

Редакционный совет:

Председатель редакционного совета:

И.Ю. Мезин - декан факультета стандартизации, химии и биотехнологий, зав. кафедрой, профессор, д-р техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск).

Члены редакционного совета:

В.В. Бринза - директор НИЦ Технологического прогнозирования, д-р техн. наук, Национальный исследовательский университет «МИСиС» (г. Москва);

М.Б. Гитман – профессор, д-р ф.-м. наук, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ) (г. Пермь);

И.Г. Гун – генеральный директор ЗАО НПО «БелМаг», профессор, д-р техн. наук

А.А. Кавалек - профессор, Ченстоховский технологический университет, Институт обработки металлов давлением и инженерной безопасности, (Польша);

А.Г. Корчунов – проректор по международной деятельности, профессор, д-р техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск);

С.А. Атрошенко – доктор физико-математических наук, профессор, профессор Санкт-Петербургского государственного экономического университета, (г. Санкт – Петербург).

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

А.М. Песин - профессор, д-р техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Зам. главного редактора:

Г.Ш. Рубин - доцент, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»;

Е.Г. Касаткина - доцент, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Технический редактор:

Л.В. Крамзина - инженер, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Адрес редакции:

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Тел.: (3519) 29-84-31

E-mail: tssa@magtu.ru

Журнал подготовлен к печати Издательским центром МГТУ им. Г.И. Носова

Отпечатан на полиграфическом участке МГТУ.

Выход в свет 15.07.2015.

Заказ 488. Тираж 500. Цена свободная

ISSN 2310-6093

Editorial committee:

Chairman of editorial committee:

I. Y. Mezin – Prof., Dr. Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Members of the editorial staff:

V. V. Brinza – Dr. Sc., Director of Scientific Research Center of Technological Prognosis, National Research University «Moscow Institute of Steel and Alloys»;

M. B. Gitman – Prof., Dr. Sc., Perm National Research Polytechnic University;

I. G. Gun – Prof., Dr. Sc., General Director, BelMag JSC;

A. A. Kovalek – Prof., Częstochowa University of Technology, Institute of Metal Forming and Engineering Safety (Poland);

A. G. Korchunov – Prof., Dr. Sc., Vice-rector for International Relations, Nosov Magnitogorsk State Technical University;

S. A. Atroshenko – DSci, professor, St.-Petersburg State Economic University.

Editorial staff:

Editor-in-chief:

A.M. Pesin – Prof., D.Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Deputy chief editor:

G.Sh.Rubin – Assoc. Prof., Ph.D., Nosov Magnitogorsk State Technical University;

E.G. Kasatkina - Assoc. Prof., Ph.D., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Technical editor:

L.V.Kramzina – engineer, Nosov Magnitogorsk State Technical University.

Editorship address:

455000, city Magnitogorsk, Lenin Str. 38

Phone number: (3519)29-84-31

Email: tssa@magtu.ru

Published by publishing center of MSTU named after G. I. Nosov.

Publication date 15.07.2015

Order 488. Circulation – 500 items. Open price.

ISSN 2310-6093

СОДЕРЖАНИЕ

Чукин М.В. Развитие теории качества металлопродукции (научный обзор).....	5
Атрошенко С. А., Королёв И.А. Оценка качества инструментальных высокохромистых сталей с использованием модифицированного метода функции желательности и метода планирования эксперимента.....	11
Гун И.Г., Осипов Д.С. Обзор перспектив и тенденций в области мировой стандартизации систем менеджмента.....	17
Песин А.М., Рахимов С.Н., Локотунина Н.М. Использование теории ограничений как одного из инструментов управления качеством в подсистеме «резка – отделка – упаковка - транспортировка» металлургического предприятия.....	24
Данилова Ю.В., Полякова М.А. Проблемы актуализации действующих стандартов на машиностроительный крепеж.....	31
Мезин И.Ю., Гун Г.С., Чукин В.В., Крамзина Л.В. Совершенствование процессов формирования качества прутковой заготовки из стали 40с2 для производства пружинных изделий	35
Парсункин Б.Н., Сухоносова Т.Г., Полухина Е.И. Объективное определение итогового показателя эффективности проводимого мероприятия.....	44
Харитонов В.А., Мелихова Н.В., Петров И.М. Оценка и управление технологическими процессами производства бунтовой арматурной стали.....	49
Кремнева А.В., Коляда Л.Г. Получение и результаты испытания полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки на расслаивание и растяжение.....	54
Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Моллер А.Б. Оценка и повышение эффективности технологических процессов с помощью информационных технологий на примере раскроя продукции сортопрокатного производства... ..	59
Корчунов А.Г. Математические модели управления показателями качества продукции в технологических процессах обработки (научный обзор).....	62
Голубчик Э.М. Современные концепции адаптивного управления качеством металлопродукции.....	68
Пыхтунова С.В. К вопросу об эффекте Баушингера.....	75

CONTENT

Chukin M.V. Development of the theory quality of metal (scientific review).....	5
Atroshenko S.A., Korolev I.A. The quality evaluation of the high chromium tool steel using a modified desirability function and the methods of experiments planning.....	11
Gun I.G., Osipov D.S. Review on new prospects and trends in sphere of global standardization management systems.....	17
Pesin A.M., Rakhimov S.N., Lokotunina N.M. Use of the theory of constraints as one of instruments of quality management in the subsystem «cutting-finish-packaging-transport» metallurgical enterprise.....	24
Danilova Y. V., Polyakova M. A. Problems updating of existing standards for engineering hardware	31
Mezin I.Yu., Gun G.S., Chukin M.V., Kramzina L.V. Improving the quality of forming processes bar stock steel production for 40s2 spring products.....	35
Parsunkin B.N., Sukhonosova T.G., Polukhina E.I. Objective determination of total score of efficiency of the conducted measure.....	44
Kharitonov V.A., Melikhova N.V., Petrov I.M. Assessment and manufacturing processes management of coiled reinforcing steel.....	49
Kremneva A.V., Kolyada L.G. Production the polymeric and paper composites from packaging waste and ultimate stratification strength , tensile strength test results.....	54
Sarancha S.Y., Levandovskiy S.A., Moller A.B. Evaluating and improving efficiency of the technological process through information technology for example of cutting produce of rolling production	59
Korchunov A.G. Mathematical models for quality indices control in manufacturing technologies (scientific review).....	62
Golubchik E.M. Modern concepts of adaptive management of quality metal products.....	68
Pihtunova S. V. On the effect Baushinger.....	75

УДК 621.771

Чукин М.В.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ (НАУЧНЫЙ ОБЗОР)

Аннотация. В статье приведены основные направления и результаты исследований в области оценки и управления качеством ученых МГТУ им. Г.И. Носова.

Ключевые слова: управление качеством, квалиметрия, протипология, металлопродукция.

В Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова в 20 веке сложилась и развивалась мощная научная школа в области обработки металлов давлением. Профессора Аркулис Г.Э., Бояршинов М.И., Куприн М.И., Мельцер–Шафран В.В., Курдюмова В.А. и др. заложили основы прикладной теории прокатки сортового, листового металла, гнутых профилей метизов. Позже значительный вклад в теорию обработки металлов давлением внесли профессора Дорогобид В.Г., Коковихин Ю.И., Голев В.Д., Гун Г.С., Салганик В.М., Стеблянко В.Л. и др. В начале 21-го столетия прогресс науки в сфере ОМД в МГТУ им. Г.И. Носова определяют молодые доктора наук Тулупов О.Н., Гун И.Г., Мезин И.Ю. и другие.

Питательную среду для успешного развития теории ОМД создавали многочисленные металлургические предприятия Магнитогорска, Южного Урала, Башкирии; уникальный и единственный тогда в СССР специализированный институт – ВНИИМЕТИЗ.

Теоретическую основу этих исследований составляла классическая теория пластичности, обогащенная в середине двадцатого века численными методами и компьютерными технологиями [1-15]. Во второй половине двадцатого века, наряду с классическими задачами – разработка калибровок валков, исследование очага деформации, развитие технологий обработки металлов давлением ставило перед исследователями новые проблемы. Все острее в российской металлургии вставали вопросы повышения качества продукции, обеспече-

ния качества на уровне мировых стандартов. Это достигалось как совершенствованием известных, так и разработкой новых технологических процессов. Так, в конце 60-х гг. в СССР бурное развитие получило производство стальных фасонных профилей высокой точности (СФПВТ). Были пущены три специализированных цеха по производству СФПВТ на Омутнинском металлургическом, Череповецком сталепрокатном и Ижевском металлургическом заводах. В Магнитогорске исследователями в области технологии производства СФПВТ занималась группа ученых под руководством Г.С. Гуна [16-18].

Особенностью производства СФПВТ является достаточно большой спектр технологических операций в цепочке технологического процесса. Поэтому перед исследователями встала задача разработки методов выбора рационального технологического процесса на основе комбинирования различных операций ОМД. Некоторые технологические цепочки определялись условиями пластического деформирования и задача выбора рациональной технологии решалась в рамках классических методов ОМД. Однако не всегда эти методы давали эффективное решение возникавших задач. Сложное комбинирование технологических операций не поддавалось оценке не физическими методами, опирающимися на энергетические критерии, не экономическими. Ведь в условиях проектирования часто невозможно дать денежную оценку еще не реализованным процессам. Перечисленные предпосылки обусловили обращение магнитогорских исследователей к

аппарату квалитметрии [19-26], активно разрабатываемому отечественными учеными, начиная с семидесятых годов.

Использование квалитметрии позволило успешно решить ряд задач выбора рациональных технологических схем производства [27-28]. Одновременно совершенствовался и аппарат квалитметрии [29]. Таким образом, был заложен фундамент многолетней программы исследований в области качества в металлургии. Закономерным этапом развития этих исследований стало открытие при Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова диссертационного совета Д 212.111.05 по специальности 05.02.23 - Стандартизация и управление качеством продукции. Уникальность совета в его специализации в области чёрной металлургии. Интегрируя исследования технологии, менеджмента качества и совершенствования технологии, этот совет в России является единственным в области металлургии. Самые эффективные разработки в области качества в черной металлургии закономерно завершаются защитой диссертации. За период с 2008 года по настоящее время в совете успешно защищено 17 кандидатских и 6 докторских диссертаций. Обзор этих работ позволяет продемонстрировать область внедрения их результатов и методы научных исследований.

В последние годы в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова сложились и получили развитие следующие основные научные направления:

1. Совершенствование связей взаимодействия системы: «поставщик - разработчик - изготовитель» с целью максимизации результативности.

2. Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики качества объектов.

3. Квалитметрические методы оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством.

4. Научные основы стандартизации.

Первому направлению «Совершенство-

вание связей взаимодействия системы «поставщик – разработчик – изготовитель» с целью максимизации результативности» принадлежат следующие исследования:

- Повышение качества железнодорожных пружинных клемм на основе совершенствования режимов обработки [30]. Исследователями разработаны режимы окончательной термической обработки пружинных клемм, обеспечивающие формирование заданного уровня качества готовой продукции. Работа внедрена в ОАО «ММК-МЕТИЗ».

- Повышение качества валков станов холодной прокатки на основе совершенствования технологии их термической обработки [31]. В результате проведенных исследований усовершенствован режим трехпроходной индукционной закалки токами промышленной частоты рабочих валков станов холодной прокатки. Внесены изменения в технологическую инструкцию ТИ 176-РМ-70-06. Работа внедрена в ремонтно-механическом цехе ОАО «ММК-МЕТИЗ».

- Совершенствование процесса запрессовки с целью повышения уровня качества шаровых шарниров передней подвески автомобилей [32-37]. Разработаны и внедрены в производство ТУ 4591-014-45671602-2007 «Пальцы шаровые передней подвески для автомобилей ВАЗ». Уровень дефектности шаровых шарниров 2110-2904192-01 в гарантийный период эксплуатации за 2009 год составил 182 ppm, уровень при поставках равен 0 ppm. Работа проведена и реализована в ЗАО НПО «БелМаг», г. Магнитогорск.

- Повышение качества платинита совершенствованием технологии его производства. Разработаны ТУ ПЛНТ-001-31219910-2006 «Платинит оксидированный», разработана и реализована новая технология получения оксидированного платинита, организованы промышленные поставки нового вида продукции [38-40].

- Методика прогнозирования качества покрытия при горячем цинковании проволоки на основе использования статистического анализа и фрактальной геометрии

[41]. В работе предложены скоростные режимы движения стальной проволоки в агрегате горячего цинкования ICE для диаметров от 1,6 до 5,0 мм. Результаты исследования внедрены в ОАО «ММК-МЕТИЗ».

- Обеспечение качества холоднокатаной ленты для монетной заготовки на основе адаптивного управления многовариантной технологической системой [42]. Разработаны технологические режимы производства холоднокатаной ленты для высокоскоростной холодной вырубки монетных заготовок. Работа внедрена в листопрокатном цехе № 8 ОАО «ММК».

По направлению «Методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики качества объектов» можно отметить следующие работы.

- Повышение эффективности управления качеством в металлургии с использованием сбалансированной системы показателей с учетом ограничений [43]. В работе предложена рациональная концепция совместного эффективного производства тонкой ленты из стали марки 65Г в единой технологической системе ЛПЦ-8 ОАО «ММК» - ЦЛХП ОАО «ММК-МЕТИЗ».

- Повышение эффективности производства сортового проката на основе управления качеством продукции и компетентностью технологического персонала. Внедрение работы позволило повысить результативность и эффективность производства сортового проката предложенными методами управления качеством. Снижен износ валков и сокращены энергозатраты при прокатке уголка 75x75 на стане 350 ОАО «Северсталь». Создан программный комплекс «Стан 170» для ОАО «ММК» [44, 45].

- Обеспечение качества самонарезающих винтов на основе регламентации свойств исходной заготовки в условиях недетерминированной информации [46, 47]. В работе сформированы требования к механическим свойствам горячекатаной заготовки, обеспечивающие необходимую технологичность стали на операциях холодной объемной штамповки. Работа вне-

дрена в ОАО «ММК-МЕТИЗ».

- Методология управления показателями качества продукции в технологиях метизного производства на основе моделей с элементами нечеткой логики [48].

С использованием современных информационных технологий FuzzyTECH Professional автоматизированы и подготовлены к практическому использованию на персональном компьютере математические модели для управления показателями качества калиброванной стали, высокопрочной арматуры для железобетонных шпал, пружинных клемм для рельсовых скрепленных ОП105, что позволяет существенно сократить время принятия технологических решений по обеспечению заданного уровня качества готовой продукции. Результаты исследования реализованы в ОАО «ММК-МЕТИЗ».

Традиционно активно проводятся работы по направлению «Квалиметрические методы оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством». В этом ряду наиболее интересны следующие работы.

- Выбор и формирование результативной технологии производства шипов противоскольжения на основе аддитивной квалиметрической модели [49]. На основе анализа и оценки существующих конструкций шипов противоскольжения проведен выбор двух конкурентоспособных конструкций корпуса, обеспечивающих высокую технологичность изготовления, низкую себестоимость и удовлетворение основных потребительских свойств. Работа проводилась в ОАО «Белебеевский завод «Автонормаль» (ОАО «БелЗАН»).

- Совершенствование конструкции и технологии производства геофизического кабеля на основе функционально-целевого анализа качества продукции [50].

В результате исследования разработан новый вид продукции - грузонесущий геофизический кабель с повышенной осевой жесткостью (патент РФ 2248594), отличающийся повышенным заполнением сечения металлом, а также более высоким моментом инерции сечения кабеля. Произ-

водство продукции освоено в ООО НПЦ «Гальва», г. Магнитогорск.

- Повышение результативности технологии производства для обеспечения качества высокопрочной арматуры [51]. Получены исходные данные, необходимые для проектирования результативных режимов обработки высокопрочной арматуры для ЖБШ диаметром 9,6 мм из катанки диаметром 15,0 мм стали марки 80ХФЮ при волочении. Исследования проводились в ОАО «ММК-МЕТИЗ».

- Управление качеством стальных канатов с применением комплексного показателя действенности технологии волочения и свивки. Разработаны: инструкция И 4 ТУ-01-2012 «Порядок расчета и оценки результативности процесса СМК» применительно к процессу № 7.2 «Мониторинг технологических процессов и их валидация»; комплексный показатель действенности технологии волочения канатной проволоки и свивки канатов включен в 2012 году в цели перед процессом СМК № 7.2 «Мониторинг технологических процессов и их валидация» в качестве целевого показателя. Результаты работы используются в ОАО «ММК-МЕТИЗ».

В последние три года в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова активно ведутся исследования по разработке научных основ стандартизации. Сформулированы основные методологические принципы стандартизации, которые формируют новую науку – протипологию. Сформулированы основные [52-55] этапы процесса создания стандарта на промышленные изделия:

- Прогноз возникновения потребности в новых видах изделия.

- Функциональный анализ потребностей.

- Алгоритм выработки оптимального соотношения требования потребителей и возможностей изготовителя.

Заканчивая краткий обзор результатов исследований магнитогорских ученых, следует отметить, что в течение последних 30 лет в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова сформирована и развивается современная

научная школа по управлению качеством продукции и процессов с приложением в металлургии, машиностроении, материалобработке, с методическими и практическими разработками, внедряемыми на предприятиях России.

Список литературы

1. Чукин М.В. Магнитогорская школа качества // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия, том. 15 №2. 2015. С. 49-56.

2. 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. 5-9.

3. Университетский комплекс: интеграция и непрерывность / Колокольцев В.М., Разинкина Е.М. // Высшее образование в России. 2011. № 5. С. 3-10.

4. Колокольцев В.М., Разинкина Е.М., Глухова А.Ю. Подготовка квалифицированных кадров в условиях университетского комплекса // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1-2. С. 615-618.

5. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 1 (21). С. 5-11.

6. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 5-6.

7. Гун Г.С. Инновационные методы и решения в процессах обработки материалов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 4 (48). С. 99-113.

8. Стальная проволока / Х.Н. Белалов, А.А. Клековкин, Н.А. Клековкина, Г.С. Гун, А.Г. Корчунов, М.А. Полякова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2011. 689 с.

9. Генезис научных исследований в области качества металлопродукции / Г.С. Гун, И.Ю. Мезин, Г.Ш. Рубин, А.А. Минаев, А.Б. Найзабеков, Дья Х. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 92-96.

10. Гун Г.С. Инновационные решения в обработке металлов давлением (научный обзор) // Качество в обработке материалов. 2014. № 2. С. 5-26.

11. Производство стальной проволоки: монография / Х.Н. Белалов, Н.А. Клековкина, А.А. Клековкин, Б.А. Никифоров, Г.С. Гун, А.Г. Корчунов, В.И. Зюзин, В.А. Кулеша, Савельев Е.В. Магнитогорск: МГТУ, 2005. 543 с.

12. Получение порошковых материалов и изделий (Опыт работы завода «Марс») / А.А. Гостев, Г.С. Гун, И.Ю. Мезин, Е.Г. Козодаев, И.Ф. Тимошенко, И.Г. Гун. Магнитогорск, 1993. 112 с.
13. Гун Г.С., Чукин М.В. Оптимизация процессов деформирования объектов с покрытиями в технологиях и машинах обработки давлением: монография. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2006. 323 с.
14. Производство и эксплуатация валков на металлургическом предприятии. Т. 4. Валковый инструмент для производства гнутых профилей / М.Ф. Сафронов, В.Г. Антипанов, В.Ф. Рашников, В.Ф. Афанасьев, В.Л. Корнилов, Г.С. Гун, Н.Г. Шемшурова. Магнитогорск: МГТУ, 1999. 92 с.
15. Особенности реологических свойств конструкционных наносталей / М.В. Чукин, Г.С. Гун, М.П. Барышников, Р.З. Валиев, Г.И. Рааб // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 1 (21). С. 24-27.
16. Гун Г.С. Совершенствование технологии производства высокоточных профилей оптимизацией по комплексному критерию качества: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.23 / Гун Геннадий Семенович. М., 1985. 276 с.
17. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей: монография. М.: Металлургия, 1984, 152 с.
18. Эффективные процессы получения фасонных профилей: монография / В.С. Токарь, А.А. Гостев, И.Г. Гун, В.В. Гайдабура, В.Г. Шеркунов. Магнитогорск: Магнитогорское полиграфическое предприятие, 1994. 115 с., ил. 34, табл. 23.
19. 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). Pp. 67-69.
20. Гун Г.С., Чукин М.В., Рубин Г.Ш. Управление качеством в метизном производстве // Металлургические процессы и оборудование. 2013. № 4 (34). С. 106-112.
21. Управление качеством продукции в технологиях метизного производства / А.Г. Корчунов, М.В. Чукин, Г.С. Гун, М.А. Полякова. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2012. 164 с.
22. Разработка теории квалиметрии метизного производства / Г.Ш. Рубин, М.В. Чукин, Г.С. Гун, Д.М. Закиров, И.Г. Гун // Черные металлы. Июль 2012. С. 15-20.
23. Гун Г.С., Пудов Е.А., Иванова Л.Б. Оптимизация процессов обработки металлов давлением по комплексному критерию качества // Известия вузов. Черная металлургия. 1982. № 8. С. 62-65.
24. Разработка метода оценки результативности производственного процесса изготовления крепежных изделий / Д.М. Закиров, С.С. Скворцова, И.Ю. Мезин, Г.С. Гун, Г.Ш. Рубин // Известия вузов. Черная металлургия. 2006. № 10. С. 57-60.
25. Чукин М.В., Гун Г.С., Барышников М.П. Оценка коэффициента пропорциональности в законах трения при ОМД на основе теории совместной пластической деформации некомпактных сред // Обработка сплошных и слоистых материалов. Вып. 31: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Г.С. Гуна. Магнитогорск: МГТУ. 2004. С. 118-127.
26. Рубин Г.Ш., Гун Г.С., Пудов Е.А. Комплексная оценка качества стальной канатной проволоки // Сталь. 1983. № 1. С. 56-58.
27. Гун Г.С. Анализ результативности технологий на основе логики оценок // Научно-технические ведомости СПбГТУ. Санкт-Петербург: Федеральное агентство по образованию; СПбГТУ, 2005. № 2. С. 127-129.
28. Гун Г.С. Квалиметрические модели управления качеством металлопродукции // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2003. № 1 (1). С. 102-108.
29. Рубин Г.Ш. Квалиметрия метизного производства: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. 2012. 167 с.
30. Слабожанкин Е.А. Повышение качества железнодорожных пружинных клемм на основе совершенствования режимов обработки специальностью: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Слабожанкин Евгений Александрович. Магнитогорск. 2008.
31. Давыдов А.В. Повышение качества валков станов холодной прокатки на основе совершенствования технологии их термической обработки: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Давыдов Алексей Владимирович. Магнитогорск. 2009. 134 с.
32. 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.
33. Применение логики антонимов для комплексного анализа качества автомобильного крепежа / Д.М. Закиров, Д.С. Осипов, И.Г. Гун, А.В. Сабадаш, С.В. Овчинников, В.В. Майстренко, И.Ю. Мезин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 4 (32). С. 57-62.
34. Гун И.Г., Михайловский И.А., Осипов Д.С. Квалиметрическая оценка и повышение результативности сквозной технологии и системы менеджмента качества производства шаровых пальцев. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 147 с.
35. Комплексная оценка эффективности процессов производства шаровых пальцев: монография / И.Г. Гун, Г.Ш. Рубин, В.В. Сальников, В.И. Артюхин, Ю.В. Калмыков, П.Е. Левченко // Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. 133 с.
36. Комплексная оценка результативности сквозных технологий производства с использованием логики антонимов на примере шаровых пальцев / И.Г. Гун, И.А. Михайловский, Д.С. Осипов,

В.В. Сальников // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2005. № 1 (9). С. 67-71.

