) [17], [31], [26], [45], [60], [90], [91]. Выбрана и обоснована целевая функция комплексной оценки объекта (продукции, технологии), разработаны методы определения комплексных, интегральных и единичных оценок показателей качества с использованием аппарата механики сплошных сред.

В первой докторской работе, защищенной в совете Д 212.111.05 при Магнитогорском государственном техническом университете им. Г. И. Носова, Д. М. Закировым [27], [38], [65] разработан методологический подход для изучения эффективности технологического процесса производства крепежа, основанный на представлении технологического процесса как операционной системы.

На основе системного подхода предложена схема иерархии свойств процесса изготовления крепежа, как дерева с тремя ветвями: свойства исходной заготовки, свойства технологии и готовой продукции. Разработана методика оценки единичных свойств

технологических процессов изготовления крепежа, включающая применение гаммы зависимостей оценки от физических и организационно-экономических показателей. Предложенная гамма зависимостей учитывает различные варианты динамики связей и охватывает все исследуемые показатели.

Одним из ярких представителей магнитогорской научной школы управления качеством в металлургии является Г. Ш. Рубин [20], [59], [61]. Им разработана методология функционально-целевого анализа, сформулированы понятия и принципы функционально-целевого анализа как методологическая основа исследования структуры качества металлических изделий и технологических процессов их производства. Предложен комплекс требований к функциям свертки оценок качества, отражающий системный подход к исследованию и оценке качества метизов промышленного назначения, учитывающий эффект эмерджентности в системах. Применен процессный подход к оценке результативности технологических процессов производства метизов. Разработаны методы совершенствования технологических процессов, основанные на принципах нечеткого моделирования с целью получения заданного качества метизов, а также методы факторного анализа для повышения результативности технологического процесса. Разработаны понятия и методы локальной, глобальной и комплексной результативности многооперационного процесса производства, основанные на функциональном подходе к структурированию свойств технологического процесса и методы их оценки.

Получение всей необходимой для управления показателями качества продукции информации в структурно-сложных и многофакторных процессах обработки, характеризующихся действием наследственных связей между технологическими операциями, связано с большими сложностями, финансовыми и временными затратами. Это, в свою очередь, затрудняет установление четкого однозначного соответствия между параметрами управления процессами обработки и показателями качества металлических изделий.

В этих условиях существующие методы управления показателями качества продукции, основанные на детерминированных или случайно-вероятностных математических моделях, оказываются не вполне эффективными.

В трудах А. Г. Корчунова и коллег [12], [45], [46] разработана концепция управления показателями качества металлических изделий в технологических процессах метизного производства, отличающаяся использованием математических моделей с элементами нечеткой логики при формализации взаимосвязи между параметрами процесса управления, более адекватно описывающая реальную ситуацию с учетом неполноты и нечеткости исходной информации. Предложены математические модели управления показателями качества металлических изделий в процессах обработки калиброванной стали, высокопрочной арматуры, железнодорожных пружинных клемм, отличающиеся использованием нечетких и

лингвистических переменных при формировании условий и заключений в логических правилах управления вида «если... то», позволяющие определять технологические режимы обработки, обеспечивающие получение заданного уровня показателей качества готовой продукции.

Под руководством И. Г. Гуна в Магнитогорске создан сначала мини завод порошковой металлургии, а затем одно из ведущих в России предприятий по производству автокомпонентов – НПО «Белмаг» [18], [25] как базовая кафедра МГТУ им. Г. И. Носова по отработке инновационных технологий для автопрома.

Проблема отсутствия для целого ряда металлоизделий методик оценки технологических процессов их производства, с точки зрения требований стандарта ИСО/ТУ 16949, предъявляемых к автокомпонентам, негативно сказывается на конкурентоспособности металлургических и металлоперерабатывающих предприятий. Особенно актуальной данная проблема становится в настоящее время, когда на территории России расширяется присутствие иностранных автомобилестроительных компаний.

Одними из наиболее ответственных узлов автомобиля, качество которых практически полностью определяется уровнем металлоперерабатывающих процессов, являются шаровые шарниры передней подвески. Большинство показателей качества данных изделий формируется на стадии осуществления операций обработки металлов давлением при изготовлении их компонентов, а также создания сборочных соединений узлов.