37. Калмыков Ю.В. Совершенствование процесса запрессовки с целью повышения качества шаровых шарниров передней подвески автомобилей: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Калмыков Юрий Вячеславович. Магнитогорск. 2010. 122 с.

38. Касаткина Е.Г. Повышение качества платинита совершенствованием технологии его производства: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Касаткина Елена Геннадьевна. 2006. 137 с.

39. Солдатенко А.Ф., Касаткина Е.Г. Способ изготовления платинитовой проволоки: пат. на изобретение 2354517 Рос. Федерация, МПК В 23 К 20/04. БИПМ, 2009. №13. С. 522-523.

40. Солдатенко А.Ф., Касаткина Е.Г. Производство платинита: технология, качество: монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. 183 с.

41. Бузунов Е.Г. Методика прогнозирования качества покрытия при горячем цинковании проволоки на основе использования статистического анализа и фрактальной геометрии: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Бузунов Евгений Геннадьевич. Магнитогорск. 2010. 119 с.

42. Телегин В.Е. Обеспечение качества холднокатаной ленты для монетной заготовки на основе адаптивного управления многовариантной технологической системой: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Телегин Вячеслав Евгеньевич. Магнитогорск. 2013. 159 с.

43. Леднева (Бережная) Г.А. Повышение эффективности управления качеством в металлургии с использованием сбалансированной системы показателей с учетом ограничений: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Леднева (Бережная) Галина Андреевна. Магнитогорск. 2008. 114 с.

44. Лимарев А.С. Повышение эффективности производства сортового проката на основе управления качеством продукции и компетентностью технологического персонала: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Лимарев Александр Сергеевич. Магнитогорск. 2009. 113 с.

45. Управление качеством сортового проката путем использования рациональных предупреждающих действий при настройке станков / О.Н. Тулупов, А.Б. Моллер, А.С. Лимарев, Н.А. Ручинская, А.Н. Луценко // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 4 (20). С. 73-80.

46. Вахитова Ф.Т. Обеспечение качества самонарезающих винтов на основе регламентации свойств исходной заготовки в условиях недетерминированной информации: дис. ... канд. техн. наук:

05.02.23 / Вахитова Фарида Талгатовна. Магнитогорск. 2010. 139 с.

47. 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. 51-53.

48. Корчунов А.Г. Методология управления показателями качества продукции в технологиях метизного производства на основе моделей с элементами нечеткой логики: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.23 / Корчунов Алексей Георгиевич. Магнитогорск, 2010. 320 с.

49. Исследование процесса высадки двухфланцевых шипов противоскольжения с использованием компьютерного моделирования / В.В. Андреев, Г.С. Гун, Г.Ш. Рубин, А.Г. Улянов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 1 (21). С. 45-49.

50. Рубин Г.Ш., Камалутдинов И.М. Функциональный анализ структуры свойств геофизического кабеля // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1 (29). С. 70-71.

51. Особенности реологических свойств высокоуглеродистой легированной стали для арматуры железобетонных шпал / В.Н. Лебедев, М.В. Чукин, Г.Ш. Рубин, Г.С. Гун // Вестник ЮУрГУ. 2010. № 34 (210). С. 50-53.

52. 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.

53. Nanodimensional structural part formation in high carbon steel by thermal and deformation processing / M.V. Chukin, A.G. Korchunov, G.S. Gun, M.A. Polyakova, N.V. Koptseva // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. № 5 (45). С. 33-35.

54. Особенности реологических свойств конструкционных наносталей / М.В. Чукин, Г.С. Гун, М.П. Барышников, Р.З. Валиев, Г.И. Рааб // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 1 (21). С. 24-27.

55. Исследование формирования субмикрористаллической структуры поверхностного слоя стальной проволоки с целью повышения уровня ее механических свойств / Г.С. Гун, М.В. Чукин, Д.Г. Емалеева, Н.В. Копцева, Ю.Ю. Ефимова, М.П. Барышников // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 3 (19). С. 84-86.

УДК 621.7

Атрошенко С.А., Королёв И.А

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ И МЕТОДА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Аннотация. Проведена квалиметрическая оценка инструментальных высокохромистых сталей с использованием метода планирования эксперимента и модифицированной функции желательности. Показано, что более высокими показателями качества обладают стали с пониженным содержанием углерода и дополнительным легированием РЗМ, а также стали, термически обработанные по оптимальному режиму.

Ключевые слова: инструментальные высокохромистые стали, легирование, термическая обработка, функция желательности, метод планирования эксперимента.

Бурное развитие мирового машиностроения, глобализации западного, европейского, российского рынков и связанных с ними отраслей промышленности: автомобилестроение, авиастроение, судостроение, электроника и радиоэлектроника, строительство и строительное оборудование, компьютерная техника, пищевая промышленность, а также металлургическая промышленность и др., требуют дальнейшего совершенствования как технологических процессов, так организации и управления производством с автоматизацией производственных процессов, которые обеспечат значительное повышение эффективности труда, улучшение качества продукции и условий работы персонала.

Самым важным принципом TQM является повышение качества продукта и минимизация затрат на его производство, что наглядно демонстрирует необходимость применения науки управления качеством для совершенствования и, в некоторых случаях, эволюции производственных и управленческих систем и процессов практически во всех отраслях промышленности, связанных с производством массовой и серийной продукции.

Сегодня производители США, Японии, Китая, Франции, Великобритании и других развитых стран предлагают и продают свою продукцию массового сбыта по

всему миру. Прежде всего, успех сбытовой политики этих стран обусловлен возможностью удовлетворения потребностей и ожиданий (нужд) потребителей за счет совокупности характеристик предлагаемой продукции, которая произведена с минимальными (оптимизированными) издержками. Достаточно будет напомнить, что кузовные детали автомобилей, корпуса бытовой и компьютерной техники, детали и узлы кораблей, самолетов, поездов и иных транспортных средств, а также элементы строительных конструкций являются массовыми и изготавливаются при помощи процессов холодной штамповки, не говоря уже о других массовых изделиях, изготавливаемых при помощи этого процесса. Именно процесс холодной штамповки сделал продукцию массовой и доступной для потребителя.

Важнейшим аспектом в вопросах, связанных с развитием процессов холодной штамповки, является инструмент и технологическая оснастка, а соответственно и материалы, из которых они изготовлены, ведь именно они формируют основу, которая закладывает качество на первоначальных стадиях изготовления любого изделия. Поэтому особое место в развитии машиностроения отводится инструменту и оснастке и их работоспособности. Особенно актуальна задача повышения стойкости

инструмента при обработке новых и труднодеформируемых материалов. Рост автоматизации производства и внедрение робототехники предъявляют особые требования к повышению надежности и срока службы инструмента. Повышение стойкости инструмента позволяет сократить простой оборудования, время на переналадку, затраты на изготовление и ремонт, а также снижение себестоимости и повышение качества производимых деталей.

Не менее актуальной задачей является рациональное и экономное расходование инструментальных сталей, что достигается совершенствованием химического состава существующих и разработкой новых экономичных сталей, обладающих высоким комплексом эксплуатационных свойств.

Материалом исследования является инструментальная высокохромистая сталь типа X12, полученная в результате оптимизации легирования и термической обработки [1]. Качество этих сталей оценивалось с помощью специально модифицированного метода функции желательности и метода планирования эксперимента.

Под планированием эксперимента обычно понимают процедуру выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Планирование значительно повышает эффективность эксперимента [2]. Показатели желательности – безразмерные недискрет-

ные характеристики качества, изменяющиеся в пределах от нуля до единицы при любом диапазоне изменения размерных показателей качества x_i . Градация качества делится на уровни отлично, хорошо, удовлетворительно и плохо, которые зависят от соответствующих значений показателей желательности и вспомогательных показателей оцениваемого материала или его свойств [3].

1. Планирование экспериментов по термической обработке и легированию инструментальных высокохромистых сталей

Планирование эксперимента проводилось с целью определения условий термической обработки и содержания углерода, необходимых для создания оптимальных характеристик инструментальных сталей и, как следствие, повышения качества материала. При планировании в соответствии с методикой [2], был реализован полный трехфакторный эксперимент. Планирование экспериментов при оптимизации режущей стойкости инструментальной стали представлено в **табл.1**.

Параметром оптимизации являлось значение стойкости инструмента, факторами оптимизации были выбраны температура закалки, отпуска и содержание углерода в сталях (**табл. 2**). В **табл. 2** приведены значения факторов оптимизации для проведенных экспериментов, а **табл. 3** представляет матрицу планирования экспериментов.

Таблица 1

Условия проведения опытов

Номер опыта	Материал	$T_{\text{зак}}, ^\circ\text{C}$	%C	$T_{\text{отп}}, ^\circ\text{C}$	$T, \text{мин}$
1	X12Ф1	970	1,3	170 ⁰ C	83
2	50X12ФБЧЦ	1180	0,52	520	184
3	70X12ФБЧЦ	1210	0,71	500	206
4	110X12ФБЧЦ	1230	1,14	600	254
5	70X9Ф	1180	0,67	500	90
6	60X9M2ВФЦЧ	1220	0,59	550	368
7	105X8M2ВФЦЧ	1250	1,05	550	46,8
8	P6M5	1220	0,85	560	265

Таблица 2

Факторы оптимизации

Факторы	Температура закалки, °С	Количество углерода, %	Температура отпуска, °С
Код	x_1	x_2	x_3
Основной уровень (X_{i0})	1110	0,91	385
Интервал варьирования (ΔX_i)	140	0,39	215
Верхний уровень	1250	1,3	600
Нижний уровень	970	0,52	170

Таблица 3

Матрица планирования экспериментов

Номер опыта	Факторы				Стойкость инструмента, Т мин
	x_0	x_1	x_2	x_3	
1	+1	-1	1	-1	83
2	+1	0,944	-1	0,87	184
3	+1	0,968	0,55	0,83	206
4	+1	0,984	0,85	1	254
5	+1	0,944	0,515	0,83	90
6	+1	0,976	0,45	0,92	368
7	+1	1	0,81	0,92	46,8
8	+1	0,976	0,65	0,93	265

Далее были рассчитаны коэффициенты регрессии функции отклика

$$b_0 = \frac{(+1) \cdot 83 + (+1) \cdot 184 + (+1) \cdot 206 + (+1) \cdot 254 + (+1) \cdot 90 + (+1) \cdot 368 + (+1) \cdot 46,8 + (+1) \cdot 265}{8} = 187,1$$

$$b_1 = \frac{(-1) \cdot 83 + (0,944) \cdot 184 + (0,968) \cdot 206 + (0,984) \cdot 254 + (0,944) \cdot 90 + (0,976) \cdot 368 + (+1) \cdot 46,8 +$$

$$\frac{+(0,976) \cdot 265}{8} = 161,21$$

$$b_2 = \frac{(+1) \cdot 83 + (-1) \cdot 184 + (0,55) \cdot 206 + (0,85) \cdot 254 + (0,515) \cdot 90 + (0,45) \cdot 368 +$$

$$\frac{+(0,81) \cdot 46,8 + (0,65) \cdot 265}{8} = 81,23$$

$$b_3 = \frac{(-1) \cdot 83 + (0,87) \cdot 184 + (0,83) \cdot 206 + (+1) \cdot 254 + (0,83) \cdot 90 + (0,92) \cdot 368 +$$

$$\frac{+(0,92) \cdot 46,8 + (0,93) \cdot 265}{8} = 150,6$$

Уравнение регрессии имеет вид

$$y = 187,1 + 161,21x_1 + 81,23x_2 + 150,6x_3$$

Вывод: установлено, что достижение максимальных значений стойкости инструмента стали 60X9M2BФЦЧ(368 мин.), стали 110X12ФБЧЦ(254 мин.), стали 70X12ФБЧЦ(206 мин.) и для стали X12Ф1(83 мин.), возможно при приближении значений факторов «Температура закалки» и «Температура отпуска» к верхнему уровню интервала варьирования. Сопоставление коэффициентов регрессии при соответствующих факторах показало, что наибольшее влияние в проводимых экспериментах имеет температура закалки. Оценка, проведенная инструментом планирования эксперимента, наглядно показывает, что меняя температуру закалки, отпуска или содержание углерода, можно эффективно влиять на качество исследованных сталей.

2. Модифицированная с учетом экономической целесообразности функция желательности

Для построения функции желательности [3] в качестве показателей желательности материала были выбраны характеристики работоспособности: твердость, стойкость резцов и карбидный балл стали. Для перевода значений твердости, стойкости резцов и карбидного балла стали в безразмерную шкалу решаются следующие системы уравнений:

Твердость, HRC –

$$\begin{cases} 4,5 = a_0 + 63a_1 \\ 1 = a_0 + 59a_1 \end{cases}$$

Средняя стойкость резцов –

$$\begin{cases} 4,5 = a_0 + 368a_1 \\ 1 = a_0 + 83a_1 \end{cases}$$

Карбидный балл стали –

$$\begin{cases} 4,5 = a_0 + 1a_1 \\ 1 = a_0 + 4a_1 \end{cases}$$

Рассчитанные данные функции желательности приведены в **табл. 4**, а в **табл. 5** - единичные и комплексные показатели желательности для исследуемых сталей. Для сравнения в качестве базовых приняты значения твердости для сталей типа X12, полученных стандартными способами, и значения стойкости резцов и механических свойств, полученных в экспериментах со сталью X12. На **рис. 1** представлена функция желательности для трех факторов качества.

Модификация метода: использование высокохромистой инструментальной стали на предприятии должно быть обоснованно не только прочностными, техническими или эксплуатационными свойствами стали, но и должно быть экономически оправданным. Поэтому для увеличения объективности и полноты оценки новых инструментальных высокохромистых сталей была модифицирована формула расчета комплексного показателя желательности, путем введения коэффициентов экономической целесообразности свойств исследуемого материала.

Таблица 4

Показатели желательности и безразмерные вспомогательные показатели

Марка стали, режим термической обработки	Твердость HRC		Средняя стойкость резцов T, мин		Карбидный балл стали	
	у	Q	у	Q	у	Q
Согласно экспериментальным данным						
<u>70X12ФБЧЦ</u>	4,5	0,80	2,453	0,67	4,5	0,80
<u>110X12ФБЧЦ</u>	4,5	0,80	3,029	0,72	3,33	0,74
<u>60X9M2BФЦЧ</u>	1	0,37	4,5	0,8	4,5	0,80
Согласно нормативным документам						
<u>X12Ф1</u>	2,75	0,70	1	0,37	1	0,37

Формула расчета комплексного показателя желательности имеет следующий вид

$$Q = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n q_i k_i}$$

где n – число частных желательностей; q_i – показатель частной желательности; k_i – коэффициент экономической целесообразности данного свойства материала [4].

В результате внедрения коэффициен-

тов экономической целесообразности в формулу расчета комплексного показателя желательности была получена формула модифицированного комплексного показателя желательности, и на примере механических свойств высокохромистых инструментальных сталей (стойкость инструмента, твердость, карбидный балл) и соответствующих коэффициентов экономической целесообразности этих свойств, были получены следующие результаты:

$$Q_{70X12ФБЧЦ} = \sqrt[3]{0,67 \times 2,37 \times 0,80 \times 0,98 \times 0,80 \times 3,8} = 1,55;$$

$$Q_{110X12ФБЧЦ} = \sqrt[3]{0,72 \times 2,85 \times 0,80 \times 0,97 \times 0,74 \times 1,9} = 1,3;$$

$$Q_{60X9M2ВФЦЧ} = \sqrt[3]{0,80 \times 3,83 \times 0,37 \times 0,82 \times 0,80 \times 3,4} = 1,36;$$

$$Q_{X12Ф1} = \sqrt[3]{0,37 \times 1,0 \times 0,70 \times 1,0 \times 0,37 \times 1,0} = 0,46.$$

Таблица 5

Единичные и комплексные показатели желательности исследуемых сталей

Марка стали, режим термической обработки	Единичные показатели желательности по отдельным характеристикам материала			Комплексный показатель желательности
	Средняя стойкость резцов T, мин	Твердость HRC	Карбидный балл стали	
<u>70X12ФБЧЦ</u>	0,67 (хорошо)	0,80 (отл.)	0,80 (отл.)	1,55
<u>110X12ФБЧЦ</u>	0,72 (хорошо)	0,80 (отл.)	0,74 (хор.)	1,3
<u>60X9M2ВФЦЧ</u>	0,80 (отлично)	0,37(удовл.)	0,80 (отл.)	1,36
X12Ф1	0,37 (удовл.)	0,70 (хор.)	0,37(удовл.)	0,46

Вывод: из рис. 1 номограммы желательности видно, что по механической характеристике «твердость» самым высоким результатом обладает сталь 70X12ФБЧЦ и сталь 110X12ФБЧЦ, падающие на отрезок «отлично», сталь X12Ф1 демонстрирует результат, попадающий в отрезок «хорошо», и лишь сталь 60X9M2ВФЦЧ показывает результат в отрезке «удовлетворительно». Но по механической характеристике «средняя стойкость» сталь 60X9M2ВФЦЧ попадает на границу отрезка «отлично» и «превосходно». Стали

70X12ФБЧЦ и 110X12ФБЧЦ также попали на отрезок «отлично», а сталь X12Ф1 демонстрирует низкий результат, тем самым попадая на отрезок «удовлетворительно». По механической характеристике «карбидный балл» стали 60X9M2ВФЦЧ и 70X12ФБЧЦ попадают на отрезок «отлично», сталь 110X12ФБЧЦ также попадает на отрезок «отлично», а сталь X12Ф1 демонстрирует низкий результат, попадает на отрезок «удовлетворительно».

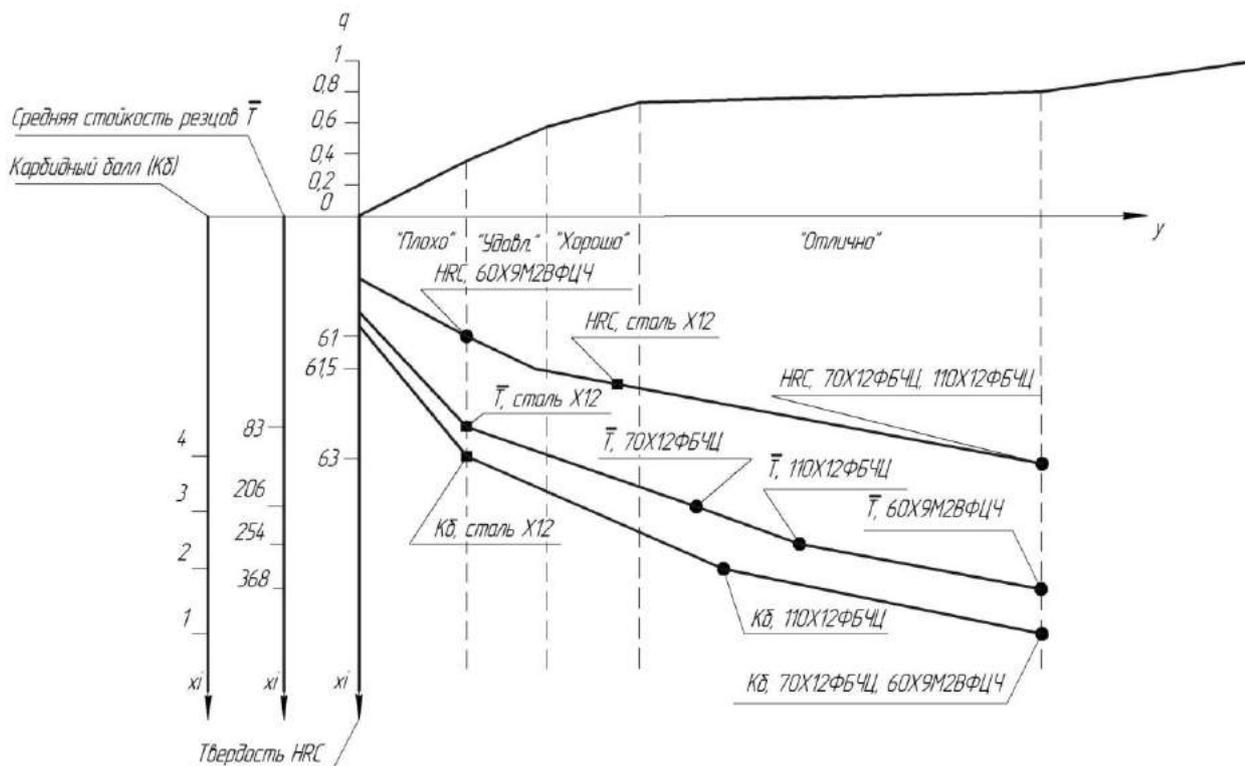


Рис. 1. Номограмма показателей желательности

Модифицированный комплексный показатель желательности показывает, что наилучшим сочетанием характеристик обладают стали 70X12ФБЧЦ и 110X12ФБЧЦ, т.к. значение обобщенной функции желательности имеет максимальное значение 1,55 и 1,3, соответственно, у стали 60X9M2BФЦЧ этот показатель составляет 1,36, что свидетельствует о хорошем сочетании характеристик. Значительно худшие результаты демонстрирует сталь X12Ф1, комплексный показатель желательности составляет 0,46.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что в результате модификации формулы расчета комплексного показателя желательности значительно повысилась объективность и достаточность квалиметрической оценки метода функции желательности.

Квалиметрическая оценка продемонстрировала преимущества новых инструментальных высокохромистых сталей

70X12ФБЧЦ, 60X9M2BФЦЧ и 110X12ФБЧЦ, над ГОСТовской сталью X12Ф1, как по механическим характеристикам, так и по экономической целесообразности применения этих сталей. Модификация комплексного показателя желательности является одним из аспектов развития квалиметрии в части совершенствования технологии оценки инструментальных высокохромистых сталей.

Список литературы

1. Атрошенко С.А. Усовершенствование высокохромистых штамповых сталей легированием. Вестник инжэкона. Серия: технические науки. 2005. Вып. 3 (8). 116-125с.
2. Новик Ф.С. Металловедение цветных редких и радиоактивных металлов. Раздел: Математические методы планирования экспериментов в металловедении. Курс лекций. Учеб пособие. – М.: МИСИС, 1976. – 130 с.
3. Harrington E.C. The desirability function. Industrial Quality Control 1965; (April):494–498
4. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1980. – 493 с.

УДК 658. 562

Гун И.Г., Осипов Д.С.

ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВ И ТЕНДЕНЦИЙ В ОБЛАСТИ МИРОВОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА

Аннотация. В работе представлен обзор тенденций развития требований международных стандартов ИСО к системам менеджмента, таких как ИСО 9001, ИСО 14001, OHSAS 18001. Рассмотрено такое понятие как интегрированные системы менеджмента. Рассмотрены ключевые изменения принципов менеджмента качества, модели менеджмента качества, структуры и требования в новой версии стандарта ИСО 9001 - 2015. Описаны новые положения и понятия, ранее широко не применяемые в области менеджмента качества, а также рекомендации по применению стандартов менеджмента рисков и менеджмента знаний в организациях.

Ключевые слова: стандартизация, система качества, интегрированная система менеджмента, ИСО, новая версия международного стандарта, внедрение, требования, принципы менеджмента качества, менеджмент рисков, менеджмент знаний.

Хорошо известно, что сегодня практически каждое предприятие, производящее продукцию или оказывающее какие-либо услуги, если хочет быть конкурентоспособным должно иметь сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям международного стандарта ИСО 9001:2008 или адаптированной версии ИСО 9001 к применению в конкретной отрасли.

Стандарты ИСО серии 9000 являются общими стандартами, которые могут применяться к любой организации вне зависимости от отрасли, в которой работает организация. Однако во многих отраслях существуют свои требования, которые обязаны выполнять организации, занимающиеся тем или иным видом деятельности. С одной стороны эти требования обусловлены видом продукции или услуг, с другой стороны законодательными инициативами по обеспечению безопасности продукции для потребителей. Часть этих требований распространяются и на системы менеджмента организаций. В связи с этим во многих отраслях на базе стандартов ИСО серии 9000 были разработаны отраслевые стандарты на системы качества.

В этих стандартах в дополнение к требованиям ИСО 9000 добавлены и специфические требования, учитывающие отраслевые особенности. Часть из этих стан-

дартов получили статус международных и поэтому могут применяться любым предприятием, работающим в соответствующей отрасли, вне зависимости от страны нахождения. Помимо этого, все большую распространенность получает разработка и внедрение на предприятиях систем экологического менеджмента на базе стандартов ИСО 14000, систем менеджмента охраны здоровья и безопасности труда персонала на базе стандартов OHSAS 18000, системы менеджмента информационной безопасности и другие (рис. 1). Активизация использования в мировой практике международных стандартов на системы менеджмента, развитие отраслевых версий стандартов в области управления качеством создают предпосылки для формирования интегрированной систем менеджмента (ИСМ) на предприятиях. Под интегрированной системой менеджмента следует понимать часть системы общего менеджмента, отвечающую требованиям двух или более международных стандартов и функционирующую как единое целое. За счет этого увеличивается синергетический эффект общей системы менеджмента организации [1]. Система менеджмента предприятия можно рассматривать как большую систему [2] состоящую из различных подсистем: технических, технологических, информационных и т.п.

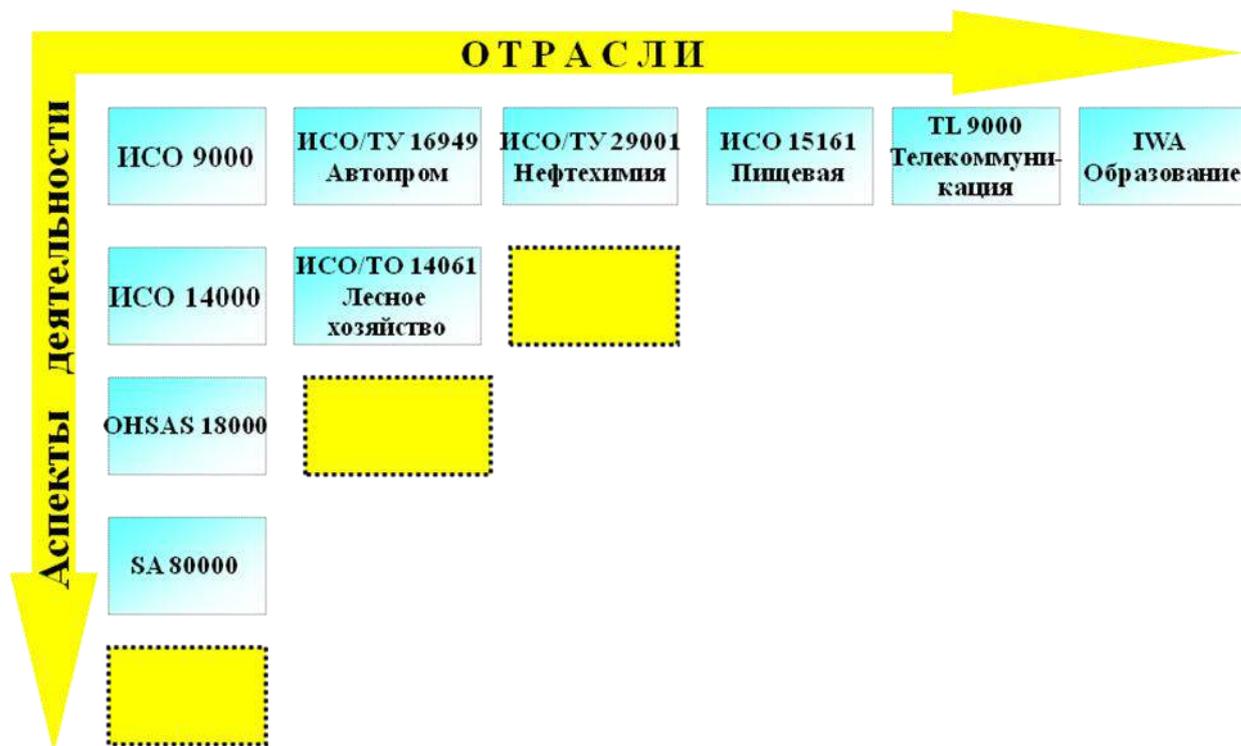


Рис.1. Развитие стандартизации в области системного менеджмента

В связи с этим становится актуальной задачей по разработке методик, моделей, подходов, технологий, направленных на повышение результативности и эффективности интегрированных систем менеджмента или отдельных ее подсистем, которые выступают в качестве механизмов, совершенствующих внутриорганизационные системы управления, и позволяющих предприятиям решать технические, экономические, и экологические проблемы с пользой для персонала, общества и государства. Грамотное внедрение и развитие системы менеджмента становится главным инструментом в достижении организацией своих целей. В ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» существует множество направлений, в рамках которых ставятся и решаются задачи, связанные с совершенствованием различных подсистем менеджмента в металлургии и машиностроении, например:

- развитие теории управления качеством научных и технологических основ получения изделий из перспективных, нано-

- структурированных сталей и порошковых материалов в металлургической и метизной отрасли;

- разработка новых ресурсосберегающих и экологически безопасных процессов в черной металлургии;

- развитие теории, создание и освоение инновационных технологий производства конкурентоспособных изделий с заданным уровнем качества из металлических материалов различного класса и компонентов для сборки и ремонта отечественных и зарубежных автомобилей на основе применения новых процессов, способов испытаний и систем управления качеством;

- разработка и развитие теории квалиметрии, и управление качеством продукции и производственных процессов.

Действуют и развиваются научные школы, занимающиеся, в том числе развитием теории и практики управления качеством в производстве и образовании, квалиметрических методов оценок качества продукции процессов и систем менеджмента, которые возглавляют известные

ученые, такие как: Колокольцев В.М., Гун Г.С., Гун И.Г., Чукин М.В., Рубин Г.Ш., Мезин И.Ю. [3-13].

Практически всем известно, что все это многообразие стандартов на системы менеджмента базируется на основе требований ИСО 9001, но не все знают, что в текущем году заканчивает свое действие 4 издание стандарта ИСО 9001:2008 и вступает в действие новая 5-я версия стандарта ИСО 9001:2015. Соответственно в течение последующего 2016 года также будут пересмотрены в соответствии с новыми требованиями и многие отраслевые стандарты. Вообще международные стандарты пересматриваются и обновляются с периодичностью раз в 6-8 лет (**рис.2**).

Появление пятого издания ИСО 9001:2015 вызвано несколькими причинами. Во-первых, за прошедший период про-

изошли существенные изменения в мировой практике менеджмента, окружающей деловой среде, а также накоплены новые знания. Во-вторых, появились новые стандарты на системы менеджмента, что вызвало необходимость в создании единого подхода.

В связи с принятым организацией ISO приложения SL все технические комитеты, разрабатывающие стандарты в области систем менеджмента, должны использовать единую структуру термины и определения.

Что же нового ждет организации при внедрении требований международных стандартов ИСО 9001:2015 или его отраслевых производных? Во-первых, изменилась структура и модель стандарта (**рис.3, 4**).

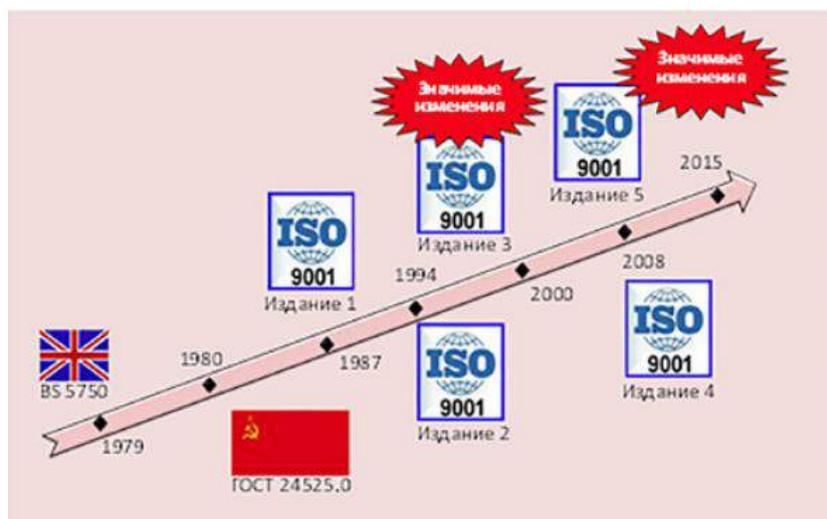


Рис.2. Эволюция международного стандарта на систему менеджмента качества

В основу стандарта заложена «структура высокого уровня» - т.е. модель и разделы стандарта соответствуют известному циклу PDCA и принципам менеджмента изложенных в ИСО 9004:2000, которых, кстати, в стандарте ИСО 9001:2015 стало на один меньше (не 8, а 7 основных принципов менеджмента качества), в связи с тем, что принцип «системный подход к менеджменту» слился с принципом «постоянное улучшение». А принцип «Взаимно-

выгодные отношения с поставщиками» был расширен до принципа «Управления взаимоотношениями с заинтересованными сторонами» (**рис.5**). Целый новый раздел 5 посвящен «Лидерству». Исчезло понятие «Представитель руководства по качеству», которое позволяло высшему руководству делегировать работы по качеству одному сотруднику. Теперь все высшее руководство должно быть привержено системе менеджмента качества. Лидерство руково-

дства заключается в принятие решений, основанных на фактах и показателях, обеспечение внедрения и функционирования системы менеджмента качества, создания и внедрения стратегии, включая по-

литику и цели качества, включения целей по качеству в бизнес планы, программы мероприятий и планы по обеспечению ресурсами, а также их доведения до всего персонала.



Рис. 3. Модель менеджмента качества в соответствии с требованиями МС ИСО 9001:2015

ИСО 9001:2008	ИСО 9001:2015
0 Введение	
1 Область применения	
2 Нормативные ссылки	
3 Термины и определения	
4 Система менеджмента качества	4 Организационная среда
5 Ответственность руководства	5 Лидерство
6 Менеджмент ресурсов	6 Планирование
7 Выпуск продукции	7 Поддержание
8 Измерение, анализ и улучшение	8 Операции
	9 Оценивание показателей
	10 Улучшения

Рис.4. Новая структура МС ИСО 9001:2015

Изменилась и терминология. Следующие два прежних термина: «документация» и «записи» было решено объединить в один общий термин «документированная информация». Это избавит от лишних споров о том, что следует считать документом, а что записью. Кроме того, в новый информационный век все чаще вместо бумажных документов используются электронные документы и записи в базах

данных. Это также актуально и для интеграции документации всех уровней в единую систему управления документацией ИСМ [14].

Важным нововведением стало введение понятия «Организационная среда». Под организационной средой понимается окружающая деловая среда, включающая совокупность внутренних и внешних факторов.

В частности, организационная среда используется для анализа и оценки рисков, для стратегического планирования.

Наиболее значимой составляющей организационной среды является «Заинтересованная сторона», т.е. физическое или юридическое лицо, интересы которого связаны с организацией.

Понимание организационной среды позволяет определить все требования к системе менеджмента качества, а также четко определить область применения для системы менеджмента качества.

ИСО 9001:2008	ИСО 9001:2015
1 Ориентация на потребителя	1 Ориентация на потребителя
2 Роль руководства	2 Лидерство
3 Вовлечение персонала	3 Вовлечение персонала
4 Процессный подход	4 Процессный подход
5 Системный подход к менеджменту	5 Улучшения
6 Постоянные улучшения	6 Принятие решений на основе фактов
7 Принятие решений на основе фактов	7 Управление взаимоотношениями
8 Взаимовыгодные отношения с поставщиками	

Рис.5. Принципы менеджмента качества

Важным, в новом стандарте является также направленность на перспективное планирование качества продукции и решение проблем в понимании качества в цепочке «потребитель-поставщик».

Что же такое перспективное планирование качества продукции? [15]. Если рассматривать данную деятельность через линзу определений, то это часть менеджмента качества, направленная на установ-

ление цели в области качества по отношению к будущему или существующему продукту и процессам его производства, устанавливающая необходимые операционные процессы жизненного цикла продукции и соответствующие ресурсы для достижения этих целей в области качества [16]. Менеджмент качества на этапах разработки и выпуска жизненного цикла продукции занимается пятью сферами деятельности предприятия, в которых возникают проблемы с качеством (рис.6).

Исчез термин «Предупреждающие действия» и соответствующий раздел стандарта. Из предыдущих изданий стандарта не было ясно, почему и как организация должна была определять и осуществлять предупреждающие действия. Но это не означает, что теперь организация не должна осуществлять профилактические мероприятия по предупреждению возникновения несоответствий при проектировании и производстве. Такие меры будут реализованы в рамках риск-менеджмента.

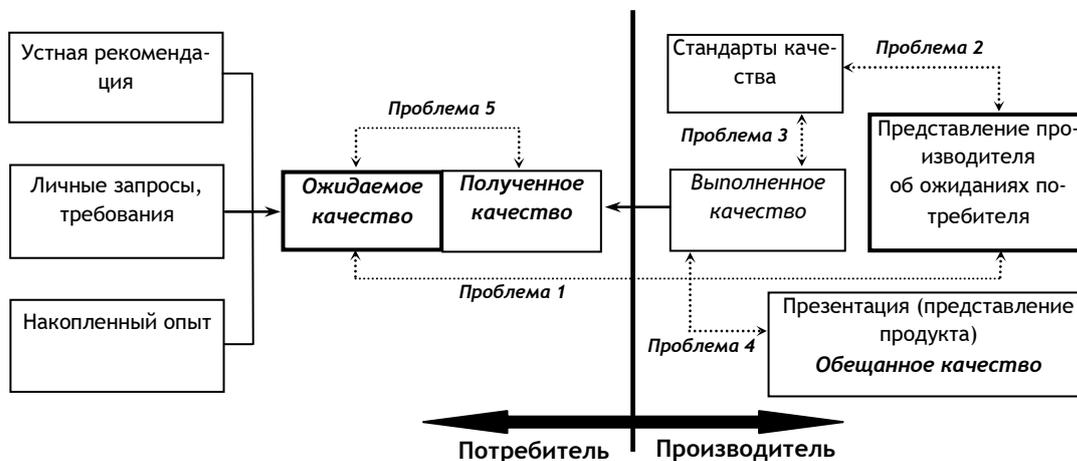


Рис.6. Понятийная модель качества

Особое внимание уделено новому подходу - «принятие решений, основанное на рисках» (также его название можно перевести как «мышление, основанное на рисках»). Концепция риска, т.е. вероятности невыполнения основной задачи СМК по предоставлению потребителю соответствующих его требованиям продуктов и

(или) услуг в целях достижения его удовлетворенности. В новой версии требование о принятии решений, основанном на рисках, сформулировано явно и тесно увязано с концепцией процессного подхода. При этом риск следует понимать не только как негативное явление, но и как возможность нахождения областей для улучшения в

процессах. В качестве полезного, справочного (но не обязательного) документа по методам принятия решений на основании рисков можно использовать ISO 31000 «Менеджмент риска. Принципы и руководство».

На сегодняшний день серия ISO 31000 представлена следующими стандартами, руководствами и техническими отчетами:

1. **ISO 31000:2009 «Менеджмент рисков. Принципы и руководящие указания»** содержит одиннадцать принципов и общие руководящие указания по эффективному выявлению и управлению рисками, т. е. внешними и внутренними факторами и влияниями, которые вносят неопределенность в достижение целей организации.

2. **ISO Guide 73:2009 «Менеджмент рисков. Словарь»** дополняет **ISO 31000**, обеспечивает последовательное понимание и согласованный подход к концепции управления рисками и содержит определения общих терминов, связанных с идентификацией, анализом, мониторингом, оценкой, управлением риском, а также процессами и, собственно, менеджментом рисков.

3. **ISO/TR 31004:2013 «Менеджмент рисков. Руководство по внедрению ISO 31000»** способствует эффективному внедрению **ISO 31000** и обеспечивает структурированный подход к переходу от существующей практики управления рисками к **ISO 31000** с гибкой перспективой адаптации к будущим изменениям;

4. **ISO/IEC 31010:2011 «Менеджмент рисков. Методы оценки рисков»** был подготовлен 56 Техническим комитетом «Надежность» Международной Электротехнической комиссии (IEC) совместно с 262 TC ISO. Настоящий стандарт дополняет положения **ISO 31000**.

ISO/IEC 31010 фокусируется на понятиях, процессах и выборе метода оценки рисков и обеспечивает основу для принятия решения о применении наиболее целесообразного подхода для оценки конкретных рисков.

Для выстраивания процесса управления рисками можно использовать алгоритм, представленный на **рис. 7**.

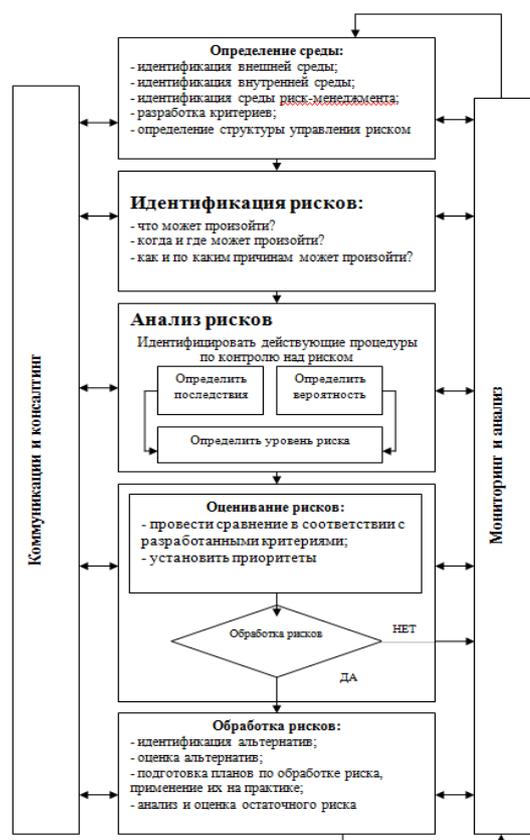


Рис.7. Процесс управления рисками

В ISO/IEC 31010:2011 приведено более 30 методов, которые предприятия могут адаптировать и использовать для оценки и анализа рисков в рамках внедрения нового стандарта, ориентируясь на собственную потребность и лучшую практику отрасли.

Процесс управления риском охватывает различные аспекты работы с риском, от идентификации и анализа риска до оценки его допустимости и определения потенциальных возможностей снижения риска посредством выбора, реализации и контроля соответствующих управляющих действий.

Анализ риска представляет собой структурированный процесс, целью которого является определение, как вероятности, так и размеров неблагоприятных последствий исследуемого действия, объекта

или системы.

Также для анализа и оценки производственных рисков организации могут использовать ГОСТ Р 51901.1-2002 - «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем». Настоящий стандарт устанавливает руководящие указания по выбору и реализации методов анализа риска, главным образом для оценки риска технологических систем, где в качестве неблагоприятных последствий рассматривается вред, наносимый людям, имуществу или окружающей среде.

Еще одно серьезное обобщение - введение понятия «внешнее обеспечение», которое учитывает все формы получения продуктов и услуг от внешних сторон - таких, как закупки от стороннего поставщика, передача по соглашению с ассоциированными компаниями, передача процессов на аутсорсинг и т.д. Что ставит задачи по организации управления процессами производства у поставщиков как собственными процессами. Для этого требуется иметь разработанные подходы, методики, критерии выбора и оценки и т.д. [17].

Все требования касательно закупаемых товаров и услуг, а также процессам, передаваемым внешним организациям, объединяются в один раздел «Контроль продуктов и услуг от внешних поставщиков». Раньше эти требования были «размазаны» по всему стандарту. Наиболее радикальной новацией ИСО 9001:2015 станет отказ от так называемых «обязательных документированных процедур» и «руководства по качеству», т.е. уходит обязательный формализм системы.

«Знания организации» — новый термин и требование, являющиеся результатом эволюции требования версии ISO 9001:2008 в отношении управления компетентностью персонала. Он подразумевает определение, накопление и поддержание в рабочем, т.е. доступном для организации состоянии знаний, полученных для обеспечения соответствия требованиям поставляемых продуктов и оказываемых услуг. Распределение доли знаний, хранимых компетентным персоналом организации, и

доли знаний, хранимых на других носителях, осуществляется организацией.

Система менеджмента знаний (СМЗ) - совокупность взаимодействующих и взаимозависимых элементов, относящихся к управлению знаниями (процессов, баз данных, программного обеспечения, организационных структур и пр.), обеспечивающая достижение поставленных целей.

Для лучшего понимания данного раздела менеджмента следует рассмотреть терминологию:

Знания - это смысл, доставленный разумом. Без смысла, знания - это информация или данные. Что является информацией, а что знаниями, зависит от пользователя.

Таким образом, цель менеджмента знаний - это получение знаний, дающих однозначный ответ на вопрос, как решить проблему, а не набор данных и информации, которые он сам должен обрабатывать и превращать в знания. К сожалению, такой идеал недостижим, так как система может давать только вероятностные подсказки (рис. 8).



Рис. 8. Структура менеджмента знаний

Система менеджмента знаний очень важный компонент системы для организаций, работающих и внедряющих стандарты ИСО 9000 в сфере образования (в том числе и для ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова). Есть еще множество нюансов и тонкостей в требованиях нового стандарта, которые потребуется изучать и реализовывать на практике, но в целом все эксперты и специалисты в области качества говорят

о положительном изменении стандарта и усилении синергетического эффекта от внедрения новых требований к системе менеджмента качества в общую систему менеджмента организации в целом.

Также важнейшей задачей является разработка новых моделей, методик и критериев оценки результативности и эффективности систем менеджмента качества в соответствии с учетом новых требований ИСО 9001:2015, т.к. существующие в настоящее время не в полной мере будут соответствовать новым требованиям и модели стандарта [18-20].

Что касается процесса адаптации и сертификации, то Международный форум по аккредитации (IAF и IATF) одобрил трехлетний переходный период для нового стандарта ISO 9001 — с сентября 2015 г. по сентябрь 2018 г.