Под руководством И. Г. Гуна специалисты И. А. Михайловский, В. В. Сальников, Ю. В. Калмыков, Д. С. Осипов, В. И. Куцендик, В. И. Артюхин и другие разработали теорию оценки и управления качеством при производстве автокомпонентов с использованием металлургических процессов [33], [35]–[37], [48], [50]–[54], [69], [73]–[74], [85]–[86].

Сформирован и обоснован комплекс показателей качества шаровых шарниров, определяющих оценку результативности технологических процессов их производства. Разработана методология определения результативности производства шаровых шарниров, учитывающая показатель выхода несоответствующей продукции по различным показателям качества изделий с учетом их весомости и позволяющая выявлять технологические операции, требующие приоритетного улучшения для повышения результативности.

Предложена методика проведения комбинированных испытаний шаровых шарниров для определения взаимосвязи между показателями качества изделий «циклическая долговечность шарнира» и «гарантийный срок эксплуатации» на основе оценки изменения технического состояния узлов. Создана модель формирования микронеровностей неполной сферической поверхности головок шаровых пальцев при планетарной обкатке, позволяющая обеспечить требуемый уровень качества по характеристикам шероховатости. Установлены зависимости, характеризующие влияние технологических параметров

процессов поверхностного пластического деформирования обкаткой на формирование показателя качества «высотные параметры шероховатости неполной сферической поверхности» основных компонентов шарниров – шаровых пальцев. Создана комплексная математическая модель для процесса запрессовки шарнира и определения его показателя качества «усилие выдавливания шарового пальца из корпуса». Учеными О. Н. Тулуповым, А. Б. Моллером и другими разработан пакет методик для управления качеством при сортовой прокатке, позволяющий развить процессный подход с применением структурно-матричного описания объектов и внедрить результаты на предприятиях металлургической отрасли [55]–[57]. Профессор А. М. Песин возглавил цикл работ по управлению качеством на основе теории ограничений [4], [49]. Профессор И. Ю. Мезин провел цикл работ по управлению и прогнозированию качества в процессах нанесения покрытий [7].

Необходимо отметить плодотворное сотрудничество магнитогорских ученых с пермскими специалистами под руководством профессора М. Б. Гитмана [8], [76]. В современных рыночных условиях для управления качеством продукции на металлургических предприятиях кроме традиционно используемых технических и технологических методов необходимо широкое применение организационных, экономических и социальных методов, соответствующих основным принципам Total Quality Management (TQM). Таким образом, разработка и внедрение на металлургических предприятиях инновационных методов управления качеством продукции, реализующих принципы TQM, являются актуальной научно-технической проблемой.

С. А. Федосеевым определены современные механизмы управления металлургическими предприятиями, реализующие такие принципы TQM, как: ориентация на потребителя, лидерство руководителей, вовлечение работников, процессный подход, системный подход, постоянное улучшение, принятие решений, основанных на фактах.

Для реализации таких принципов TQM, как лидерство руководителей, вовлечение работников и системный подход, предложена схема иерархии принятия решений металлургического предприятия, включающая три уровня управления (стратегический, тактический и оперативный) и отличающаяся наличием обратных связей между этими уровнями.

Разработан новый алгоритм структурной адаптации, учитывающий дополнительные ограничения, возникающие при переходе на нижележащие уровни управления в иерархии принятия решений, при минимальном отклонении от оптимальных значений показателей качества продукции. Для реализации такого принципа TQM, как вовлечение работников, на основе теории нечетких множеств предложен новый метод построения обобщенного (комплексного) критерия оптимальности, который более адекватно учитывает экспертные оценки значимости частных критериев оптимальности. Для реализации таких принципов TQM, как ориентация на потребителя и повышение уровня качества металлопродукции по

показателю своевременности поставки, разработана математическая модель для формирования оптимального портфеля заказов на стратегическом уровне управления, отличающаяся возможностью учета нечетких ограничений и нескольких критериев оптимальности, в том числе критерия важности потребителей для предприятия.

Исследователями М. В. Чукиным и М. П. Барышниковым разработаны теоретические принципы оценки качества с учетом несплошности металла, а также для ультрадисперсных материалов, полученных в результате деформационных и тепловых воздействий [2], [13], [16], [75], [77]–[78], [81]–[83], [89].

Из работ последних лет следует отметить перспективные исследования Э. М. Голубчика и М. А. Поляковой [9]–[11]. Э. М. Голубчиком разработана методология адаптивного управления качеством и принципы прогнозирования свойств конечной металлопродукции на разных технологических стадиях ее жизненного цикла в зависимости от требований стандартов и потребителей. Предложена двухконтурная двухуровневая система адаптивного управления качеством продукции, реализующая возможности адаптации требований потребителей к показателям качества на заданном множестве технологических маршрутов и/или адаптации технологического маршрута к требованиям потребителя к показателям качества продукции. Разработана методика принятия решений по организации технологического процесса, отличающаяся возможностью прогнозирования конечного уровня показателей качества металлопродукции на разных технологических стадиях ее жизненного цикла в многовариантных технологических системах. М. А. Полякова с коллегами предложила новую теорию стандартизации продукции [64], [65]. Разработана теория прогнозирования изменения показателей во времени на основе свойств S-образных кривых [63]. Предлагаемый технологией аппарат позволяет корректно прогнозировать динамику роста показателей качества с определением временных интервалов эффективности существования процесса.

Выводы.

В трудах ученых Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова за последние четыре десятилетия разработана и апробирована теория оценки качества в металлургии. Предложена методология определения результативности и эффективности процессов в соответствии с современными международными стандартами. Теория качества реализована на сортаменте металлопродукции: листе, жести, канатах, проволоке, крепеже, гнутых профилях, прокатных валках, биметаллической продукции, платините и др. [5]–[6], [17], [23]–[24], [39]–[40], [58], [62], [67]–[68], [70]–[72], [80], [84], [87].

Литература

1. Азгальдов, Г. Г. О квалитетрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. – М., 1972.