Список литературы

1. Хохлаевин С.А. Интеграцию систем менеджмента за рубежом облегчают национальные стандарты и практика // Стандарты и качество. 2007. № 7. С. 62-64.
2. Осипов Д.С. Система менеджмента качества как большая система. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. №2. С 37-38.
3. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. №1. С 5-6.
4. Колокольцев В.М., Разинкина Е.М. Университетский комплекс: интеграция и непрерывность // Высшее образование в России. 2011. №5. С. 3-10.
5. Чукин М.В., Колокольцев В.М., Гун Г.С., Салганик В.М., Платов С.И. Научная деятельность ГОУ ВПО «МГТУ» в условиях развития нанотехники // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. №2. С 55-59.
6. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. №1. С 5-11.
7. Гун И.Г., Михайловский И.А., Осипов Д.С., Куцендик В.И., Сальников В.В., Гун Е.И., Смирнов А.В., Смирнов А.В. Разработка, моделирование и совершенствование процессов производства шаровых шарниров автомобилей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1. С. 52-57.
8. Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Mezin E.Yu., Korchunov A.G. Metallurgy qualimetry theory design and development // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №5. С 67-69.
9. Закиров Д.М., Осипов Д.С., Гун И.Г., Сабадаш А.В., Овчинников С.В., и др. Применение логики антонимов для комплексного анализа качества автомобильного крепежа // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. №4. С 57-62.
10. Гун И.Г., Михайловский И.А., Осипов Д.С. Квалиметрическая оценка и повышение результативности сквозной технологии и системы менеджмента качества производства шаровых пальцев / монография // М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова". Магнитогорск, 2008. 147 с.
11. Гун И.Г., Рубин Г.Ш., Сальников В.В. Комплексная оценка эффективности процессов производства шаровых пальцев / монография // Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова". Магнитогорск, 2008. 131 с.
12. Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун Г.С., Закиров Д.М., Гун И.Г. Разработка теории квалиметрии метизного производства // Черные металлы. 2012. №7. С.15-20.
13. Гун Г.С., Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун И.Г., Мезин И.Ю., Корчунов А.Г. Создание и развитие теории квалиметрии металлургии // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2003. № 5. С. 67.
14. Осипов Д.С., Дягилева С.В. Анализ и особенности разработки документации при внедрении интегрированной системы менеджмента // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2011. №1. С 175-177.
15. ГОСТ Р ИСО 9000:2009. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
16. Михайловский И.А., Осипов Д.С., Куцендик В.И. Перспективное планирование качества продукции (статья) // Материалы 63-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ за 2003-2004 гг.: Сб. докл. Т.1. – Магнитогорск: МГТУ. – 2004. – С. 41-47.
17. Гун И.Г., Осипов Д.С., Михайловский И.А. Методика квалиметрической оценки и анализа производственных процессов // Век качества. 2011. №3. С. 36-38.
18. Михайловский И.А., Осипов Д.С., Сальников В.В. Определение требований и разработка математической модели и методики оценки результативности СМК предприятия // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2004. № 4. С. 87-93.
19. Михайловский И.А. Методология обеспечения качества изделий на основе регламентации

комплекса требований к процессам их производства // Век качества. 2011. №2. С. 49-51.

20. Осипов Д.С., Мезин И.Ю., Овчинников С.В., Майстренко В.М. Совершенствование СМК

машиностроительного предприятия с использованием методов экспертно-функционального анализа // Методы менеджмента качества. 2012. №9. С. 46-50.

УДК 669.1.004.16:568.562.6

Песин А.М., Рахимов С.Н., Локотунина Н.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ОГРАНИЧЕНИЙ КАК ОДНОГО ИЗ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ПОДСИСТЕМЕ «РЕЗКА-ОТДЕЛКА- УПАКОВКА-ТРАНСПОРТИРОВКА» МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Решается задача повышения эффективности управления качеством продукции в подсистеме «резка-отделка-упаковка-транспортировка» (РОУТ) металлургического предприятия. В качестве одного из инструментов управления рассмотрена теория ограничений, на основе которой построена система, предусматривающая взаимосвязанную совокупность технических, технологических и организационных составляющих в рамках всей технологической цепочки подсистемы РОУТ, и позволяющая в конечном итоге минимизировать количество претензий потребителей к качеству металлопроката ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК»). Система предусматривает функционирование действенных механизмов выявления и устранения истинных причин (ключевых проблем) нежелательных явлений, имеющих место в подсистеме РОУТ, а также замкнутость (непрерывность) данного процесса.

Ключевые слова: теория ограничений, «узкое место», улучшение качества, подсистема «резка-отделка-упаковка-транспортировка», потери от брака.

Обеспечение конкурентоспособности стального проката представляет собой сложную многофакторную проблему. Ее решение невозможно без системного анализа сквозной технологической цепочки от производства стали до получения готового проката и изделий из него. Анализируя эту цепочку, следует отметить, что возникновение значительной части выявляемых дефектов металлопроката связано с процессами, происходящими на завершающей стадии производства, включающей в себя такие операции, как резка, отделка, упаковка и транспортировка металлопродукции. Целесообразно рассматривать эти операции как элементы одной подсистемы: «резка – отделка – упаковка - транспортировка» металлургического предприятия. В ОАО «ММК» доля продукции, отсортированной потребителями из-за дефектов,

возникших в подсистеме РОУТ листопрокатного цеха № 5, к общему количеству отсортированной продукции ЛПЦ-5, составляла в период с 2008 по 2010 годы от 6,21% до 97,1%. При этом подсистема РОУТ ранее не выделялась и не управлялась как самостоятельный объект, хотя в этой подсистеме выявлялось значительное количество дефектов металлопродукции.

Причиной данной ситуации является недостаточное внимание, уделяемое процессам, относящимся к данной подсистеме. В свою очередь, это вызвано тем, что, с одной стороны, они традиционно не считаются «ключевыми» для металлургического предприятия. С другой стороны, они, как правило, находятся вне зоны контроля отдела аттестации и приемки продукции. Кроме этого, существующие критерии возможных потерь от дефектов металло-

продукции не учитывают фактор загрузки «узкого места».

В связи с этим задача повышения эффективности управления качеством продукции в подсистеме «резка-отделка-упаковка-транспортировка» металлургического предприятия, является актуальной. Для выполнения этой задачи, необходимы новые, более совершенные и эффективные подходы к управлению качеством.

Проведен анализ наиболее известных и распространенных подходов к управлению качеством продукции. Самыми известными из них являются концепция всеобщего управления качеством (TQM) и стандарты ИСО серии 9000, которые с момента опубликования нашли широкое признание и применение в различных сферах деятельности и основанных на них системах менеджмента качества (СМК). При этом в упомянутых выше стандартах можно отметить ряд недостатков:

- оторванность СМК на основе международных стандартов ИСО серии 9000 от бизнеса;

- отсутствие в большинстве случаев встроенных показателей эффективности, характеризующих соотношение между достигнутыми результатами и использованными ресурсами;

- формальность внедрения СМК.

Не лишены недостатков также и другие применяющиеся в настоящее время подходы к управлению качеством продукции (СФК, APQP, FMEA, ССП и другие). Например, в FMEA отсутствует методика определения причин дефектов; кроме того, недостатком FMEA является его неспособность оценить общую надежность системы и, таким образом, оценить степень улучшения ее конструкции или изменений.

В качестве одного из инструментов управления, в работе рассмотрена теория ограничений (The theory of constraints – ТОС) – современная концепция управления, возникшая в начале 80-х годов в США. Принципы, провозглашенные ее автором - Э.А. Голдраттом, нашли широкое применение в управленческой практике

менеджеров многих промышленных и торговых предприятий на Западе [1-5].

Многие годы данный подход применительно к металлургическому производству развивает научная школа кафедры обработки металлов давлением ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» [6-9]. В частности, установлено, что ТОС позволяет, с одной стороны, выявлять ключевые проблемы в системе, и эту теорию можно адаптировать к определению ключевых причин образования дефектов (брака) металлопродукции [10-12]. С другой стороны, в работе [13] показано, что при разработке мероприятий в области качества необходимо учитывать «узкие места» (ограничивающие факторы) производства. Под «узким местом» понимается такой ресурс, доступный объем которого не соответствует потребности предприятия в нем.

Учитывая наработки ФГБОУ ВПО «МГТУ» в этом направлении, в настоящей работе теория ограничений применена для повышения эффективности функционирования подсистемы РОУТ металлургического предприятия, для чего произведена адаптация этой теории к условиям указанной подсистемы.

Разработан алгоритм определения места (цех, участок, агрегат), операции и причины образования дефекта, отличающийся применением подходов теории ограничений. Алгоритм включает в себя два блока.

Первым блоком является блок выявления и классификации дефектов металлопродукции, возникающих в подсистеме РОУТ (рис.1). Он включает в себя анализ поступивших претензий к качеству металлопродукции с помощью построения диаграмм Парето, выполнения процедур FMEA или применения других известных методик, позволяющих установить критичность дефектов. В результате дефекты металлопродукции классифицируются как по видам металлопродукции (рулон, лист), так и по их значимости.

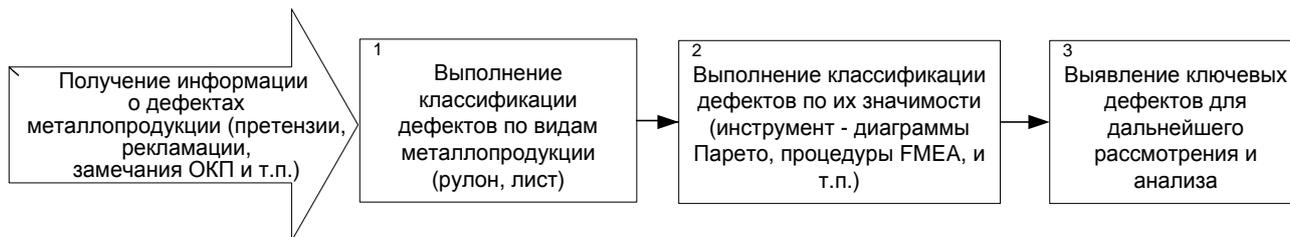


Рис.1. Блок выявления и классификации дефектов металлопродукции

В основе второго блока (рис.2) лежит логическое дерево, при построении которого происходит установление места, операции и причины возникновения дефектов. Сущность процесса построения дерева в том, что при анализе приведших к дефектам металлопродукции факторов рассматриваются и принимаются во внимание все возможные (прямые, косвенные, сопутствующие) причины, каждая из которых оказывает влияние на возникновение дефекта. При этом оценивается влияние каждого из факторов, как в отдельности, так и в комплексе. Местом возникновения дефекта, как правило, является место, в котором одновременно проявляется воздействие всех имеющих место факторов. Причины,

вызвавшие появление каждого из факторов, фиксируются как причины возникновения дефекта. Результатом построения дерева является перечень мест, операций и причин возникновения дефектов.

После выявления места, операции и ключевых причин возникновения дефектов, необходимо установить величину (уровень) потерь, вызванных дефектами, для чего произведена разработка критериев оценки возможных потерь от дефектной металлопродукции, с учетом фактора загрузки «узкого места».

Разработан алгоритм нахождения решений по устранению ключевых причин образования дефектов металлопродукции.



Рис.2. Блок установления места, операции и причины возникновения дефекта

Причины образования дефекта, найденные с помощью алгоритма определения места, операции и причины образования

дефекта, могут быть как связанными с нарушением утвержденной технологии, так и не зависеть от нарушений технологии. При

этом в случае выявления причин, связанных с нарушением технологии, не требуются системных решений, так как предполагается, что в данном случае система выстроена верно, и ее эффективное функционирование зависит только от исполнительской дисциплины при выполнении технологического процесса.

В случае если причина образования дефекта не связана с нарушениями технологии, и имеет технологическую, техническую, организационную или информационную подоплеку, требуется поиск решений по ее устранению. Для этого, на следующем этапе, производится поиск потенциально возможных решений и проверка их на непротиворечивость. Результатом данного этапа работы является нахождение наиболее рационального решения, которое способно обеспечить «прорыв» в устранении проблемы. В процессе выполнения этапа производится коррекция найденного решения, которая состоит из трех уровней:

- на первом уровне производится проверка потенциально возможных решений на наличие противоречий между ними и дальнейшая коррекция решения (его уточнение либо изменение) для устранения этих противоречий;

- на втором уровне производится аналитическая (экспертная) проверка решения на достижимость требуемого результата по устранению ключевой причины возникновения дефекта и, как следствие, самого дефекта; при необходимости производится коррекция решения;

- на третьем уровне производится анализ возможных побочных последствий (с определением степени их критичности) от реализации выбранного решения, после чего, при необходимости, производится коррекция последнего.

Результатом данного этапа является окончательный выбор принимаемых решений (основного и дополнительных, при необходимости).

Для оценки действенности проведенных мероприятий произведена разработка показателей эффективности подсистемы РОУТ по повышению качества продукции.

Эффективность подсистемы РОУТ целесообразно оценивать по показателю суммарных потерь (СП) от брака металлопродукции, при этом величина эффективности рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^n \Pi i \delta m - \sum_{i=1}^n \Pi i n m,$$

где \mathcal{E} - эффективность подсистемы;

$\sum_{i=1}^n \Pi i \delta m$ - суммарные потери до мероприятия;

$\sum_{i=1}^n \Pi i n m$ - суммарные потери

после мероприятия; Πi - потери от брака металлопродукции.

Усовершенствована СМК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» путем ее интеграции с системой управления качеством подсистемы РОУТ с учетом разработанных в рамках этой системы алгоритмов. Исследован документооборот на этапах расширенного процесса непрерывного улучшения.

В рамках совершенствования СМК был проведен анализ общесистемных стандартов предприятия, стандартов, основных положений и инструкций системы менеджмента качества ОАО «ММК», содержащих требования к процессам, связанным с функционированием подсистемы РОУТ ОАО «ММК» на 01.09.2012.

Нормативные документы были сгруппированы в соответствии с пятью блоками, в соответствии с которыми построена система управления качеством подсистемы РОУТ: выявление и классификация дефектов; определение места, операции и причины образования дефекта; нахождение решений по устранению главных причин образования дефектов металлопродукции; установление критериев оценки возможных потерь от дефектной металлопродукции; разработка показателей эффективности функционирования подсистемы РОУТ.

Также был проведен анализ документации, задействованной на этапах реализа-

ции расширенного процесса непрерывного улучшения, рассмотрена их взаимосвязь между собой и другими документами при функционировании системы управления качеством подсистемы РОУТ.

В результате проведенной работы были разработаны изменения к стандартам организации СМК ОАО «ММК», представлены рекомендации по разработке недостающих документов, а также план их поэтапного внедрения.

5. Разработаны нормативные документы СМК подсистемы РОУТ ОАО «ММК»: «Инструкция о порядке разработки и внедрения схем упаковки металлопродукции в ОАО «ММК» (И ЦЛК 3-01-2011), «Исходные требования на металлические упаковочные элементы для металлопродукции, производимой цехами ОАО «ММК» (И ЦЛК 3-2438-2010), 47 технологических писем, 34 изменения к технологическим инструкциям.

6. Разработаны планы преобразований для внедрения прорывных решений в подсистеме РОУТ ОАО «ММК», в соответствии с которыми внедрено 9 технических решений по исключению нежелательных явлений в подсистеме РОУТ. Внедрение данных технических решений позволило уменьшить количество дефектов металлопродукции ОАО «ММК».

7. Произведен расчет потерь от брака металлопродукции ЛПЦ-5 ОАО «ММК» с учетом фактора загрузки «узкого места».

8. Произведен расчет эффективности функционирования подсистемы РОУТ с учетом уменьшения количества дефектов металлопродукции ОАО «ММК» и новой методики расчета потерь от брака металлопродукции.

Заключение

1. Установлено, что для эффективного управления качеством продукции на металлургическом предприятии необходимо совершенствовать входящую в состав технологической системы «сталь-прокат-потребитель» подсистему «резка-отделка-упаковка-транспортировка». В процессе функционирования этой подсистемы управление качеством необходимо осуще-

ствлять таким образом, чтобы системно было предотвращено возникновение нежелательных явлений (дефектов металлопроката), а значит, необходимо воздействовать на причины нежелательных явлений, которые, в свою очередь, необходимо верно идентифицировать. С этой целью построена система, которая предусматривает взаимосвязанную совокупность технических, технологических и организационных составляющих в рамках технологической цепочки начиная от агрегатов резки и заканчивая выгрузкой металла у потребителя, дающих в конечном итоге минимальное количество или, в идеале, полное отсутствие претензий потребителей к качеству металлопроката ОАО «ММК». Система предусматривает функционирование действенных механизмов выявления и устранения истинных причин (ключевых проблем) нежелательных явлений, имеющих место в подсистеме РОУТ, а также замкнутость (непрерывность) данного процесса.

Таким образом, система управления качеством позволяет сфокусировать внимание организации на участке (подсистема РОУТ), который вносит значительную долю в возникновение дефектов металлопродукции у потребителей, и повысить эффективность ее работы при достижении поставленных целей в области качества, за счет методик выявления и устранения ключевых проблем с использованием теории ограничений.

2. Установлено, что наиболее эффективным путем создания системы управления качеством подсистемы РОУТ является трансформация уже существующей СМК, сертифицированной на соответствие стандартам ИСО серии 9000.

Интеграция СМК на базе стандартов ИСО серии 9000, действующих стандартов организации, известных методик управления качеством и теории ограничений была показана на примере ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». В результате проделанной работы были разработаны изменения к стандартам организации СМК ОАО «ММК», представлены рекомендации по

разработке недостающих документов, а

также план их поэтапного внедрения.

Список литературы

1. Goldratt Eliahu M., Fox Bob E. The race. – NY.: North River Press, 1986. 179 p.
2. Goldratt Eliahu M., Cox Jeff. The Goal: process of ongoing improvement. – NY.: North River Press, 1992. 271 p.
3. Goldratt Eliahu M. What is this thing called theory of constraints? – NY.: North River Press, 1986. 179 p.
4. Голдратт Э.М. Синдром стога сена. Выживание информации из океана данных. – М.: АСТ, 2005. 73 с.
5. Noreen E., Smith D., Mackey James T. The theory of constraints and its implications for management accounting. – NY.: North River Press, 1995. 187 p.
6. Песин А.М., Салганик В.М., Жлудов В.В. Управление промышленным предприятием на основе теории ограничений: основы методологии и опыт использования: Учеб. пособие. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. 199 с.
7. Песин А.М., Салганик В.М., Жлудов В.В. Новые экономические оценки и планирование производства на основе теории ограничений // Производство проката, 2004. № 6. С. 41 – 45.
8. Реализация концепции производственного планирования на основе эффективного использования ограничений / Сеничев Г.С., Шмаков В.И., Виер И.В., Салганик В.М., Песин А.М., Жлудов В.В. — М.: Экономика 2006. – 210 с.
9. Senichev G.S., Shmakov V.I., Salganik V.M., Pesin A.M. Computer implementation of a New Production Optimization Planning Model in the Framework of a Corporate Information System // The Business Review, Cambridge. Vol. 5. №2. Summer 2006. P. 344-350.
10. Новый подход к определению потерь от бракованной металлопродукции на основе использования подходов теории ограничений / Рахимов С.Н., Курбан В.В., Песин А.М., Песин И.А., Баскакова Н.Т. // Производство проката, 2013. №8. С. 45-48.
11. Применение теории ограничений для оптимизации функционирования подсистемы «Резка-Отделка-Упаковка-Транспортировка» как части технологической системы «Сталь-Прокат-Потребитель» ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» / Рахимов С.Н., Шебаршова И.М., Курбан В.В., Песин А.М., Мухин А.А. // Производство проката, 2012. № 2. С. 34-39.
12. Повышение эффективности работы подсистемы «Резка – отделка – упаковка – транспортировка» листопрокатного цеха» / Рахимов С.Н., Шебаршова И.М., Левашова Е.В., Савицкий Л.А., Курбан В.В., Песин А.М. // Сталь, 2012. № 2. С. 137-143.
13. Новые подходы к производственному планированию / Песин А.М., Салганик В.М., Бережная Г.А., Чикишев Д.Н., Шмаков В.И. // Вестник ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. № 2. С. 75-76.
14. 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. 5-9.
15. Вдовин К.Н., Гун Г.С. Опыт МГТУ в подготовке кадров высшей квалификации // Высшее образование в России. 2011. № 10. С. 63-70.
16. Колокольцев В.М., Разинкина Е.М., Глухова А.Ю. Подготовка квалифицированных кадров в условиях университетского комплекса // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1-2. С. 615-618.
17. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 1 (21). С. 5-11.
18. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 5-6.

УДК 658.516: 62.88

Данилова Ю.В., Полякова М.А.

ПРОБЛЕМЫ АКТУАЛИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ СТАНДАРТОВ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КРЕПЕЖ

Аннотация. Проведен анализ требований, содержащихся в действующих стандартах на болт машиностроительный. Установлено, что в стандартах содержится большое количество ссылок на другие нормативные документы, в том числе и на уже не действующие. Это требует внесения соответствующих изменений. Также необходимость актуализации действующих стандартов обусловлена интенсивным развитием нанотехнологий, что открывает перспективы производства машиностроительного крепежа из стали с ультрамелкозернистой структурой.

Ключевые слова: машиностроительный крепеж, стандарт, актуализация, ссылка, нанотехнологии.

Для обеспечения конкурентоспособности продукции необходимо, прежде всего, обеспечить ее соответствие нормативным требованиям, содержащимся в различных видах нормативно-технической документации, среди которых самыми распространенными являются стандарты. 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 требования, не гармонизирована с мировой практикой [1]. В условиях быстро меняющегося законодательства и расширения бизнеса возникает необходимость постоянного мониторинга нормативных документов (стандартов), которыми руководствуется предприятие при производстве продукции.

Массовое использование болтов в машиностроении обусловило многообразие их конструкций. Наибольшее распространение получили болты с шестигранной головкой, которые применяются в соединениях, испытывающих нагрузки различного характера: статические, циклические, динамические (рис. 1). Наибольшее применение имеют болты с диаметром резьбы до 48 мм.

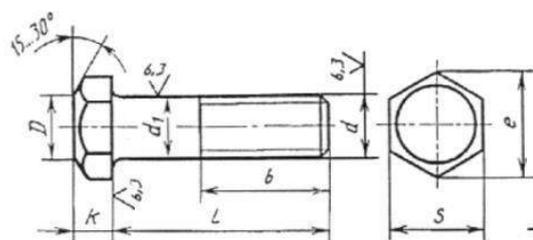


Рис. 1. Болт шестигранный (по ГОСТ 7798-70)

Производство метизов занимает значительную часть в металлургической отрасли РФ. По данным [2] на июль 2014 года основными производителями метизов в России являются ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-Метиз», ООО «НЛМК-Метиз», ОАО «МЕЧЕЛ», ОАО «Челябинский металлургический комбинат», ОАО «Северсталь-метиз», ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ЕВРАЗ ЗСМК). На официальных сайтах метизных производителей размещена информация, что изготовители при производстве болтов машиностроительных используют ГОСТ 7798-70 «Болты с шестигранной головкой класса точности В» и ГОСТ 7805-70 «Болты с шестигранной головкой класса точности А» [3 - 6].

В табл. 1 приведено соответствие требований параметров болтов по ГОСТ 7798-70 и ГОСТ 7805-70. Болты ГОСТ

7805-70 с резьбой на конце стержня имеют другое название – болты с неполной резьбой. Их зарубежные аналоги – болты DIN

931. Другое название болтов ГОСТ 7798-70 – болты с полной резьбой. Зарубежный аналог – болты DIN 933.

Таблица 1

Соответствие требований ГОСТ 7798-70 и ГОСТ 7805-70

Параметр болтов	ГОСТ 7798-70	ГОСТ 7805-70
Класс точности	В, нормальной точности	А, повышенной точности
Диаметр резьбы	от 6 мм до 48 мм	от 1,6 мм до 48 мм
Длина болтов	от 8,0 мм до 300 мм	от 2,0 мм до 300 мм
Размеры «под ключ»	от 10 мм до 75 мм	от 3,2 мм до 75 мм
Высота головки	от 4,0 мм до 30 мм	от 1,1 мм до 30 мм
Диаметр отверстия в стержне	от 1,6 мм до 8,0 мм	от 1,0 мм до 8,0 мм
Диаметр отверстия в головке	от 2,0 мм до 5,0 мм	от 1,0 мм до 5,0 мм
Комплектация гайкой	ГОСТ 5915-70 (DIN 934)	ГОСТ 5927-70 (DIN 934)
Поле допуска резьбы	6g	6g
Покрытие стали	электролитическое (гальваническое) оцинкование, термодиффузионное оцинкование	гальваническая оцинкование, термодиффузионное оцинкование
Марки стали	10кп, 20кп, 10, 20, 35, 20Г2Р, 40Х, 30ХР	10кп, 20кп, 10, 20, 35, 20Г2Р, 40Х, 30ХР

В настоящее время Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2013 г. N 573-ст указано «Прекратить применение на территории Российской Федерации ГОСТ 7798-70 «Болты с шестигранной головкой класса точности В. Конструкция и размеры» и ГОСТ 7805-70 «Болты с шестигранной головкой класса точности А. Конструкция и размеры», в части болтов с крупным шагом резьбы и резьбой до головки, с 1 июля 2014 г. в связи с утверждением и введением в действие стандарта ГОСТ Р ИСО 4017-2013 «Винты с шестигранной головкой. Классы точности А и В», идентичный международному стандарту ИСО 4017:2013 «Винты с шестигранной головкой. Классы точности А и В» [7].