2. Барышников, М. П. Анализ программных комплексов для расчета напряженно-деформированного состояния композиционных материалов в процессах обработки давлением / М. П. Барышников, М. В. Чукин, А. Б. Бойко // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2012. – №4(40). – С. 72–74.
3. Барышников, М. П. Методы исследования механических характеристик металлов и сплавов в процессах обработки давлением с учетом неоднородности структуры / [М. П. Барышников и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – №4(48). – С. 26–31.
4. Баскакова, Н. Т. Повышение эффективности подсистемы менеджмента качества планирования ремонтов металлургического оборудования на основе оптимизации срока службы с учетом ограничений: дис. ... канд. техн. наук / Н. Т. Баскакова. – Магнитогорск, 2010.
5. Белалов, Х. Н. Производство стальной проволоки: монография / [Х. Н. Белалов и др.]. – Магнитогорск, 2005.
6. Белалов, Х. Н. Стальная проволока / [Х. Н. Белалов и др.]. – Магнитогорск, 2011.
7. Бузунов, Е. Г. Методика прогнозирования качества покрытия при горячем цинковании проволоки на основе использования статистического анализа и фрактальной геометрии: дис. ... канд. техн. наук / Е. Г. Бузунов. – Магнитогорск, 2010.
8. Гитман, М. Б. Концептуальная модель ситуационного центра промышленного предприятия / [М. Б. Гитман и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – №1(45). – С. 102–107.
9. Голубчик, Э. М. Адаптивное управление качеством металлопродукции / Э. М. Голубчик // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – №1(45). – С. 63–69.
10. Голубчик, Э. М. Применение принципов технологической адаптации при управлении показателями качества в многовариантной технологической системе изготовления холоднокатаной ленты / Э. М. Голубчик, В. Е. Телегин, Г. Ш. Рубин // Качество в обработке материалов. – 2014. – №1. – С. 34–41.
11. Голубчик, Э. М. Развитие методологических основ адаптивного управления качеством металлопродукции в многовариантных технологических системах: дис. ... д-ра техн. наук / Э. М. Голубчик. – Магнитогорск, 2014.
12. Гун, Г. С. Актуальные проблемы квалиметрии метизного производства в период зарождения шестого технологического уклада / [Г. С. Гун и др.] // Металлург. – 2014. – №4. – С. 92–95.
13. Гун, Г. С. Генезис научных исследований в области качества металлопродукции / [Г. С. Гун и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – №1(45). – С. 92–97.
14. Гун, Г. С. Инновационные методы и решения в процессах обработки материалов / Г. С. Гун // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – №4(48). – С. 99–113.
15. Гун, Г. С. Инновационные решения в обработке металлов давлением (научный обзор) / Г. С. Гун // Качество в обработке материалов. – 2014. – №2. – С. 5–26.
16. Гун, Г. С. Исследование формирования субмикрористаллической структуры поверхностного слоя стальной проволоки с целью повышения уровня ее механических свойств / [Г. С. Гун и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2007. – №3(19). – С. 84–86.
17. Гун, Г. С. Комплексная оценка качества стальной канатной проволоки / [Г. С. Гун и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. – 1983. – №12.