По другим данным [8], ГОСТ 7798-70 утратил силу на территории РФ в части болтов с крупным шагом резьбы и резьбой не на всей длине стержня, и с 01.07.2014 необходимо пользоваться ГОСТ Р ИСО 4014-2013 «Болты с шестигранной головкой. Классы точности А и В». ГОСТ 7805-70 утратил силу на территории РФ в части

болтов с мелким шагом резьбы и резьбой до головки, и с 01.07.2014 необходимо пользоваться ГОСТ Р ИСО 8676-2013 «Винты с шестигранной головкой с мелким шагом резьбы. Классы точности А и В».

Однако следует отметить, что в соответствии с Законом Российской Федерации «О техническом регулировании» действие стандартов является в настоящее время добровольным, поэтому производители вправе самостоятельно принимать решение по выбору нормативных документов для производства болтов.

Согласно сложившейся практике в стандартах имеются ссылки на другие стандарты, необходимые для исключения дублирования положений различных стандартов. Однако, в ряде случаев количество таких ссылок может быть довольно значительным. С другой стороны такая практика приводит к появлению «цепочки» ссылок, что в значительной степени затрудняет работу с нормативными документами. На рис. 2 представлены имеющиеся в ГОСТ 7798-70 и ГОСТ 7805-70 ссылки на другие нормативные документы.

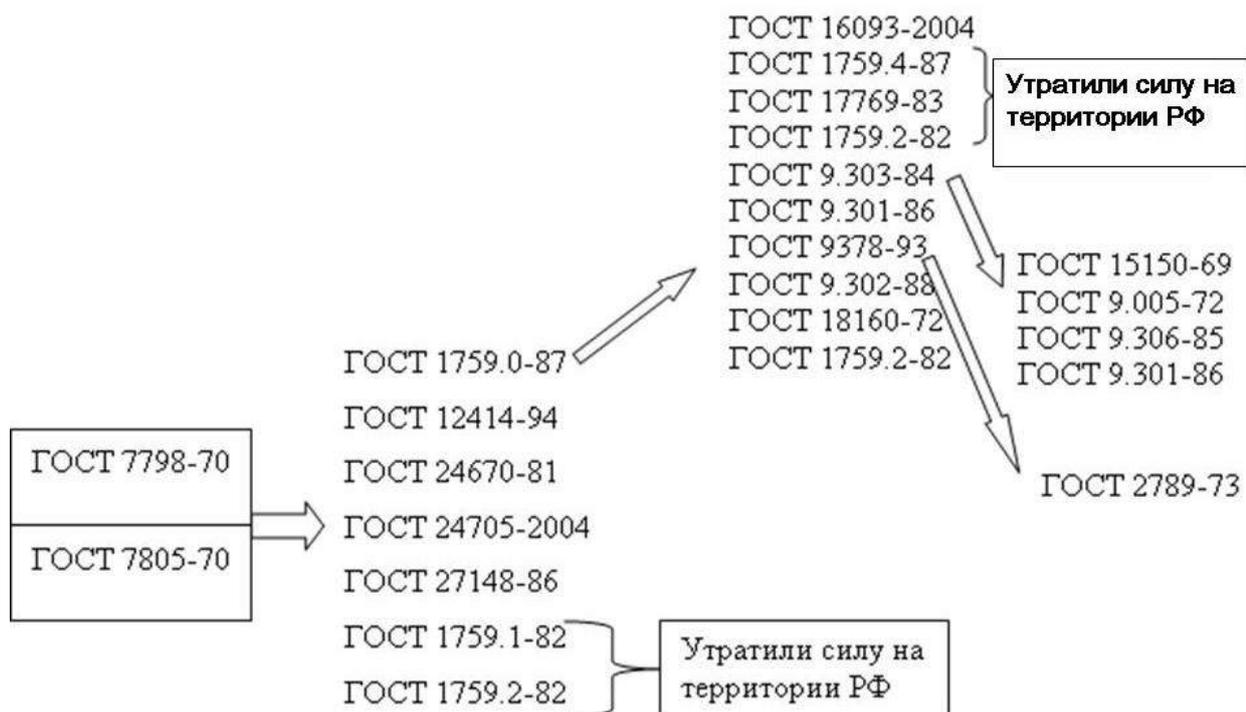


Рис. 2. Ссылки на стандарты, содержащиеся в ГОСТ 7798-70 и ГОСТ 7805-70

Из приведенных данных видно, что часть стандартов, на которые имеются ссылки, утратили силу на территории Российской Федерации, что неизбежно требует внесения соответствующих изменений и в ГОСТ 7798-70, и ГОСТ 7805-70. Это, с одной стороны, требует временных затрат на актуализацию, с другой - в значительной степени усложняет работу с данными стандартами на метизную продукцию.

Другим немаловажным фактором, требующим проведения актуализации действующих стандартов, является острая необходимость внесения в них современных показателей продукции. В настоящее время в период бурного развития и внедрения нанотехнологий в промышленное производство одной из актуальных задач стандартизации является разработка эффективных механизмов, способствующих оперативной разработке стандартов на различные виды наноматериалов, либо на продукцию, изготовленную из данных материалов. Так, в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова разработан ряд технологических

процессов производства металлоизделий из углеродистых сталей с ультрамелкозернистой (УМЗ) структурой, доказаны преимущества данных материалов перед их крупнокристаллическими аналогами [9-11 и др.].

В ходе проведенных исследований установлено, что предварительная интенсивная пластическая деформация стали методом РКУП позволяет при изготовлении болтов методом холодной высадки достичь высоких классов прочности 6.8 и 8.8, используя для изготовления крепежа обычные, недорогие углеродистые стали марок 20 и 45 с УМЗ структурой, в том числе и без предварительной термической обработки. При этом резьбовая часть болта имеет повышенную твердость, что обеспечивает увеличение надежности болта [12].

Вполне очевидно, что стандартизация не может опережать научные и технические открытия, но она должна базироваться на них, ускоряя процесс их широкого внедрения в промышленность. Однако, широкомасштабное внедрение данных разработок в действующее промышленное производство сдерживается отсутствием

соответствующей нормативной базы. Внешение многочисленных изменений в технические условия на продукцию приводит лишь к усложнению документов и неоправданному увеличению их количества. Из вышеизложенного следует, что в последнее время созрело понимание, что стандартизация выделяется не только практической деятельностью и частью системы управления, но и отдельным научным направлением [13-15].

Список литературы

1. Концепция системы технического регулирования в металлургии // http://www.amror.ru/gen_dir/konceptiya.htm. дата обращения 6.08.2013.
2. Информационно-аналитический журнал «Металлургический бюллетень». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metalbulletin.ru/publications/4077> (дата обращения: 14.07.2014).
3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.severstalmetiz.com/rus/4460/4464/4501/index.shtml> (дата обращения: 11.12.2014).
4. [Электронный ресурс]. URL: <http://mmk-metiz.ru/buyers/product/index.php?product=fasteners> (дата обращения: 02.12.2014).
5. [Электронный ресурс]. URL: http://www.td-nlmk.ru/product/ingroup_supply/group_id/11 (дата обращения: 02.12.2014).
6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zsmk.ru/nelikvid/view.jsp?id=397439&page=1&subkey=481325> (дата обращения: 2.12.2014).
7. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gost.ru/wps/portal/pages.CatalogOfStandards>. (дата обращения: 17.11.2014).
8. [Электронный ресурс]. URL: <http://gostexpert.ru/gost/gost-7798-70#info> (дата обращения: 22.12.2014).
9. Чукин М.В., Копцева Н.В., Барышников М.П., Ефимова Ю.Ю., Носов А.Д., Носков Е.П., Коломиец Б.А. Инновационный потенциал новых технологий производства метизных изделий из наноструктурных сталей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 2. С. 64-68.
10. Ефимова Ю.Ю., Копцева Н.В., Чукин В.В., Полякова М.А., Барышников М.П. Исследование структуры и свойств болтов, изготовленных из наноструктурированных углеродистых сталей. // Обработка сплошных и слоистых материалов: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. М.В. Чукина. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ». 2008. С. 144-150.
11. Чукин М.В., Гун Г.С., Корчунов А.Г., Полякова М.А. Перспективы производства высокопрочной стальной арматуры из высокоуглеродистых марок стали. Черные металлы. 2012. Декабрь. С. 8 – 15.
12. Чукин М.В., Полякова М.А., Рубин Г.Ш., Копцева Н.В., Гун Г.С. Перспективы производства высокопрочного крепежа из заготовок из углеродистых сталей с ультрамелкозернистой структурой. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2014. № 1. С. 39-44.
13. Рубин Г.Ш., Полякова М.А., Чукин М.В., Гун Г.С. Протипология – новый этап развития стандартизации метизного производства. Сталь. 2013. № 10. С. 84 – 87.
14. Гун Г.С., Чукин М.В., Рубин Г.Ш. Управление качеством в метизном производстве // Металлургические процессы и оборудования. 2013. №4. С. 106-112.
15. Рубин Г.Ш., Полякова М.А. Развитие научных основ стандартизации. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1. С. 97 – 102.
16. 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. 5-9.
17. Вдовин К.Н., Гун Г.С. Опыт МГТУ в подготовке кадров высшей квалификации // Высшее образование в России. 2011. № 10. С. 63-70.
18. Колокольцев В.М., Разинкина Е.М., Глухова А.Ю. Подготовка квалифицированных кадров в условиях университетского комплекса // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1-2. С. 615-618.
19. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 1 (21). С. 5-11.
20. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 5-6.

УДК 621.778

Мезин И.Ю., Гун Г.С., Чукин В.В., Крамзина Л.В.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРУТКОВОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ СТАЛИ 40С2 ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРУЖИННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. Представлен материал, характеризующий различные технологические приемы формирования качества прутковых заготовок из стали 40С2 для производства пружинных изделий. По результатам выполненных исследований разработаны варианты построения ресурсосберегающих технологических схем переработки горячекатаного проката из стали 40С2 в заготовку для производства пространственных пружинных изделий в зависимости от качества поверхности и уровня прочностных характеристик исходного металла.

Ключевые слова: качество, прутковая заготовка, сталь 40С2, структурный отжиг, термическая обработка, пружинное изделие, механическое свойство, обточка поверхности, поверхностная деформация.

Одним из ключевых моментов в технологии производства пружинных изделий пространственной конфигурации из прутковых заготовок, к которым можно отнести прутковые пружинные клеммы для рельсовых скреплений, являются операции формообразования методом холодной гибки с исполнением малых радиусов кривизны профиля изделия [1, 2]. Эти процессы предъявляют особые требования к подготовке металла к холодной пластической деформации в части обеспечения однородности микроструктуры и механических свойств заготовки и качества ее поверхности [3,4]. Действующие технологические процессы переработки горячекатаного проката из стали 40С2 в заготовку для производства пружинных изделий, как правило, включают: отжиг горячекатаного подката на зернистый перлит, подготовку поверхности металла, его обточку и рекристаллизационный отжиг [2,5]. На каждой технологической операции применяются различные по физической природе методы структурного и деформационного воздействия на металл, сопровождающиеся значительными затратами на их выполнение. В связи с этим приобретают актуальность вопросы совершенствования технологии,

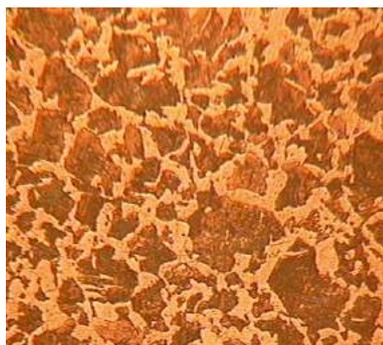
направленные на сокращение материальных затрат на производство при обеспечении требуемого качества металла, необходимого для стабильного осуществления процесса формообразования профиля изделия [6].

Исследования влияния режимов структурного отжига горячекатаного проката на качество стали 40С2 диаметром 14,0 мм (производство ОАО «МЕЧЕЛ») проводились при термообработке промышленных партий бунтового металла на печи РПП-2 в условиях ОАО «ММК-Метиз» [6]. Режимы термообработки приведены в **табл. 1**. Варьируемым параметром служила скорость движения металла, которая определяет длительность процесса термообработки. Оценивались структура и механические свойства металла. Оценка микроструктуры стали производилась на микроскопе «Эпиквант» и системы компьютерного анализа изображений SIAMS. На **рис. 1** приведена структура металла в исходном состоянии (**рис. 1а**) и после обработки: по режиму 1 (**рис. 1б**) и режиму 2 (**рис. 1в**) В **табл. 2** приведены результаты испытаний механических свойств исследуемого металла.

Таблица 1

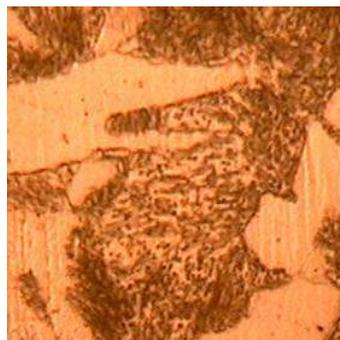
Режимы отжига горячекатаной стали 40С2 в печи РПП-2

Вариант режима	Температура по зонам печи, °С				Скорость движения металла, м/мин	Время пребывания в рабочей зоне печи, ч
	№1	№2	№3	№4		
1	780	800	740	720	0,06	4,5
2					0,03	9,11



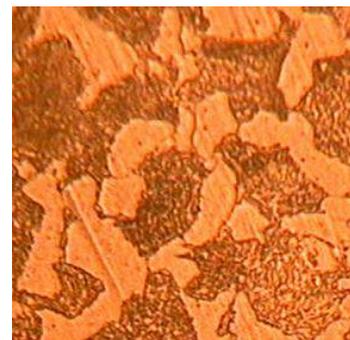
×200

а.



×1000

б.



×500

в.

Рис. 1. Структура стали 40С2

Таблица 2

Свойства и структура подката диаметром 14,0 мм после отжига

	Механические свойства и структура							
	Фактические				Требуемые			
	σ_s , МПа	δ , %	ψ , %	Структура	σ_s , МПа	δ , %	ψ , %	Структура
Подкат	794	26	53	феррит + пластинчатый перлит	600-720	не менее 18	не менее 48	не менее 40% зернистый перлит
Режим 1	653	30	58	40-50% зернистый перлит				
Режим 2	627	30-31	59-61	60-70 % зернистый перлит				

Из представленных результатов следует, что минимальное время пребывания металла в рабочей зоне печи, обеспечивающее формирование в стали требуемых параметров качества по микроструктуре и механическим свойствам составляет не менее 4,5 часов. При этом общее время термообработки достигает 7,5 часов.

Ускорение процессов сфероидиза-

ции при термической обработке возможно на основе использования предварительной пластической деформации горячекатаного проката [7,8]. В этом направлении проведена серия опытов по отжигу калиброванных прутков диаметром 12,9 мм, полученных из горячекатаного подката 14,0 мм стали 40С2 без предварительной термообработки. Термообработка производилась

по температурным режимам, указанным в **табл. 1**, при этом скорость движения металла была увеличена и составляла: для режима 1 - 0,1 м/мин (время пребывания в рабочей зоне печи - 2,73 часа); для режима 2 - 0,06 м/мин (при времени 4,5 часа). Результаты указанных опытов представлены в **табл. 3**. Анализ данных табл. 3 показывает, что развитие процессов сфероидизации в стали 40С2, подвергнутой предварительной холодной пластической деформации

путем калибрования осуществляется за более короткое время, по сравнению с термической обработкой горячекатаного проката. Так достижение структурного состояния стали (60% зернистого перлита), происходит за время пребывания металла в рабочей зоне печи в течение 4,5 часов. При термообработке горячекатаного подката для этого необходимо время значительно большее - около 9,1 часа.

Таблица 3

Свойства и структура стали 40С2 после калибрования и отжига

Операции	Механические свойства				Структура
	σ_s , МПа	δ , %	ψ , %	НВ	
Подкат	794	26	53	227	феррит + пластинчатый перлит
Волочение г/к металла на $\varnothing 12,9$ мм	940	13	43	241	-
Отжиг калиброванного металла $\varnothing 12,9$ мм (режим 1)	629	30	59-60	207	40-50 % зернистый перлит
Отжиг калиброванного металла $\varnothing 12,9$ мм (режим 2)	617	32	61-64	196	60 % зернистый перлит

Из данных, приведенных в **табл. 3** следует, что механические свойства металла полностью соответствуют требованиям дальнейшей переработки стальной прутковой заготовки методами холодной пластической деформации, однако при этом возникает ряд трудностей при волочении горячекатаной стали 40С2, а именно способность стали указанной марки к быстрому наклепу ставит под вопрос осуществление стабильного деформационного процесса.

Последующая операция по подготовке стальной прутковой заготовки к формообразованию направлена на формирование требуемых геометрических размеров и устранение дефектов поверхности отожженного подката. Наиболее распространенным видом поверхностной механической обработкой является операция обточки на автоматической линии с применением оборудования фирмы «Кизерлинг». При этом в зависимости от реализуемого режима обточки коэффициент расхода металла в стружку может дости-

гать 6-7%. Применение обточки экономически оправдано при неудовлетворительном качестве поверхности исходного подката, при залегании поверхностных дефектов металлургического происхождения на значительной глубине (0,2 - 0,5 мм) и сильном обезуглероживании поверхности.

Совершенствование прокатного передела на ведущих металлургических предприятиях позволило повысить качество поверхности сортового проката. Значительным шагом вперед на этапе метизного передела стало использование в процессах термообработки контролируемых атмосфер, позволяющих существенно снизить обезуглероживание поверхности обрабатываемых сталей. Это сделало актуальным, наряду с использованием обточки, провести оценку возможностей применения в технологической схеме операции калибрования. При калибровании значительно меньше расходный коэффициент металла (не более 1,0%), ниже на 13% производственная себестоимость на одну тонну продукции при более высокой производи-

тельности. Работниками ФГУП «ВНИИЖТ» были проведены сравнительные усталостные (в воздушной среде) и коррозионно-усталостные (в 0,5н растворе хлорида натрия) испытания калиброванных и горячекатаных прутков из стали 40С2 после стандартной термической обработки — закалки и отпуска. [9]. Результаты этих испытаний показывают, что предел выносливости стали 40С2 с калиброванной поверхностью полностью отвечает необходимым требованиям.

Таким образом, в зависимости от качества поверхности подката после структурного (сфероидизирующего) отжига возможно применение, как операции резцовой обточки, так и калибрования. При этом потенциальные возможности снижения затрат на производство заготовки для пружинных изделий заложены в

изучении деформационной специфики обточки или калибрования стали и совершенствования на этой основе режимов последующего рекристаллизационного отжига.

Для оценки влияния поверхностной механической обработки на механические свойства стали и характер распределения деформации по сечению металла в заводских условиях были выполнены эксперименты. Обточку отожженного подката 14,0 мм на диаметр 12,9 мм осуществляли на стане «Кизерлинг» вращающимися резцами. Перед прохождением через режущую головку подкат подвергали правке в роликоправильной секции стана. Режущая головка состояла из четырех резцедержателей, в которые вставлялись твердосплавные режущие пластины трехгранной формы. Режим обточки указан в табл. 4.

Таблица 4

Режим обточки на линии «Кизерлинг»

Диаметр исходной заготовки, мм	Диаметр после обточки, мм	Число оборотов резцовой головки, (об/мин)	Скорость прохождения стали через резцовую головку, м/мин
14,0	12,9 ^{-0,11}	2000-2200	8-9

После обточки от бунтов металла были отобраны темплеты и проведены замеры микротвердости по сечению стали. Распределение микротвердости по сечению темплетов оценивали на твердомере ПМТ-3 в соответствии с методикой ГОСТ 9475. Результаты этих исследований приведены на рис. 3. Видно, что для обточенного металла характерна существенная локализация деформации в поверхностных слоях сечения металла. Также установлено, что вид обработки прутковой заготовки в виде обточки приводит к изменению механические свойства обрабатываемой стали (табл. 5).

Из анализа представленных результатов следует вывод о том, что рост прочностных и падение пластических свойств стали, обусловлены изменением состояния поверхностных слоев, получивших наклеп в результате деформационного воздейст-

вия режущего инструмента. Микроструктура приповерхностных слоев обточенной заготовки представлена на рис. 4 [6].

Таблица 5

Характер механических свойств стали 40С2 после отжига и обточки

Операции	Механические свойства			
	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
Отжиг горячекатаной стали $\varnothing 14$ мм	666	30	59	170
Обточка заготовки с $\varnothing 14$ мм на $\varnothing 12,9$ мм	706	27,5	57	170

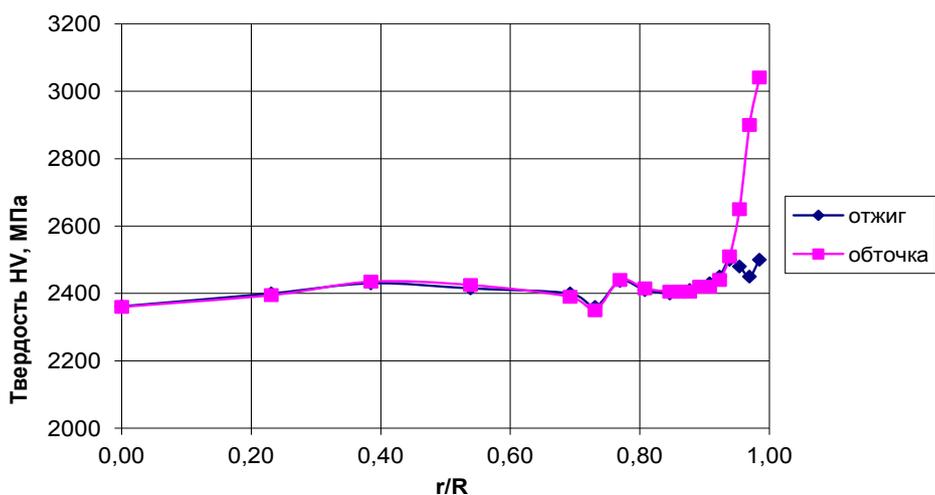


Рис. 3. Характер распределения микротвердости по сечению подката после отжига и обточки:

R – радиус поперечного сечения подката; **r** – текущая координата замера твердости (нулевое значение соответствует геометрическому центру поперечного сечения заготовки)



Рис. 4. Микроструктура приповерхностных слоев прутковой заготовки стали 40С2 после обточки [6]

В дальнейшем были выполнены эксперименты по калиброванию образцов из стали 40С2 с диаметра 14,0 на диаметр 12,9 мм (степень деформации 14 %) после термической обработки. Калибрование

подката вели в монолитных волокнах на однократном стане 1/750 с использованием сухой смазки. Параметры волочильного инструмента по ГОСТ 9453, полуугол канала волокни 6°. Результаты исследований приведены на **рис. 5**.

Из графических зависимостей (**рис. 5**) следует, что в результате отжига горячекатаной стали твердость по сечению подката выравнивается, но характер ее распределения в поперечном сечении после калибрования также носит ярко выраженную локализацию повышенных значений в поверхностных слоях.

В **табл. 6** и **табл. 7** приведены результаты изменения механических свойств стали в ходе обработки: калибрование горячекатаной стали (**табл. 6**); калибрование отожженной заготовки.

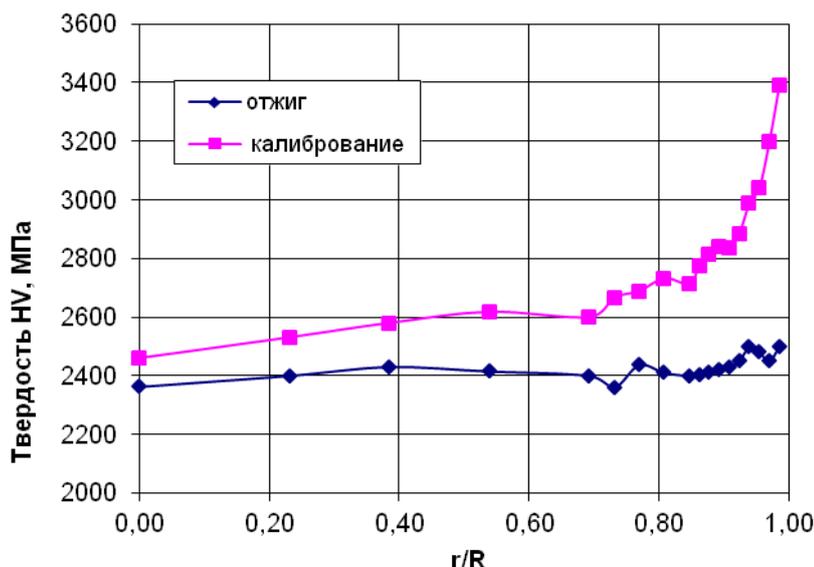


Рис. 5. Характер распределения микротвердости по сечению подката после отжига и калибрования металла: R – радиус поперечного сечения подката; r – текущая координата замера твердости

Таблица 6

Изменение показателей качества горячекатаного подката при калибровании

Операции	Механические свойства			
	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
Подкат $\varnothing 14$ мм	794	26	55	217
Волочение металла на $\varnothing 12,9$ мм	940	13	43	241

Таблица 7

Характер изменения механических свойств стали после отжига и калибрования

Операции	Механические свойства			
	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
Подкат $\varnothing 14$ мм	794	26	55	217
Отжиг металла $\varnothing 14$ мм	666	30	59	170
Волочение отожженной заготовки с $\varnothing 14$ мм на $\varnothing 12,9$ мм	813	12	52	229

Известно, что когда деформация неравномерно распределена по объему обрабатываемой стали, то протекание процессов рекристаллизации при последующей термообработке в различных областях сечения металла заметно отличается. В этих условиях рекристаллизация в отдельных микрообъемах металла характеризуется различной степенью законченности, что приводит к формированию неоднородной структуры и свойств по сечению заготовки.

Такое влияние поверхностной механической обработки на результативность последующей термической обработки стальной заготовки предопределило специфику формирования режимов рекристаллизационного отжига, предусматривающих сокращение времени термического воздействия на металл.

Из образцов отожженного подката

диаметром 14,0 мм стали 40С2 были подготовлены холодноотянутые и отдельно обточенные образцы диаметром 12,9 мм. Опыты проводились на печи РПП-2. С учетом взаимосвязи характера распределения деформации по сечению стали и продолжительности термической обработки, были определены сокращенные по времени режимы отжига. Режимы термической обработки стальных заготовок приведены в **табл. 8**, а характер изменения их механических свойств - в **табл. 9**.

Из анализа экспериментальных

данных видно, что показатели качества стали после обточки полностью выходят на уровень механических свойств металла до поверхностной механической обработки за время его пребывания в рабочей зоне печи 90 мин. Дальнейшее увеличение времени выдержки не привело к более значительному смягчению стали. Для калиброванной стали восстановление показателей механических свойств стали было достигнуто за более длительное время выдержки около 120 мин.

Таблица 8

Режимы рекристаллизационного отжига стали 40С2 после поверхностной механической обработки

Вариант режима	Температура по зонам печи, °С				Скорость движения металла, м/мин	Время пребывания металла в рабочих зонах печи, мин
	№1	№2	№3	№4		
1	780	800	740	720	0,18	90
2					0,14	120

Таблица 9

Характер изменения показателей качества стали 40С2 после рекристаллизационного отжига

Время пребывания металла в рабочей зоне печи, мин	Обточенный прокат				Калиброванная сталь			
	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	НВ	σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
До термообработки	706	27,5	57	170	813	12	52	229
90	640	31	60	164	660	29	57	175
120	636	31	59	164	606	32	61	166

Для оценки качества термообработки из образцов из обточенной и отожженной стали изготовили темплеты и провели измерения микротвердости в поперечных сечениях прутковых заготовок. Результаты указанных измерений показали, что различия величины микротвердости поверхностных и центральных слоев после рекристаллизационного отжига металла состав-

ляет не более 6%, что свидетельствует об однородности структуры по сечению стальных заготовок.

Сформированные режимы термической обработки стали 40С2 опробовали на промышленных партиях металла. Обточенные бунтовые заготовки подвергали рекристаллизационному отжигу на печи РПП-2 ОАО «ММК-Метиз»: I зона -

740±10 ; II зона- 760 ±1⁰ ; III зона - 720±10 ; IV зона - 700±10°С. Время пребывания металла в рабочих зонах печи: 90 мин. Общее время термообработки с учетом прохождения камеры охлаждения -160 мин. От каждого бунта стали после отбирались по 3 образца на все виды испытаний. Результаты испытаний показателей качества металла приведены в **табл. 10**. Выполненные исследования подтвердили, что отжиг по ускоренным режимам, позволяет устранить зональный характер структурной неоднородности, возникающий ввиду различных условий деформации поверхностных и центральных слоев металла при механической обработке и получить металл с однородными механическими

свойствами полностью соответствующими условиям дальнейшего формообразования.

Таким образом, по результатам выполненных исследований учеными Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова совместно инженерно-техническими работниками ОАО «Метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ» разработаны варианты построения ресурсосберегающих технологических схем переработки горячекатаного проката из стали 40С2 в заготовку для производства пространственных пружинных изделий в зависимости от качества поверхности и уровня прочностных характеристик исходного металла [10-27].

Таблица 10

Показатели качества стальных прутковых заготовок из стали 40С2 после рекристаллизационного отжига обточенного металла

Результаты статистической обработки	Показатель качества		
	Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %
Среднее значение	636,6	30	59
Минимальное значение	617,4	28	58
Максимальное значение	656,6	32	61
Интервал	39,2	4	3
Выборочная дисперсия	118,9	1,43	1,046
Стандартное отклонение	10,9	1,19	1,02
Доверительный интервал (при $\alpha=0,05$)	4,19	0,46	0,39

В базовом варианте технологии переработки горячекатаной круглой стали 40С2 «структурный отжиг исходного подката – резцовая обточка - рекристаллизационный отжиг» первая и вторая операции в большей степени исполняют роль так называемых технологических «фильтров», которые нивелируют несовершенства металлургического производства. Целью отжига является повышение однородности структуры, показателей прочности и пластичности стали, а обточки - повышение качества поверхности исходного подката. Использование этой технологии целесообразно, в случае если прокат имеет значительный разброс показателей качества в состоянии поставки, высокий уровень

прочностных свойств и низкое качество поверхности. Резервы повышения эффективности и снижения материальных затрат при обработке по этой технологической схеме определяются в большей степени сокращением суммарного времени термической обработки при повышении производительности.

При более высоком качестве поверхности целесообразно использовать технологическую схему «структурный отжиг исходного подката – калибрование - рекристаллизационный отжиг». Использование операций структурного отжига и калибрования обеспечивает значительное снижение вариации механических свойств исходного подката. Это в сочетании с

более равномерной проработкой объема металла при калибровании обеспечивает формирование более однородной структуры рекристаллизации при последующем отжиге. Коэффициент расхода металла при использовании калибрования взамен обточки снижается в 6-7 раз, а производственная себестоимость уменьшается по минимальным оценкам на 13%.

Значительный интерес с точки зрения существенного снижения материальных затрат на производство представляет технологическая схема «исходный подкат – калибрование с $\varnothing 14,0$ мм на $\varnothing 12,9$ мм – структурный отжиг». Данную схему целесообразно использовать в случае, когда горячекатаный металл в состоянии поставки обладает низкими значениями прочностных характеристик (не более 900 МПа) и высоким качеством поверхности. Это позволит полностью отказаться от одной термической обработки (рекристаллизационного отжига) и дорогостоящей операции обточки. Использование предварительной пластической деформации горячекатаного проката позволяет существенно снизить время процесса последующего структурного отжига при обеспечении требуемого качества продукции.

Список литературы

1. Кривошапов В.В., Гун Г.С., Мезин И.Ю., Чукин В.В. Разработка и совершенствование технологии производства пружинных клемм. // Производство проката. 2000. №7. С. 21-24.
2. Кривошапов В.В., Чукин В.В., Мезин И.Ю., Кривошапов М.В., Кушманова О.А. Совершенствование технологии производства железнодорожных клемм в условиях ОАО «МКЗ». // Прогрессивные процессы и оборудование металлургического производства: Материалы междунауч. конф. Череповец. 1998. С.122-124.
3. Чукин В.В., Корчунов А. Г., Пивоварова К.Г., Челищев В.Н. Изменение механических свойств и шероховатости поверхности металла при обточке и калибровании // Производство проката. 2004. № 9. С. 31-33.
4. Кривошапов В.В., Гун Г.С., Мезин И.Ю., Чукин В.В. Обеспечение качества поверхности горячекатаной стали 40С2А при производстве прутковых пружинных клемм. // Теория, технология, оборудование и автоматизация обработки металлов давлением и резанием: Сборник научных трудов Тульского государственного университета. Выпуск I. Тула. 1999. С. 253-259.
5. Корчунов А.Г., Слабожанкин Е.А., Чукин В.В. Совершенствование процесса управления качеством железнодорожных пружинных клемм // Сталь. 2008. № 1. С.52-54.
6. Лебедев В.Н., Корчунов А.Г., Чукин В.В., Семенов В.Е., Слабожанкин Е.А. Проектирование ресурсосберегающих режимов производства калиброванной стали для пружинных клемм // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. № 1. С.74-76.
7. Термическая обработка в машиностроении: Справочник (под ред. А.Г. Рахштадта). М.: Машиностроение, 1980. 467с.
8. Лахтин Ю.М. Новые стали и сплавы в машиностроении. М.: Машиностроение, 1978. 346 с.
9. Федин В. М., Борц А. И., Кузнецов В. В. Технология производства упругих клемм рельсовых скреплений: пути совершенствования // Вестник ВНИИЖТ. 2005. №5. С. 5-8.
10. Гун Г.С., Мезин И.Ю., Корчунов А.Г., Чукин М.В., Гун И.Г., Рубин Г.Ш. Научно-педагогическая школа Магнитогорского государственного технического университета по управлению качеством продукции и производственных процессов. // Качество в обработке материалов. 2014. № 1. С. 5-8.
11. Гун Г.С. Инновационные решения в обработке металлов давлением (научный обзор) // Качество в обработке материалов. 2014. № 2. С. 5-26.
12. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. История. Развитие // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 5-6.
13. Гун Г.С., Мезин И.Ю., Рубин Г.Ш., Минаев А.А., Назайбеков А.Б., Дья Х. Генезис научных исследований в области качества металлопродукции // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1 (45). С. 92-97.
14. Колокольцев, В.М. Университетский комплекс: интеграция и непрерывность / В.М. Колокольцев, Е.М. Разинкина // Высшее образование в России. 2011. № 5. С. 3-10.
15. Научная деятельность ГОУ ВПО «МГТУ» в условиях развития нанотехнологий / М.В. Чукин, В.М. Колокольцев, Г.С. Гун, В.М. Салганик, С.И. Платов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 2. С. 55-59.
16. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. № 1. С. 5-11.
17. 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 Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. № 5 (45). P. 33-35.
18. Gun, G.S. 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. Г.С. Гун, М.В. Чукин. Оптимизация процессов технологического и эксплуатационного деформирования изделий с покрытиями. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2006. 323 с.

24. Создание и развитие теории квалиметрии металлургии / Гун Г.С., Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун И.Г., Мезин И.Ю., Корчунов А.Г. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2003. № 5 (45). С. 67-69.

25. Касаткина Е.Г. Повышение качества платинита совершенствованием технологии его производства: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Касаткина Елена Геннадьевна. 2006. 137 с.

26. Солдатенко А.Ф., Касаткина Е.Г. Способ изготовления платинитовой проволоки. Патент на изобретение Пат. № 2354517 РФ на изобретение, МПК В 23 К 20/04. БИПМ, 2009. №13. С. 522-523.

27. Солдатенко А.Ф., Касаткина Е.Г. Производство платинита: технология, качество: монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. 183 с.

УДК 65.011.46

Парсункин Б.Н., Сухонослова Т.Г., Полухина Е.И.

ОБЪЕКТИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИТОГОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВОДИМОГО МЕРОПРИЯТИЯ

Аннотация. Расчет качественных, технических и экономических показателей для обоснования технико-экономической эффективности предлагаемого к внедрению мероприятия или модернизации технологического процесса представляет проблему в виду действия технологических возмущений и различных организационных мероприятий. Авторами предлагается методика оперативного и объективного определения итоговых качественных, производственных и экономических показателей эффективности проводимого мероприятия по совершенствованию производственного процесса. Оценивается эффект от внедрения мероприятия по совершенствованию производственного процесса в сравнении с существующими условиями функционирования. Интегральная оценка сформированная с помощью ортогональной функции Уолша позволяет рассчитать итоговый показатель эффективности даже в условиях действия технологических возмущений и других проводимых на объекте мероприятий.

Ключевые слова: показатель эффективности, интегральная оценка, ортогональная функция Уолша, компенсация возмущения.

Оперативное получение достоверной информации о эффективности проводимого мероприятия по улучшению качественных, производственных и экономических показателей конкретного производственного процесса представляет важную проблему на заключительной стадии проводимого мероприятия.

В производственных условиях на величину определяемого показателя эффек-

тивности оказывают существенное влияние неконтролируемые технологические возмущения и случайные помехи, а особенно другие проводимые мероприятия.

Рекомендуемая методика для определения итоговых показателей эффективности проводимых мероприятий по совершенствованию производственных процессов требует значительных затрат времени (от 3 до 6 месяцев), не обладает объектив-

ной избирательностью для каждого из одновременно проводимых мероприятий и не устраняет влияния технологических и организационных внешних возмущений на объективную оценку полученных результатов.

Для устранения отмеченных выше недостатков и получения достоверных результатов, необходимых для принятия обоснованного решения о целесообразности использования проводимого данного мероприятия предлагается новая методика. Решение поставленной задачи рассмотрено на конкретном примере определения удельного количества топлива затраченного при нагреве металла в многозонной методической печи при совершенствовании системы автоматического управления тепловым режимом.

Более 20 % потребляемого в черной металлургии топлива расходуется на нагрев и термическую обработку металла в агрегатах прокатного производства.

Снижение удельного количества топлива затрачиваемого на нагрев металла при производстве широкополосного горячекатаного листового проката для оборонной, судостроительной и трубной отраслей промышленности, особенно в современных условиях, представляет важную и актуальную задачу.

Необходимо оперативно и обоснованно принять решение о целесообразности дальнейшего использования усовершенствованной системы автоматического управления тепловым режимом, реализованной на одной печи, на других многозонных методических печах широкополосного стана горячей прокатки (ШГСП).

Структурная схема решения поставленной задачи представлена на **рис. 1**. С использованием переключающего устройства (ПУ) к объекту управления (ОУ) (многозонной нагревательной методической печи ШГСП) подключаются формируемые системами управления СУ₁ или СУ₂ управляющие воздействия $\alpha_i^1(\tau)$ или $\alpha_i^2(\tau)$, где $i = 1, 2, \dots, 6$ – номер зоны нагрев методической печи. Закон переключения

управляющих воздействий определяется видом переключающей функции $S(\tau) \in (0, 1)$. При $S(\tau)=0$ управление тепловым режимом осуществляет СУ₂, а при $S(\tau)=1$ управление осуществляет СУ₁.



Рис. 1. Структурная схема достоверного определения удельного количества топлива при работе двух противопоставляемых систем автоматического управления тепловым режимом:

РО – регулирующий орган, **ИМ** – исполнительный механизм, **ОУ** – объект управления, **СУ-1** – предлагаемая САУ, **СУ-2** – существующая САУ, **ЭС** – элемент сравнения

Информация о текущих значениях температуры в каждой индивидуально управляемой зоне $t_i(\tau)$ подается на вход элемента сравнения ЭС, где сравнивается с заданным значением $t_i^3(\tau)$. Полученный сигнал рассогласования $\varepsilon_i(\tau) = t_i^3(\tau) - t_i(\tau)$, подается одновременно на вход двух противопоставляемых систем управления.

Выходным параметром характеризующим эффективность работы СУ₁ или СУ₂ является текущее значение условного количества (расхода) потребляемого топлива (УРТ) $Y(\tau)$. На величину $Y(\tau)$ оказывают значительное влияние непредсказуемые случайные возмущающие воздействия: изменение производительности ШГСП – $P(\tau)$; изменение начальной температуры подаваемых на нагрев непрерывнолитых заготовок – $t^H(\tau)$; организационные про-

изводственные возмущения (проведение других мероприятий) – $F(\tau)$.

Контролируемое текущее значение $Y(\tau)$ может быть определено в соответствии с выражением

$$Y(\tau) = Y_0(\tau) + S(\tau) \cdot \Delta Y_{\Sigma} + Y_C(\tau), \quad (1)$$

где τ – текущее время, сутки; $Y_0(\tau)$ – составляющая $Y(\tau)$, определяющая значение принятого показателя эффективности управления при использовании СУ-2; $S(\tau)$ – переключающая функция; ΔY_{Σ} – искомая величина, представляющая изменение величины $Y(\tau)$ определяемая влиянием на неё системы СУ-1 по сравнению с системой СУ-2; $Y_C(\tau)$ – случайная составляющая $Y(\tau)$, определяемая влиянием случайных возмущающих факторов $P(\tau)$, $t^n(\tau)$, $F(\tau)$ на интервале времени от 0 до T на величину $Y(\tau)$.

Значение УРТ определяется на интервале времени T в течение которого необходимо обосновано определить преимущество одного способа по сравнению с другим.

В соответствии с (1) отличительной особенностью рассматриваемой методики является определение такого режима функционирования переключающей функции $S(\tau)$ при котором влияние $Y_C(\tau)$ на величину интегральной оценки

$$R(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T Y(\tau) \cdot S(\tau) d\tau, \quad \text{при } 0 \leq \tau \leq T, \quad (2)$$

было бы практически нулевым.

Таким замечательным и уникальным свойством обладает ортогональная синусоидальная функция Уолша [1-3] вида $\Psi_n(\tau)$:

$$\Psi_n(\tau) = \prod_{k=1}^{n+1} \text{SignSin} \frac{2^k \pi \tau}{T}, \quad 0 \leq \tau \leq T, \quad (3)$$

где n – степень аппроксимирующего полинома функции $Y_C(\tau)$

На интервале времени $0 \leq \tau \leq T$ функция $\Psi_n(\tau) \in (+1, -1)$ физически представляет сумму отрезков времени $\Delta\tau$ (1 сутки), на которых официально определяются параметры эффективности производственного процесса в соответствии с выражением (рис. 2):

$$T = \sum_{i=1}^m \Delta\tau, \quad (4)$$

где $m = 2^{n+1}$ – количество отрезков $\Delta\tau$.

Экспериментально установлено, что для рассматриваемого случая наиболее целесообразно использовать функцию $\Psi_n(\tau)$, где $\Delta\tau = 24$ ч (1 сутки) и $m = 2^5 = 32$ дня.

Между функциями $S(\tau)$ и $\Psi_n(\tau)$ установлено согласование переключений во времени

$$S(\tau) = \begin{cases} 0, & \text{при } \Psi_n(\tau) = -1; \\ 1, & \text{при } \Psi_n(\tau) = +1. \end{cases} \quad (5)$$

Изменение показателей работы методической печи в процессе экспериментального определения эффективности работы предлагаемого способа управления тепловым режимом по сравнению с существующим способом (рис. 1) представлены в табл. 1 и 2.

В результате проведенного исследования получены следующие итоговые результаты.

При функционировании существующей системы автоматического управления СУ-2 тепловым режимом методической печи получены показатели:

- нагрето в печи металла 34 307 т;
- затрачено природного газа 2010640 м³;
- нагрето металла горячего посада 28387 т;
- удельное количество природного газа 58,60 м³/т.