18. Гун, Г. С. Концепция мини-завода порошковой металлургии с использованием в качестве сырья чугуновой стружки / Г. С. Гун, А. А. Гостев, И. Г. Гун // Новые технологии получения слоистых порошковых материалов, композиционных покрытий: материалы Междунар. науч. – техн. конф., Сочи, 7–10 сентября 1993. – Сочи, 1993.
19. Гун, Г. С. Критерии управления качеством процесса изготовления фасонных профилей / Г. С. Гун // Известия АН СССР. Металлы. – 1984. – №2.
20. Гун, Г. С. Логические законы оценки качества продукции / Г. С. Гун, Г. Ш. Рубин. Деп. ВИНТИ. 19.08.81. № 4105-81.
21. Гун, Г. С. Метод комплексной оценки качества металлопродукции / Г. С. Гун // Известия вузов. Черная металлургия. – 1982. – №8.
22. Гун, Г. С. Научно-педагогическая школа Магнитогорского государственного технического университета по управлению качеством продукции и производственных процессов / [Г. С. Гун и др.] // Качество в обработке материалов. – 2014. – №1. – С. 5–8.
23. Гун, Г. С. Оптимизация процессов деформирования объектов с покрытиями в технологиях и машинах обработки давлением / Г. С. Гун, М. В. Чукин. – Магнитогорск, 2006.
24. Гун, Г. С. Оптимизация процессов обработки металлов давлением по комплексному критерию качества / Г. С. Гун, Е. А. Пудов, Л. Б. Иванова // Известия вузов. Черная металлургия. – 1982. – №8. – С. 62–65.
25. Гун, Г. С. Получение порошковых материалов и изделий (Опыт работы завода «Марс»): монография / Г. С. Гун, А. А. Гостев, И. Ю. Мезин, И. Г. Гун и др. – Магнитогорск, 1993.
26. Гун, Г. С. Разработка и развитие теории квалиметрии металлургии / [Г. С. Гун и др.] // Материалы X Междунар. науч.-техн. конф. «Современные металлические материалы и технологии (СММТ'13)» (25–29 июня 2013 г., Санкт-Петербург). – СПб., 2013.
27. Гун, Г. С. Разработка теории квалиметрии производства металлоизделий / [Г. С. Гун и др.] // Труды IX конгресса прокатчиков. Т. 1. Череповец, 16–18 апреля 2013. – Череповец, 2013. – С. 237–244.
28. Гун, Г. С. Расчет комплексного показателя качества на примере оценки качества стальных фасонных высокоточных профилей / Г. С. Гун, С. Б. Сторожев // Стандарты и качество. – 1978. – №1. – С. 39–41.
29. Гун, Г. С. Совершенствование технологии производства высокоточных профилей оптимизацией по комплексному критерию качества: дис. ... д-ра техн. наук / Г. С. Гун. – М., 1985.
30. Гун, Г. С. Теоретическое обоснование комплексной оценки качества металлопродукции / Г. С. Гун // Известия АН СССР. Металлы. – 1983. – №4.
31. Гун, Г. С. Управление качеством в метизном производстве / Г. С. Гун, М. В. Чукин, Г. Ш. Рубин // Металлургические процессы и оборудование. ООО «Технопарк Дон ГТУ «УНИТЕКС» (Донецк, Украина). – 2013. – №4(34). – С. 106–112.
32. Гун, Г. С. Управление качеством высокоточных профилей: монография / Г. С. Гун. – М., 1984.
33. Гун, И. Г. Анализ и совершенствование процесса планетарной обкатки головок шаровых пальцев / И. Г. Гун, И. А. Михайловский // Совершенствование технологий производства и конструкций автомобильных компонентов: Сб. науч. тр. – М., 2003. – С. 119–123.