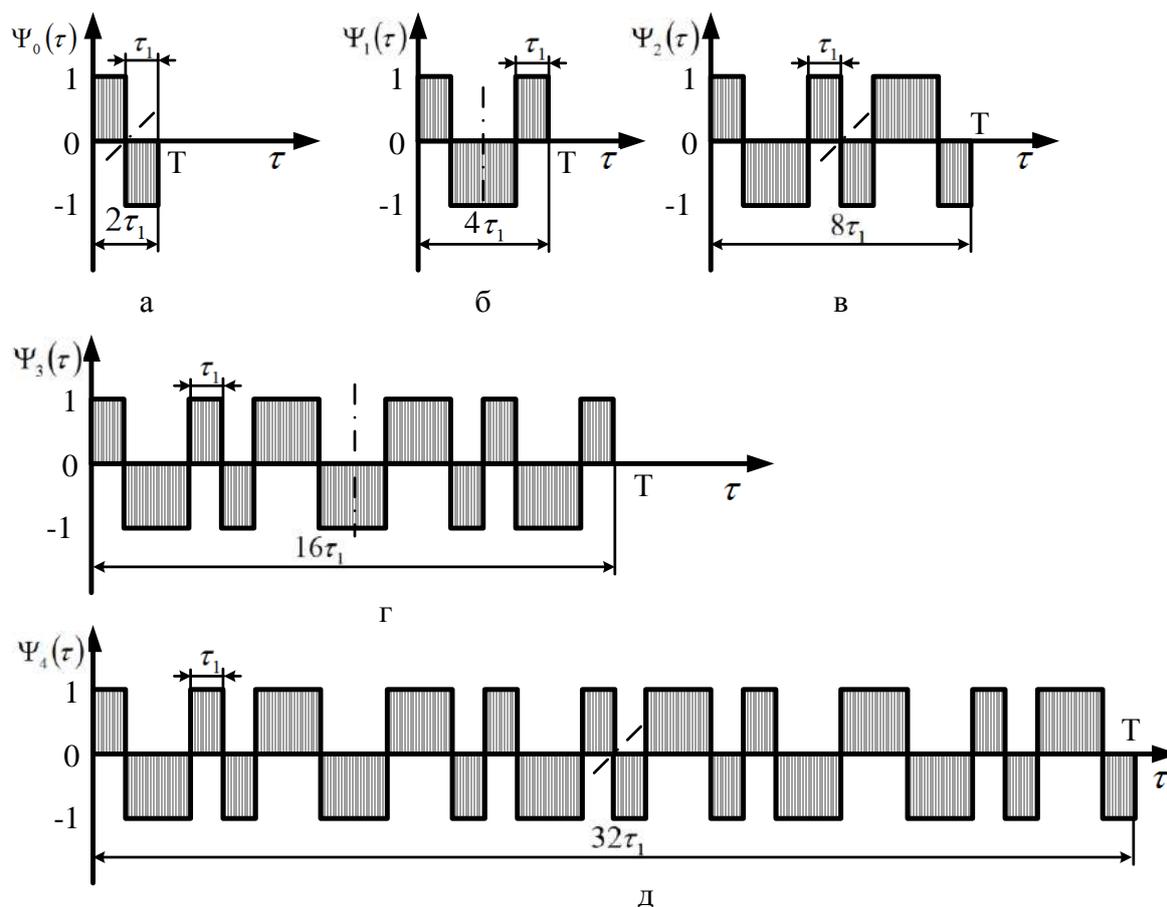


Рис. 2. Изображение переключающей функции Уолша $\Psi_n(\tau)$ в формуле (2) при $n=1,2,3,4$

Таблица 1

Изменение показателей работы методической печи №2 в процессе проведения эксперимента за период с 22.03 по 22.04 при работе СУ-2

Процент горячего посада, %	Дата	Кол-во газа за сутки	Общее кол-во газа, м ³	Производство по стану, т	Производство на печь, т	Общее производство на печь, т	УРТ, м ³ /т
83,0	23.3	127280	127280	12722	2120,33	2120,33	60,03
82,2	24.3	139760	267040	13802	2300,33	4420,66	60,41
82,9	26.3	127520	394560	13759	2293,16	6713,82	58,76
83,0	29.3	123440	518000	13256	2209,33	8923,15	58,05
81,8	30.3	128720	646720	14491	2415,16	11338,31	57,04
84,9	02.4	125760	772480	14016	2336,00	13674,31	56,49
81,0	04.4	84560	857040	2560	426,60	14100,91	60,78
79,9	05.4	133200	990240	12346	2057,72	16158,63	61,28
81,9	07.4	130960	1121200	13342	2223,66	18382,29	60,99
83,6	10.4	135680	1256880	13505	2701,00	21083,29	59,61
82,7	12.4	130720	1387600	13502	2250,33	23333,62	59,47
83,0	13.4	112000	1499600	12036	2006,00	25339,62	59,18
82,9	16.4	124640	1624240	12369	2061,50	27401,12	59,27
82,3	17.4	124560	1748800	12062	2010,33	29411,45	59,45
83,0	19.4	130160	1878960	13967	2327,83	31739,28	59,19
83,8	22.4	131680	2010640	15411	2568,50	34307,80	58,60

При функционировании усовершенствованной системы управления СУ-1 получены следующие показатели (табл. 2):

- нагрето в печи металла 34292 т;
- затрачено природного газа 1953680 м³;
- нагрето металла горячего посада 28429 т;
- удельное количество природного газа 56,97 м³/т;

При работе в практически одинаковых условиях, использование системы СУ-1 позволяет по сравнению с системой СУ-2 обеспечить снижение удельного количества потребляемого природного газа на 58,60 – 56,97 = 1,63 м³/т, или на 2,78 % по сравнению с существующим удельным расходом.

В результате применения предлагаемой новой методики определения эффек-

тивности проводимого мероприятия было принято обоснованное решение о целесообразности дальнейшего использования предлагаемого технического решения, т.е. использование СУ-1 на все печи ШГСП.

Выводы по статье. Использование рассмотренной объективной методики определения итоговых показателей эффективности проводимого мероприятия по улучшению качественных, производственных или экономических показателей по сравнению с величинами существующих аналогичных параметров позволит оперативно оценить преимущество предлагаемого способа и принять обоснованное решение о целесообразности дальнейшего использования проводимого мероприятия.

Таблица 2

Изменение показателей работы методической печи №2 в процессе проведения эксперимента за период с 22.03 по 22.04 при работе СУ-1

Процент горячего посада, %	Дата	Кол-во газа за сутки	Общее кол-во газа, м ³	Производство по стану, т	Производство на печь, т	Общее производство на печь, т	УРТ, м ³ /т
82,1	22.3	133440	133440	13753	2292,17	2292,17	58,21
82,8	25.3	126000	259440	14589	2431,50	4723,67	54,92
82,7	27.3	118880	378320	12122	2020,33	6743,99	56,10
83,0	28.3	123280	501600	12801	2133,50	8877,49	56,50
84,8	31.3	134000	635600	15096	2516,00	11393,49	55,78
82,9	01.4	131040	766640	15262	2543,66	13937,15	55,01
86,7	03.4	68720	835360	3864	644,00	14581,15	57,29
82,1	06.4	123680	959040	13555	2259,16	16840,31	56,95
82,5	08.4	127440	1086480	13946	2324,33	19164,60	56,69
81,4	09.4	129920	1216400	13407	2681,40	21846,00	55,68
83,1	11.4	132960	1349360	12791	2558,20	24404,20	55,29
83,2	14.4	121520	1470880	13605	2267,50	26671,70	55,14
83,5	15.4	102640	1573520	10870	1811,66	28483,40	55,24
82,7	18.4	123440	1696960	10945	1824,16	30307,52	55,99
82,8	20.4	124720	1821680	11399	1899,83	32207,35	56,57
83,1	21.4	132000	1953680	12509	2084,50	34292,00	56,97

Список литературы

1. Парсункин, Б.Н. О планировании сигнальных воздействий при идентификации объектов управления // Известия вузов. Черная металлургия, 1988. №4, 97-101 С.
2. Парсункин, Б.Н. Обухов Г.Ф., Леднов А.В. и др. Формирование тестирующих сигналов для

идентификации теплоэнергетических объектов // Известия вузов. Теплоэнергетика, 1988. №6, 65-70 С.

3. Парсункин, Б.Н. Определение параметров идентификации объектов металлургического производства // Известия вузов. Черная металлургия, 1988. №6, 121-125 С.

УДК 621.778.08

Харитонов В.А., Мелихова Н.В., Петров И.М.

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВА БУНТОВОЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы оценки и выбора эффективных технологических схем изготовления бунтовой арматурной стали. Также приведен комплекс требований к арматуре, соответствующей современным мировым требованиям. Представлены различные варианты технологических схем изготовления бунтовой арматурной стали и дан их анализ с точки зрения возможности получения арматуры, соответствующей категориям пластичности «В» и «С» по Eurocode 2. Дана методика, позволяющая оценить эффективность различных технологий по показателям качества готовой продукции и характеристикам способа ОМД, лежащего в основе оцениваемых технологий.

Ключевые слова: арматурная сталь, выбор технологии, прочность пластичность, конкурентоспособность.

Конкуренция на строительном рынке порождает необходимость снижения себестоимости и сокращения сроков строительства, для чего нужны эффективные строительные материалы, обеспечивающие надежность и долговечность сооружений. Особое место среди строительных материалов занимает арматурная сталь периодического профиля, которая является основным несущим элементом железобетонных конструкций, воспринимающим растягивающие напряжения. При этом арматурная сталь должна удовлетворять требованиям строителей как по сортаменту, так и по эксплуатационным характеристикам [1]. Именно арматурная сталь по своим физико-механическим и эксплуатационным признакам может оказать существенное позитивное влияние на основные признаки эффективности железобетона, а именно: металлоемкость, индустриальность, долговечность и сейсмостойкость (безопасность).

Повышение эффективности отечественного строительства, надежности и безопасности эксплуатации строительных сооружений, снижение себестоимости железобетона, а также необходимость сближения эксплуатационных показателей отечественной арматурной стали с европейским уровнем предполагает производство и применение такой арматуры диаметром

до 18 мм в комплексе следующих категорий [2-5]:

1. Класс прочности 400, 500 и 600 Н/мм² с возможностью его повышения при минимальных затратах.

2. Категории пластичности в соответствии с Eurocode 2 «А», «В» и «С».

3. Способы упрочнения арматурной стали должны минимизировать применение операций термической обработки, в особенности для сейсмически стойкой арматуры категории пластичности «С». Предпочтительные способы: легирование, контролируемое охлаждение и отпуск, упрочнение в холодном состоянии горячекатаного проката с готовым периодическим профилем (малая степень деформации) и горячекатаного проката гладкого с нанесением периодического профиля (высокая степень деформации).

4. Поставка преимущественно в бухтах рядной смотки дифференцированной массы от 2 до 5 тонн, с очищенной от окалины поверхностью (для сварного механизированного производства).

5. В интервале диаметров от 4 до 10 мм номинальный размер должен производиться через 0,5 мм, в интервале размеров от 10 до 16(18) мм – через 1 мм в гарантированном минусовом поле допуска, предусматриваемом действующими нормативами.

6. Форма и параметры периодическо-

го профиля должны обеспечивать высокие показатели сцепления, формироваться предпочтительно при горячей прокатке и полностью обеспечивать эффективную механизированную высокопроизводительную переработку.

7. Технологическая свариваемость арматурной стали должна обеспечиваться не только низким содержанием углерода, но и содержанием необходимых для этого легирующих элементов, состав и доля которых могут определяться еще и способом упрочнения арматуры.

8. Арматурная сталь должна быть коррозионноустойчивой как минимум в среднеагрессивных средах и морозоустойчивой до -50°C .

На сегодняшний день в Российской Федерации не производится арматура, соответствующая категориям пластичности «В» и «С». Это связано с отсутствием промышленных технологий, позволяющих получить требуемые свойства. Анализ современного состояния производства арматурной стали в России представлен в работе [6].

Принципиально можно выделить несколько различных вариантов технологических процессов изготовления бунтовой арматурной стали, в основе которых лежит либо горячая прокатка, либо ее сочетание с последующей холодной деформацией. В целом горячая деформация позволяет получить высокие пластические свойства и экономичное профилирование. В свою очередь, холодная деформация позволяет получить высокую прочность арматурной стали и использовать бухты рядной смотки.

В зависимости от используемой технологии применяются различные виды заготовок (например, по виду профиля – круглая заготовка или с нанесённым периодическим профилем, также заготовка может быть легированной, термоупрочнённой и т.д.). При этом, управление качеством арматурной стали заключается в выборе определённой заготовки, определении необходимого уровня ее свойств и последовательности технологических операций, обеспечивающих требуемый уровень всех

показателей качества готовой продукции [6]. Далее приведена классификация принципиальных технологических схем изготовления бунтовой арматурной стали:

1. Так, например, можно выделить технологический процесс, основанный на горячей прокатке. В данном случае свойства арматурной стали формируются за счёт использования легированной заготовки (что увеличивает затраты) или термообработки (что создаёт неблагоприятное напряженно-деформированное состояние).

2. Арматура может быть изготовлена по следующей схеме: горячая прокатка заготовки круглого сечения (катанки) → холодная пластическая деформация (ХПД) → профилирование → знакопеременная деформация → смотка готовой продукции. В данном случае можно выбрать различные варианты ХПД – волочение в монолитной волоке, волочение в роликовой волоке или холодная сортовая прокатка. Также можно использовать тёплую обработку металлов давлением. Данный технологический процесс можно реализовать также с использованием термоупрочнённой заготовки в том случае если нужно получить повышенную прочность или уменьшить количество операций ОМД при сохранении уровня прочности.

3. Другая принципиальная схема имеет вид: горячая прокатка заготовки круглого сечения и термомеханическое упрочнение заготовки → профилирование → знакопеременная деформация → смотка готовой продукции. При этом уменьшается доля операций ХПД, поскольку механические свойства формируются при производстве заготовки.

4. Также арматурную сталь можно получить комбинированием горячей прокатки со способом «Stretching»: горячая прокатка с нанесением периодического профиля → растяжение, совмещённое с изгибом → смотка готовой продукции. Данный способ позволяет получить профиль и пластические свойства арматурной стали, используя горячую прокатку, а непосредственно способ «Stretching» повышает прочностные свойства. Процесс го-

рячей прокатки в данном случае проще по сравнению с производством арматурной стали только с использованием горячей прокатки, т.к. не требуется легирование стали или её термоупрочнение. При этом, холодная деформация, используемая в способе «Stretching», менее энергозатратная, чем волочение.

Целью статьи является выбор эффективной технологии изготовления низкоуглеродистой бунтовой арматурной стали.

В работе [4] показаны различные возможные варианты технологий изготовления арматурной стали, в зависимости от требуемых пластических свойств арматурной стали и дан их качественный анализ.

Категория «А» ($A_{gt} > 2,5\%$) – холодная обработка горячекатаного гладкого проката с нанесением периодического профиля в потоке производства со степенью деформации более 20% (высокая степень деформации) с поставкой в бухтах или мерными стержнями.

Категория «В» ($A_{gt} > 5,0\%$) – горячая прокатка с последующим контролируемым охлаждением и отпуском в потоке прокатного стана, с поставкой в бухтах или мерными стержнями непосредственно со стана:

- горячая прокатка с последующим контролируемым охлаждением и отпуском в потоке прокатного стана, с поставкой в бухтах, и окончательная поставка мерными стержнями после выпрямления в холодном состоянии из бухтового проката;

- холодная обработка горячекатаного проката периодического профиля в потоке производства со степенью деформации менее 5% (малая степень деформации) с поставкой в бухтах или мерными стержнями.

Категория «С» ($A_{gt} > 7,5\%$) – горячая прокатка легированной стали без контролируемого охлаждения в потоке прокатного стана, с поставкой в бухтах и мерными стержнями:

- горячая прокатка легированной стали без контролируемого охлаждения в потоке прокатного стана, с поставкой в бухтах, и окончательная поставка мерными стержнями после выпрямления в холодном

состоянии из бухтового проката;

- холодная обработка горячекатаного бухтового проката периодического профиля, произведенного без контролируемого охлаждения в потоке прокатного стана со степенью деформации менее 5% (малая степень деформации), с окончательной поставкой в бухтах или мерными стержнями.

Такая оценка возможных способов производств для получения проката в каждой категории пластичности не является полностью однозначной [4].

Использование различных способов ОМД позволяет управлять как уровнем качества готовой арматурной стали, так и уровнем затрат на её производство.

Технологии упрочнения арматурного проката играют важную роль для обеспечения озвученного комплекса требований для получения класса прочности 500Н/мм² и выше.

Влияние холодного упрочнения на комплекс свойств «прочность - пластичность» для углеродистых сталей неоднозначно. И зависит оно, прежде всего, от величины деформации и содержания углерода. В Европе применение холодной деформации для производства арматурного проката класса прочности 500 Н/мм² делят на два варианта: применение большой и малой деформации. В России используется, в основном, упрочнение с большой степенью деформации.

Оптимальным по всем физико-механическим параметрам и экономическим затратам нанесение периодического профиля является только при горячей прокатке (получение полностью равновесной микроструктуры металла при хороших параметрах сцепления). Формирование бухты рядной смотки, отсутствие окалины и возможность изготовления промежуточных размеров при производстве холоднодеформированного проката уже давно и успешно могут обеспечиваться альтернативными технологиями значительно дешевле и с меньшими потерями для механических свойств готового проката [2].

Количественно оценить эффективность технологий предлагается по сле-

дующей зависимости [7]:

$$I = \alpha_1 Q + \alpha_2 E$$

где I – индекс, характеризующий уровень технологии; Q – показатель прогрессивности и качества продукции; E – показатель прогрессивности технологических процессов; α_1, α_2 – коэффициенты весомости указанных показателей.

$$\text{Причём, } \alpha_1 + \alpha_2 = 1.$$

Сами индексы можно рассчитать по следующим зависимостям:

$$Q = \beta_{Q1} Q_1 + \beta_{Q2} Q_2 + \dots + \beta_{Qn} Q_n$$

$$E = \beta_{E1} E_1 + \beta_{E2} E_2 + \dots + \beta_{Em} E_m,$$

где Q_1, Q_2, \dots, Q_n – частные показатели прогрессивности и качества продукции; E_1, E_2, \dots, E_m – частные показатели прогрессивности применяемых технологических процессов; β_i – коэффициенты весомости, соответствующие частным показателям.

Данная методика позволяет ещё на предпроектной стадии оценить и выбрать наиболее рациональный способ производства, исходя из необходимого уровня свойств арматурной стали.

Далее представлен пример оценки уровня технологии по данной методике.

Для анализа были выбраны варианты технологий, в соответствии с приведённой выше классификацией.

1. Горячая прокатка. С использованием данной технологии производится арматура, например, по ГОСТ 5781-82.

2. Комбинирование горячей прокатки и ХПД (в качестве примера ХПД в данном случае рассматривается волочение). С использованием данной технологии производится арматура, например, по ГОСТ 6727-80 или ТУ 14-170-217-94.

3. Профилирование горячекатаной термоупрочненной заготовки. С использованием данной технологии производится арматура, например, по ГОСТ Р 52544-

2006, СТО АСЧМ 7-93 или ТУ 14-1-5254-2006.

4. Комбинирование горячей прокатки и способа «Stretching». С использованием данной технологии производится арматура, например, по EN 10080:2005.

В качестве эталонных показателей для продукции были выбраны следующие:

1. Предел текучести – 500 МПа.

2. Полное относительное удлинение при максимальном напряжении – 7,5%.

3. Критерий анкеровки – 0,045.

4. Использование рядной намотки при формировании бунта.

В табл. 1 приведены значения показателей качества из стандартов.

Таблица 1
Значения частных показателей качества

	σ_T	Agt	f_R	Ряд. намотка
Способ 1	500	-	-	1
Способ 2	500	2,5	0,045	1
Способ 3	390	-	-	0
Способ 4	600	7,5	0,040	1

«-» – показатель не регламентируется в стандарте.

В табл. 2 представлены значения показателей качества в кодированном виде.

Таблица 2
Кодированные значения частных показателей качества

	σ_T	Agt	f_R	Ряд. намотка
Способ 1	0,83	0,00	0,00	1,00
Способ 2	0,83	0,04	1,00	1,00
Способ 3	0,65	0,00	0,00	0,00
Способ 4	1,00	1,00	0,89	1,00

В табл. 3 приведены коэффициенты весомости для данных показателей качества.

Таблица 3
Значения коэффициентов
весомости

Показатель качества	σ_T	Agt	f_R	Ряд. намотка
Весомость	0,25	0,40	0,20	0,15

Итоговое значение показателя Q для каждой из рассматриваемых технологий представлено в табл. 4.

Таблица 4
Итоговое значение показателя Q

Технология	Q	Технология	Q
Способ 1	0,36	Способ 3	0,16
Способ 2	0,69	Способ 4	0,98

Для оценки прогрессивности технологических процессов были выбраны следующие показатели: способ профилирования, сложность инструмента, количество операций. Значение показателей представлено в табл. 5.

Таблица 5
Значения частных показателей
прогрессивности технологических
процессов

	Способ профилирования	Сложность инструмента	Количество операций
Способ 1	0,5	1,0	0,60
Способ 2	0,5	0,4	0,75
Способ 3	1,0	1,0	1,00
Способ 4	1,0	0,8	1,00

Всем представленным показателям были присвоены значения коэффициентов весомости 0,33. В табл. 6 приведены итоговые значения показателя E .

Таблица 6
Итоговое значение показателя E

Технология	E	Технология	E
Способ 1	0,70	Способ 3	1,00
Способ 2	0,55	Способ 4	0,93

Для нахождения показателя I значения коэффициентов весомости a были приняты равными 0,5. Итоговое значение представлено в табл. 7.

Таблица 7
Итоговое значение показателя I

Технология	I	Технология	I
Способ 1	0,53	Способ 3	0,58
Способ 2	0,62	Способ 4	0,95

Как видно из табл. 7, наибольшее значение показателя I имеет способ «Stretching», его использование позволит получить арматурную сталь, соответствующую категориям пластичности «В» и «С» в соответствии с Eurocode 2. Следует заметить, что данная технология совмещает достоинства горячей прокатки (формирование размера, периодического профиля и обеспечивает высокий запас пластичности) и ХПД – растяжения, совмещённого с изгибом (повышение прочности при минимальной потере пластичности за счёт равномерности деформации), а также позволяет использовать рядную намотку. Прочие технологии имеют меньшие значения показателя I из-за более низкого уровня получаемых свойств арматурной стали и невозможности получения высокопластичной арматурной стали. Улучшить данные технологии можно используя другие способы ОМД – волочение в роликковой волоке, холодную и тёплую прокатку.

Данный расчёт показывает сравнительный анализ уровня рассматриваемых технологий. Но также можно провести анализ технологий с точки зрения возможности получения определённых свойств арматурной стали. Это можно сделать, если для расчёта использовать свёртку показателей не по формуле взвешенной средней арифметической, а по формуле взвешенной средней геометрической. При этом оценка обращается в 0, если хотя бы одна из частных оценок равна 0 – таким образом реализуется так называемое свойство «вето», присущее отдельным свойствам.

$$I = Q^{\alpha_1} E^{\alpha_2},$$

$$Q = \prod_{i=1}^n Q_i^{\beta_{Qi}},$$

$$E = \prod_{i=1}^m E_i^{\beta_{Ei}}$$

При использовании данных зависимостей для расчёта показателя I для возможности получения арматуры категории пластичности «С» в соответствии с Eurocode 2 были получены следующие результаты, представленные в табл. 8. При этом были использованные данные из таблиц 1-6, с тем лишь отличием, что для способов 1-3 кодированное значение A_{gt} было принято равным 0.

Таблица 8
Итоговое значение показателя I

Технология	I	Технология	I
Способ 1	0,00	Способ 3	0,00
Способ 2	0,00	Способ 4	0,95

Как видно из таблицы 8, из рассматриваемых способов обеспечить пластичность, соответствующую категории «С» по Eurocode 2 способен только способ, совмещающий горячую прокатку и «Stretching». Следует отметить, что остальные рассматриваемые способы способны устойчиво обеспечить пластические свойства, соответствующие категории «А» по

Eurocode 2, а для достижения пластичности, соответствующей категории «В» необходимо улучшить технологии, используя другие способы ОМД, например, теплую прокатку.

Список литературы

1. Бондаренко В.И. Проблемы производства и применения холоднодеформированной арматуры // Метизы. 2009. №1. С. 10-12.
2. Дорохин П.С., Харитонов В.А. Прогресс в структуре потребления арматурного проката диаметром до 18 мм неизбежен // Стройметалл. 2012. №3. С. 14-23.
3. Михайлов К.В. Задачи отечественной строительной науки в области арматуры и предварительно напряженных железобетонных конструкций // Бетон и железобетон. 2001. №3. С. 2-3.
4. Взгляд в будущее / Снимщиков С.В., Харитонов В.А., Суриков И.Н., Аникеев В.В. // Стройметалл. 2013. №5. С. 7-13.
5. Харитонов В.А., Петров И.М. Оценка и направления повышения конкурентоспособности бунтовой арматурной стали // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №4. С. 65-69.
6. Харитонов В.А., Петров И.М. Современное состояние и направления развития технологических процессов производства бунтовой арматурной стали повышенной пластичности // Производство проката. 2014. №1. С. 28-32.
7. Харитонов В.А., Петров И.М. Методика выбора конкурентоспособных технологических процессов // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. – Магнитогорск: Изд. Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. С. 183-190.

УДК 620.22-419.8-036.6/.8:[658.567.1:628.4-405]
Кремнева А.В., Коляда Л.Г.

ПОЛУЧЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ПОЛИМЕРНО-БУМАЖНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ОТХОДОВ УПАКОВКИ НА РАССЛАИВАНИЕ И РАСТЯЖЕНИЕ

Аннотация. В работе получены различные полимерно-бумажные композиты из отходов упаковки, а также проведен анализ зависимости варьируемых технологических факторов на прочностные свойства композитов. Анализ полученных результатов показал, что с увеличением содержания полимерной фракции масса 1 м² композита растет; введение в полимерно-бумажную суспензию поливинилацетатного клея (ПВА) приводит к увеличению массы 1 м² и предела прочности при расслаивании. По данным реализованного полного факторно-

го эксперимента (ПФЭ), в котором варьируемыми факторами являлись содержание ПЭ и время горячего прессования, было получено адекватное уравнение регрессии. Оно показывает, что прочность полимерно-бумажных композитов в большей степени зависит от содержания ПЭ-фракции. Полимерно-бумажные композиты с оптимальными физико-механическими свойствами могут быть получены при содержании полимерной ПЭ-фракции - 20 %, времени горячего прессования – 30 с.