34. Гун, И. Г. Комплексная оценка эффективности процессов производства шаровых пальцев / [И. Г. Гун и др.]. – Магнитогорск, 2008.
35. Гун, И. Г. Разработка, моделирование и исследование процессов ОМД при производстве шаровых шарниров автомобилей / [И. Г. Гун и др.] // Инновационные технологии обработки металлов давлением: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М., 2011. – С. 482–487.
36. Гун, И. Г. Разработка, моделирование и совершенствование процессов производства шаровых шарниров автомобилей / [И. Г. Гун и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – №1(45). – С. 52–57.
37. Гун, И. Г. Способ чистовой обработки неполных сферических поверхностей обкатыванием / И. Г. Гун, И. А. Михайловский // Технология машиностроения. – 2001. – №4. – С. 12–15.
38. Закиров, Д. М. Развитие теории оценки качества и практики производства метизов автомобильного назначения на основе разработки конкурентоспособных технологий: дис. ... д-ра техн. наук / Д. М. Закиров. – Белебей, 2008.
39. Зюзин, В. И. Ресурсосбережение в метизном производстве (теория и практика работы Белорецкого металлургического комбината) / [В. И. Зюзин и др.]. – Магнитогорск, 2001.
40. Касаткина, Е. Г. Повышение качества платинита совершенствованием технологии его производства: дис. ... канд. техн. наук / Е. Г. Касаткина. – Магнитогорск, 2006.
41. Колокольцев, В. М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. История. Развитие / В. М. Колокольцев // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – № 1(45). – С. 5–6.
42. Колокольцев, В. М. Подготовка квалифицированных кадров в условиях университетского комплекса / В. М. Колокольцев, Е. М. Разинкина, А. Ю. Глухова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12. – № 1–2. – С. 615–618.
43. Колокольцев, В. М. Пять лет от аттестации до аттестации / В. М. Колокольцев // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2008. – №1(21). – С. 5–11.
44. Колокольцев, В. М. Университетский комплекс: интеграция и непрерывность / В. М. Колокольцев, Е. М. Разинкина // Высшее образование в России. – 2011. – №5. – С. 3–10.
45. Корчунов, А. Г. Методология управления показателями качества продукции в технологиях метизного производства на основе моделей с элементами нечеткой логики: дис. ... д-ра техн. наук / А. Г. Корчунов. – Магнитогорск, 2010.
46. Корчунов, А. Г. Управление качеством метизной продукции в условиях неопределенности технологической информации / А. Г. Корчунов, А. В. Лысенин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2012. – №3(39). – С. 43–45.
47. Корчунов, А. Г. Управление качеством продукции в технологиях метизного производства / [А. Г. Корчунов и др.]. – М., 2012.
48. Куцендик, В. И. Развитие процессов ОМД в производстве автокомпонентов / [В. И. Куцендик и др.] // 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 № 31. – Czestochowa, 2013. – P. 309–316.
49. Леднева, Г. А. Повышение эффективности управления качеством в металлургии с использованием сбалансированной системы показателей с учетом ограничений: дис. ... канд. техн. наук / Г. А. Леднева. – Магнитогорск, 2008.
50. Михайловский, И. А. Методика проведения и обработка результатов объединенных испытаний верхних шаровых пальцев передней подвески автомобилей ВАЗ 2101–2107 / И. А. Михайловский, И. Г. Гун, В. В. Лапчинский // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2004. – №4(8). – С. 43–50.
51. Михайловский, И. А. Повышение результативности производства шаровых шарниров на основе регламентации комплекса требований к качеству изделий и материалов: дис. ... д-ра техн. наук / И. А. Михайловский. – Магнитогорск, 2011.
52. Михайловский, И. А. Разработка процесса планетарно-поворотной обкатки / [И. А. Михайловский и др.] // Металлургические процессы и оборудование. – 2014. – №1. – С. 39–45.
53. Михайловский, И. А. Совершенствование режимов планетарной обкатки головок шаровых пальцев на основе анализа микротопографии поверхности с целью повышения качества изделий / [И. А. Михайловский и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2011. – №2. – Т. 2. – С. 10–14.
54. Михайловский, И. А. Шаровые шарниры шасси: совершенствование конструкций, технологий и методов оценки качества / [И. А. Михайловский и др.]. – Магнитогорск, 2014.
55. Моллер, А. Б. Концепция построения современных моделей прокатки на сортовых станах / [А. Б. Моллер и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2007. – №1. – С. 64–67.
56. Моллер, А. Б. Методология управления качеством в сортопрокатной технологической системе на основе адаптивных моделей формирования потребительских свойств продукции: дис. ... д-ра техн. наук / А. Б. Моллер. – Магнитогорск, 2011.
57. Моллер, А. Б. Разработка и применение баз данных технологических параметров с целью освоения и совершенствования сортопрокатных станов / [А. Б. Моллер и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2005. – №4. – С. 36–40.
58. Пивоварова, К. Г. Повышение качества калиброванной стали на основе моделирования и оценки изменения шероховатости поверхности при волочении: дис. ... канд. техн. наук / К. Г. Пивоварова. – Магнитогорск, 2006.
59. Рубин, Г. Ш. Выбор эффективной технологии получения профилей повышенной точности для машиностроения / [Г. Ш. Рубин и др.] // Известия вузов. Машиностроение. – 1981. – № 5. – С. 155–157.
60. Рубин, Г. Ш. Квалиметрия в металлургии / [Г. Ш. Рубин и др.] // Качество в производственных и социально-экономических системах: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2013. – С. 185–189.
61. Рубин, Г. Ш. Квалиметрия метизного производства / Г. Ш. Рубин. – Магнитогорск, 2012.
62. Рубин, Г. Ш. Методологический подход к управлению качеством метизной продукции, основанный на нечетких множествах / [Г. Ш. Рубин и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2009. – №4(28). – С. 50–53.
63. Рубин, Г. Ш. Моделирование технологического трансформирования на основе S-образных кривых развития / Г. Ш. Рубин, М. А. Полякова, Г. С. Гун // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2015. №1(49). – С. 70–75.

64. Рубин, Г. Ш. Протипология – новый этап развития стандартизации метизного производства / [Г. Ш. Рубин и др.] // Сталь. – 2013. – № 10. – С. 84–87.
65. Рубин, Г. Ш. Развитие научных основ стандартизации / Г. Ш. Рубин, М. А. Полякова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2014. – №1(45). – С. 97–102.
66. Рубин, Г. Ш. Разработка теории квалиметрии метизного производства / [Г. Ш. Рубин и др.] // Черные металлы. – 2012. – Июль. – С. 15–21.
67. Рубин, Г. Ш. Функционально-целевой анализ как метод структурирования функций и свойств металлоизделий. Сообщение 1 / Г. Ш. Рубин, Ю. В. Данилова, М. А. Полякова // Производство проката. – 2015. – №5. – С. 27–31.
68. Рубин, Г. Ш. Функционально-целевой анализ как метод структурирования функций и свойств металлоизделий. Сообщение 2 / Г. Ш. Рубин, Ю. В. Данилова, М. А. Полякова // Производство проката. – 2015. – №6. – С. 38–43.
69. Сальников, В. В. Моделирование процесса разрушения шарового шарнира передней подвески автомобиля при осевом нагружении / В. В. Сальников, И. А. Михайловский, И. Г. Гун // ААИ. – 2011. – №2. – С. 51–53.
70. Сафронов, М. Ф. Производство и эксплуатация валков на металлургическом предприятии. Т. 4. Валковый инструмент для производства гнутых профилей / [М. Ф. Сафронов и др.]. – Магнитогорск, 1999.
71. Соколов, А. А. Методика оценки способности углеродистой стали к волочению с учетом технологии ее обработки / [А. А. Соколов и др.] // Производство проката. – 2005. – № 5. – С. 27–30.
72. Соколов, А. А. Моделирование процесса волочения с целью оценки его влияния на структуру и свойства проволоки / [А. А. Соколов и др.] // Производство проката. – 2005. – №6. – С. 21–23.
73. Способ обработки неполной сферической головки шарового пальца поверхностным деформированием: пат. 2162785 Рос. Федерация / Гун И. Г., Железков О. С., Михайловский И. А.; опубл. 10.02.2001. – Бюл. №4.
74. Стенд для испытаний шаровых шарниров: пат. 2263889 Рос. Федерация / Михайловский И. А., Гун И. Г., Ясаков Ю. М. и др., заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество Научно-производственное объединение «БелМаг» (RU). № 2003137624/11; заявл. 29.12.2003; опубл. 10.11.2005. БИ и ПМ. № 31.
75. Ушаков, С. Н. Высокопрочная арматура для железобетонных шпал нового поколения / [С. Н. Ушаков и др.] // Путь и путевое хозяйство. – 2012. – №11. – С. 25–28.
76. Федосеев, С. А. Управление качеством продукции метизно-металлургических предприятий на иерархически связанных этапах планирования производства: дис. ... д-ра техн. наук / С. А. Федосеев. – Пермь, 2012.
77. Чукин, М. В. Исследование физико-механических свойств и структуры высокопрочных многофункциональных сплавов инварного класса нового поколения / [М. В. Чукин и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2014. – №1(45). – С. 43–48.
78. Чукин, М. В. Методика оценки коэффициента пропорциональности в процессах ОМД с применением средств объектно-ориентированного программирования / М. В. Чукин, М. П. Барышников, А. О. Беляев // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2008. – №4(24). – С. 76–79.
79. Чукин, М. В. Научная деятельность ГОУ ВПО «МГТУ» в условиях развития нанотехнологий / [М. В. Чукин и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2009. – № 2(26). – С. 55–59.
80. Чукин, М. В. Перспективы производства высокопрочного крепежа из заготовок из углеродистых сталей с ультрамелкозернистой структурой / [М. В. Чукин и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2014. – №1. – С. 39–44.
81. Чукин, М. В. Перспективы производства высокопрочной стальной арматуры из высокоуглеродистых марок стали / [М. В. Чукин и др.] // Черные металлы. – 2012. – Декабрь. – С. 8–15.
82. Чукин, М. В. Перспективы производства высокопрочной стальной арматуры для железобетонных шпал нового поколения на основе термомодеформационного наноструктурирования / [М. В. Чукин и др.] // Черная металлургия: Бюл. Черметинформации. – 2012. – Вып. 4. – С. 100–105.
83. Чукин, М. В. Подход к определению коэффициента трения в задачах обработки металлов давлением на основе представления области контакта как некомпактной среды / М. В. Чукин, М. П. Барышников, А. О. Беляев // Известия вузов. Черная металлургия. – 2010. – №3. – С. 25–28.
84. Чукин, М. В. Производство высокопрочной стальной арматуры для железобетонных шпал нового поколения / [М. В. Чукин и др.]. – М., 2014.
85. Шаровой шарнир рулевого управления: пат. 2501995 Рос. Федерация: МКИ F16C 11/06, B62D 7/16 / Гун И. Г., Артюхин В. И., Гун Е. И., Калмыков Ю. В., Сальников В. В., Куцендик В. И.; опубл. 20.12.2013. – Бюл. №35.
86. Шаровой шарнир: пат. 2475652 Рос. Федерация: МКИ F16C 11/06 / Гун И. Г., Артюхин В. И., Калмыков Ю. В., Левченко П. Е., Сальников В. В., Гун Е. И.; опубл. 20.02.2013. – Бюл. №5.
87. Щербо, Ю. А. Повышение качества соединения компонентов сталемедной катанки на основе регламентации свойств медной ленты и совершенствования технологии плакирования: дис. ... канд. техн. наук / Ю. А. Щербо. – Магнитогорск, 2005.
88. A qualimetric approach to the analyse of highly accurate structural shapes production / G. S. Goon, S. B. Storozhev // Steel in the USSR. – London, 1978. – №8. – P. 349–350.
89. Chukin, M. V. Nanodimensional in high carbon steel structural part formation by thermal and deformation processing / [M. V. Chukin et al.] // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. – 2013. – №5(45). – P. 33–35.
90. Gun, G. S. Metallurgy qualimetry theory design and development / [G. S. Gun et al.] // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. – 2013. – №5(45). – P. 67–69.
91. Rubin, G. Sh. Разработка теории квалиметрии в металлургической отрасли / [G. Sh. Rubin et al.] // XIV International Scientific conference “New technologies and achievements in metallurgy and materials engineering: a collective monograph edited by Henryk Dya, Anna Kawalek. Series: monographs №31. – Czestochowa, 2013. – P. 51–55.