Ключевые слова: полимерно-бумажные композиты, вторичные целлюлозные волокна, полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), время горячего прессования, предел прочности при расслаивании, предел прочности при растяжении, полный факторный эксперимент (ПФЭ).

Проблема твердых бытовых отходов (ТБО) является актуальной, поскольку ее решение связано с необходимостью охраны окружающей среды и ресурсосбережения. Кардинальный путь решения проблемы утилизации ТБО, учитывающий требования экологии, ресурсосбережения и экономики – это промышленная переработка отдельных фракций ТБО с получением различного вторичного сырья [8]. Основными компонентами ТБО являются отходы упаковки, которые представлены преимущественно бумагой и полимерными пленками, в основном полиолефинами - полиэтиленом низкой плотности (ПЭ) и полипропиленом (ПП). Одной из основных операций при сортировке ТБО на тяжелую и легкую фракции является аэросепарация. При этом легкая бумажно-полимерная фракция содержит 75 – 80 % бумаги и 20 – 25 % полиолефинов [4].

В связи с этим цель работы заключалась в исследовании возможности совместной переработки бумажной и полимерной фракций отходов упаковки в полимерно-бумажные композиты, а также в определении влияния некоторых технологических факторов на прочностные характеристики полученных композитов.

При реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- получить полимерно-бумажные композиты;
- изучить физико-механические свойства композитов;
- реализовать полный факторный эксперимент по выявлению влияния некоторых технологических факторов на физи-

ко-механические свойства композитов.

Получение полимерно-бумажных композитов включало следующие стадии: измельчение, приготовление полимерно-бумажной суспензии, формование отливки, горячее прессование и сушку [3].

Подготовка массы заключалась в получении водной суспензии из вторичных целлюлозных волокон и полиолефинов (полиэтилена низкой плотности ПЭ и полипропилена ПП) в дезинтеграторе при температуре 40 °С. Содержание полиолефинов в полимерно-бумажных композитах варьировалось от 10 до 30 %. Приготовленные суспензии отфильтровывали под вакуумом. Избыток влаги из полученных композитов удалялся на прижимных валах. Прессование полимерно-бумажных композитов проводили при температуре 150 °С и усилие 29,7 Н. Время горячего прессования варьировали от 10 до 50 секунд. Сушку полимерно-бумажных композитов проводили при комнатной температуре на воздухе в течение 24 часов [7].

Для проклейки массы использовали два вида клея – силикатный клей и поливинилацетатную (ПВА) суспензию (1 % масс) [2,5].

Физико-механические свойства полимерно-бумажных композитов (толщина, масса 1 м², плотность, предел прочности при расслаивании, предел прочности при растяжении) были определены по существующим стандартным методикам. На **рис. 1** представлены зависимости массы 1 м² полученных композитов от содержания полимерных фракций [7].

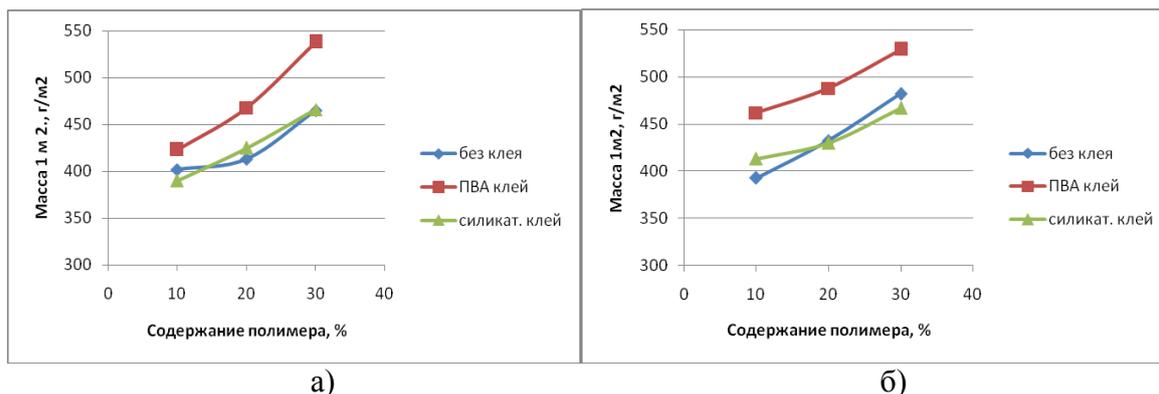


Рис. 1. Зависимость массы 1 м² композитов от содержания полимерной фракции: а) ПЭ; б) ПП

Из анализа полученных результатов следует:

- с увеличением содержания полимерной фракции масса 1 м² композита растет;

- введение в полимерно-бумажную суспензию клея ПВА приводит к увеличению массы 1 м² от 5 до 18 %, что обусловлено прочным сцеплением целлюлозных волокон и частиц полимерных фракций [7].

Предел прочности при расслаивании композитов определяли по ГОСТ 13648.6-

86 «Бумага и картон. Методы определения сопротивления расслаиванию». Сопротивление расслаиванию связано с действием расслаивающих сил, которые зависят от величины силы связи между целлюлозными волокнами. Если связи между частицами полимера и целлюлозными волокнами малы, то нарушается композиционная устойчивость материала и происходит внутреннее расслаивание [6].

Полученные результаты предела прочности при расслаивании композитов представлены на **рис. 2**.

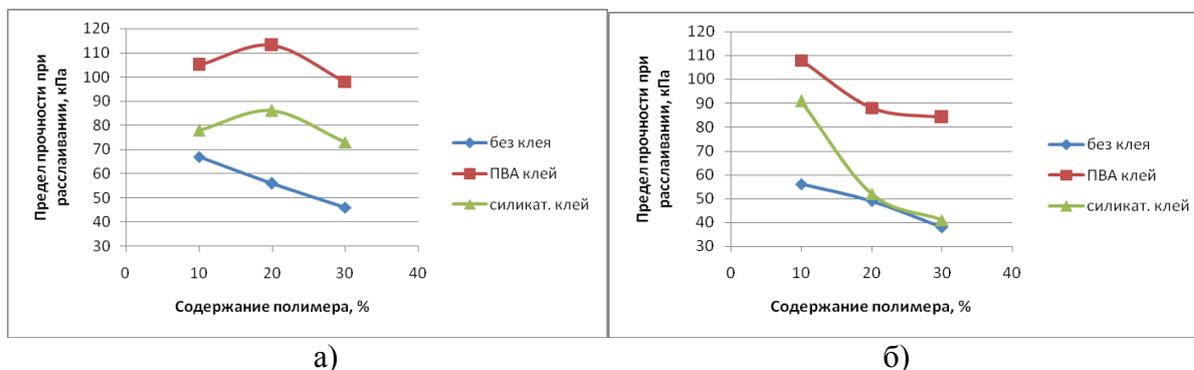


Рис. 2. Зависимость предела прочности при расслаивании композитов от содержания полимерной фракции: а) ПЭ; б) ПП

Установлено, что при введении клея ПВА предел прочности при расслаивании увеличивается на 56-121 %, при введении силикатного клея – на 16-58 %. Композиты с ПЭ в целом имеют более высокие значения предела прочности при расслаивании, чем образцы с ПП. Температура прессования – 150 °С достаточна для расплавления частиц ПЭ ($t_{пл} = 100 - 108$ °С), которые связывают целлюлозные волокна, и при

последующей естественной сушке образуют жесткий полимерно-бумажный композит. При растягивающих усилиях такой композит не разрушается, а происходит отрыв образца от клеящей ленты [7]. Поэтому показатель – предел прочности при расслаивании не является информативным и по нему нельзя судить о прочности композита. Температура плавления ПП составляет 160 – 168 °С, поэтому температу-

ра прессования недостаточна для плавления ПП-фракции. В результате его частицы слабо сцеплены с целлюлозными волокнами, образуется рыхлая структура композита, которая легко расслаивается при растягивающих усилиях. Поэтому, в дальнейших исследованиях изучались композиты на основе ПЭ-фракции с ПВА проклейкой.

Предел прочности при растяжении композитов определяли по ГОСТ 13525.1-79 «Бумага и картон. Метод определения прочности на разрыв и удлинение при растяжении». Предел прочности при растяжении композита является количественной характеристикой силы его межволоконных связей и определяется под действием усилия, направленного параллельно плоскости образца. Полученные результаты представлены в **табл. 1**.

Из предварительного анализа полученных результатов следует, что максимум предела прочности при растяжении полимерно-бумажных композитов достигается у всех образцов, подвергавшихся горячему прессованию в течение 30 с. Это время достаточно для наиболее полного расплавления ПЭ и сцепления целлюлозных волокон без их разрушения. При более длительном времени горячего прессования происходит частичное разрушение целлюлозных волокон с появлением подпалин.

Таблица 1
Результаты определения предела прочности при растяжении композитов (МПа)

Время горячего прессования, с	Содержание ПЭ, %		
	10	20	30
10	3	4	2
30	7	6	6
50	4	5	1

В соответствии с данными источников [2] получаемый композит возможно использовать для получения бумажно-литьевых изделий для упаковки и транспортировки хрупких предметов, а также как заменитель тарного картона. О качестве данной продукции судят по прочност-

ным характеристикам материала, из которого она изготовлена. Так как предел прочности при расслаивании композитов является недостаточно информативной характеристикой, что доказано выше, за показатель качества полимерно-бумажных композитов был принят предел прочности при растяжении. Следовательно, целесообразно установить степень влияния технологических факторов (содержание полимерной фракции и время горячего прессования) на предел прочности при растяжении получаемых композитов с целью управления их качеством и установления оптимальных значений технологических параметров.

С этой целью был спланирован и реализован полный факторный эксперимент (ПФЭ).

В качестве базовых значений принимаются: содержание ПЭ 20 % с интервалом варьирования 10 %; время выдержки под горячим прессом 30 с с интервалом варьирования 20 с. Такой базовый уровень принят из учета того, что примерно 20 – 25 % ПЭ включает в себя ламинированная бумага – один из источников сырья для получения полимерно-бумажных композитов в промышленных условиях; а при 30 с происходит наиболее полное расплавление ПЭ и сцепление целлюлозных волокон без их разрушения [7].

В соответствии с методикой проведения ПФЭ была построена матрица планирования (**табл. 2**), согласно которой было проведено 4 опыта с различными содержаниями ПЭ и разным временем выдержки под прессом.

По результатам проведения ПФЭ было получено адекватное результатам исследований следующее уравнение регрессии:

$$\hat{y} = 2,39 - 0,67x_1 - 0,72x_1x_2.$$

Проверка коэффициентов полученного уравнения на значимость по критерию Стьюдента [1] показала, что коэффициент при x_2 является незначимым и поэтому он должен быть исключён.

Матрица планирования

№ опыта	Значения факторов в натуральной форме		Значения факторов в безразмерной форме			у
	Содержание ПЭ, %	Время выдержки под прессом, с	x_0	x_1	x_2	
1	10	10	1	-1	-1	2,36
2	30	10	1	1	-1	2,46
3	10	50	1	-1	1	3,76
4	30	50	1	1	1	0,98

Полученное уравнение регрессии адекватно и позволяет судить о том, что на предел прочности при растяжении полимерно-бумажных композитов наибольшее влияние оказывает такой фактор, как содержание ПЭ (x_1). Совместное воздействие двух факторов – содержание ПЭ в полимерно-бумажных композитах и время горячего прессования оказывается более существенным по сравнению с влиянием только содержания полимера в композите.

Проведенный ПФЭ и анализ полученного уравнения регрессии показал, что полимерно-бумажные композиты с оптимальными прочностными характеристиками могут быть получены при следующих условиях: содержание полимерной ПЭ фракции - 20 %, время горячего прессования – 30 с, использование ПВА-суспензии для проклейки массы.

Список литературы

1. Блохин А.В. Теория эксперимента: курс лекций в двух частях. Мн.: Научно-методический центр БГУ, 2003. ч.2, с. 41-43.
2. Вторичное волокно [Электронный ресурс].

– Режим доступа: <http://www.arzpuck.ru>

3. Вураско А.В. Лабораторный практикум по технологии и оборудованию получения и переработки волокнистых полуфабрикатов: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2010. 155 с.

4. Деркач, Я.В. Переработка тары и упаковки из комбинированных материалов // Тара и упаковка. 2004. № 1. С. 26-27.

5. Кондаков А.В. Ферментные технологии для подготовки макулатуры к изготовлению бумаги и картона: дис. канд. тех. наук. Архангельск. 2009. С. 14-15.

6. Кремнева А.В., Коляда Л.Г., Пономарев А.П. Исследование возможности получения полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки // Актуальные проблемы современной науки: сб.ст. Международной научно-практической конференции (Уфа, 13 – 14 дек. 2013 г.). Уфа, 2013. С. 176 – 179.

7. Кремнева А.В. Получение полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки [Электронный ресурс]: Современные проблемы науки и образования №2 за 2014г. / А.В. Кремнева, Л.Г. Коляда, А.П. Пономарев, Издательский Дом «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ», 2014г. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/116-12900>

8. Шубов, Л.Я., Ройзман, В.Я., Дуденков С.В. Обогащение твердых бытовых отходов. М.: Недра, 1987. 238 с.

УДК 621.771.25: 658.562.3

Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Моллер А.Б.

ОЦЕНКА И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ РАСКРОЯ ПРОДУКЦИИ СОРТОПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. При принятии решений о внедрении тех или иных информационных технологий в производство возникает вопрос их эффективности и прибыльности. Оценка эффективности внедряемых проектов в области информационных технологий является непростой задачей в силу своей специфики, а именно - невозможности точной оценки реальных затрат. Исходя из общепринятой практики, решение о внедрении информационных технологий принимается на основе финансовых показателей: коэффициент возврата инвестиций (ROI - Return On Investment), совокупная стоимость владения ИТ (ТСО - Total Cost of Ownership), прибыльность инвестиций (SRR - Simple Rate of Return), срок окупаемости инвестиций (PBP - Pay-Back Period). Решенная в процессе исследования задача формирования качественного процесса раскроя для производства сортопрокатной продукции показала высокую эффективность по ключевым финансовым показателям.

Ключевые слова: ИТ, информационные технологии, эффективность, технологические процессы, металлургия, ОМД, сортопрокатное производство, немерная длина, раскрой, сокращение потерь металла, повышение эффективности сортопрокатного производства, качество процессов, качество раскроя, эффективность процессов, эффективность информационных технологий

В рамках научно-исследовательской работы (НИР) был получен опыт внедрения информационных технологий (ИТ), показывающий необходимость современного производства в повышении степени информатизации и автоматизации [1]. Также в рамках НИР зафиксировано увеличение рентабельности и эффективности производства. Стоит заметить, что полученных результатов добились без существенного изменения технологического процесса и без приобретения дорогостоящего оборудования

Исходя из приобретенного опыта, можно заключить, что существующая логика и принципы организации учета и управления на производстве перестали быть эффективными и должны быть усовершенствованы [1-3].

Практика показывает, что металлургическая промышленность в РФ содержит в себе значительные резервы, которые могут быть использованы путем внедрения ИТ [1, 4-6]. В частности, это касается раз-

работки и применения математических моделей различной сложности, позволяющих решать разнообразные технические и технологические задачи. Использование оптимизированных алгоритмов раскроя прутковой продукции по мерным длинам позволило сократить количество брака в сортопрокатном цехе ОАО "ММК" на 50%, при этом их внедрение не потребовало модернизации существующего оборудования [6-8].

Если необходимость в современных ИТ в металлургическом производстве обоснована, то их эффективность требует более детального рассмотрения, а именно, расчета общепринятых коэффициентов эффективности и экономических показателей, которые позволяют оценить перспективность внедряемых проектов и принять решение их приобретения: ROI, TCO, SRR, PBP.

Подробнее рассмотрим коэффициенты и показатели.

ROI (Return On Investment) - коэф-

коэффициент возврата инвестиций, отражающий уровень доходности проекта.

$$ROI = \frac{\text{Доходы} - \text{Расходы}}{\text{Расходы}} \cdot 100\% .$$

Если коэффициент ROI больше 100%, то инвестируемый проект является прибыльным, если ROI меньше 100% - убыточным.

TCO (Total Cost of Ownership) - совокупная стоимость владения ИТ за весь период использования, включая затраты на сопровождение и поддержку.

SRR (Simple Rate of Return) - прибыльность инвестиций. Данный показатель позволяет получить приблизительную оценку того, какая часть инвестиций возвращается в виде прибыли за определенный период времени. Также на основе SRR может быть принято решение о внедрении или продлении тех или иных проектов

$$SRR = \frac{NP}{TIC} \cdot 100\% ,$$

где NP - чистая прибыль, TIC - инвестиции в проект.

PBP (Pay-Back Period) - срок окупаемости инвестиций или, другими словами, это срок, за который доходы, генерируемые инвестициями, сравниваются с совокупными затратами на проект

$$PBP = \frac{TIC}{NP} ,$$

где NP - чистая прибыль, TIC - инвестиции в проект.

Статистические данные, полученные в результате внедрения оптимизированных алгоритмов раскроя прутковой продукции по мерным длинам и использования программного обеспечения "Раскрой продукции сортопрокатных станков" на реальном производстве, показывают, что годовой экономический эффект от внедрения разработанных ИТ в сортопрокатное произ-

водство с объемом выпуска 1 млн тонн составляет 60-190 млн рублей [6, 9]. Основываясь на опыте внедрения данного программного комплекса, рекомендуется нанять трех дополнительных сотрудников в каждую бригаду, то есть при круглосуточном производстве - 9 человек, исходя из 8-часового рабочего дня: оператора персонального компьютера (ПК), контролера на весах перед нагревательными печами и контролера после агрегата резки на мерные длины. Как показывает практика, в реалиях современного производства требуемые функции контроля и учета возложат на существующих сотрудников, но в силу низкой трудоемкости задач существующие сотрудники справятся с дополнительной нагрузкой. При расчете ROI будем исходить из максимально возможных затрат, то есть из найма девяти дополнительных сотрудников. Таким образом, при средней зарплате 25 000 рублей в месяц фонд оплаты труда (ФОТ) составит 2,7 млн рублей, а с учетом НДФЛ (налог на доходы физических лиц) и отчислений в ПФР (пенсионный фонд РФ), ФФОМС (федеральный фонд обязательного медицинского страхования), ФСС (фонд социального страхования) - 3,86 млн рублей.

Также понадобится 1 компьютерное место, скорее всего будет использоваться уже существующее. Приобретение ПК с программным обеспечением обойдется предприятию в 70 000 рублей (разовый платеж в первый год), также необходимо учесть расходы на электроэнергию, учитывая работу в 3 смены, 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 365 дней в году (опять в же в реалиях производства с плановыми ремонтами и обслуживанием количество часов будет несколько ниже) и при потреблении около 200 Ватт/ч, получаем около 12 000 рублей (при стоимости 1 кВт электроэнергии около 6,6 руб.). Исходя из данных 2010 года техническая поддержка программного обеспечения (ПО) будет обходиться 183 000 рублей в год при среднем показателе 61 000 рублей в год на сотрудника, работающего на ПК (исходя из практики, на металлургическом предприятии

расходы на поддержку ПО будут меньше) [10, 11]. Покупка программного обеспечения и его внедрение обойдется предприятию в 6 млн рублей, а размер ежегодных лицензионных отчислений возьмем за 2% от годового экономического эффекта проекта, как общепринятую величину.

Необходимо учесть затраты, связанные с обучением новых сотрудников - 20 000 руб на сотрудника.

При расчете ROI примем годовой экономический эффект от внедрения ПО "Раскрой продукции сортопрокатных станков" за 60 млн рублей, то есть будем исходить из минимального значения экономического эффекта. Таким образом, в первый год использования показатель ROI будет на уровне 418,64%, а в последующие - 719,81%, что говорит о высоком уровне доходности проекта.

При расчете TCO примем, что срок жизни проекта составит 3 года. Тогда TCO за весь срок использования составит 33,53 млн рублей, а годовой TCO - 11,18 млн рублей. Как можно заметить, суммарный TCO не превышает суммарного экономического эффекта за весь срок эксплуатации, то есть проект является прибыльным.

При расчете чистой прибыли, необходимой для расчета SRR, примем налог на прибыль равный 20%. Тогда SRR за весь срок использования составит 2871,61%, а годовой - 957,2%. То есть за весь срок эксплуатации прибыль от инвестиций на порядок выше самих инвестиций.

Срок окупаемости инвестиций или PBP составит 0,1 года или 1,25 месяца, другими словами, проект имеет низкий срок окупаемости и полностью окупается в краткосрочном периоде.

Анализ численных значений общепринятых показателей, позволяет понять, что внедрение ПО "Раскрой продукции сортопрокатных станков" является экономически целесообразным решением. И, несмотря на достаточно высокую стоимость внедрения данного комплекса, срок окупаемости составил 1,25 месяца.

Список литературы

1. Моллер А.Б., Тулупов О.Н., Левандовский

С.А., Кинзин Д.И., Ручинская Н.А., Саранча С.Ю., Гущина М.С., Найденова А.В., Елесина В.В., Кулакова А.Е. Отчет о НИР/НИОКР, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Финансирующая организация: ОАО «ММК», 2013г. Номер государственной регистрации: 01201366941, УДК: 621.771.25/26.

2. Левандовский С.А., Моллер А.Б., Назаров Д.В., Зайцев А.А.. Совершенствование существующих технологических схем прокатки на основе оптимизации форм калибров с целью повышения качества сортовой продукции. Моделирование и развитие процессов ОМД. 2006. №1. С.129-137

3. Моллер А.Б., Ручинская Н.А., Зайцев А.А., Тулупов О.Н., Луценко А.Н.. Использование адаптивной структурно-матричной модели для управления качеством сортового проката с разработкой рациональных предупреждающих действий. В сборнике: Неделя металлов в Москве сборник трудов и Конференций и Семинаров. Редкол.: Сивак Б.А. и др. Москва, 2007. С.357-367.

4. Левандовский С.А., Назаров Д.В., Лимарев А.С., Моллер А.Б., Тулупов О.Н.. Разработка и применение баз данных технологических параметров с целью освоения и совершенствования современных сортопрокатных станков. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им.Г.И.Носова. 2005. №4 (12). С.36-40.

5. Nazarov D.V., Zakharov E.A., Denisov S.V., Moller A.B., Zavyalov K.A.. Assessing channel rolling on a 450 mill. Steel in Translation. 2009. Т.39. №10. P.901-905.

6. Саранча С.Ю., Моллер А.Б.. Разработка и внедрение информационных технологий в сортопрокатное производство: оптимизация алгоритмов раскроя. Сталь. №11. 2014. С35-38.

7. Саранча С.Ю., Моллер А.Б.. Повышение эффективности сортопрокатного производства ОАО "ММК" путем увеличения точности металлургических механизмов. Механическое оборудование металлургических заводов (МОМЗ). Выпуск 3. 2014. С25-29.

8. Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Моллер А.Б.. Информационные технологии как инструмент управления качеством раскроя продукции и эффективностью сортопрокатного стана. Качество в обработке материалов. 2014. №2. С.88-91.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013619897 /Раскрой продукции сортопрокатных станков / Саранча С.Ю., Моллер А.Б., Кинзин Д.И., Новицкий Р.В. // ОБПБТ. 2013 № 2013619897

10. Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Стаценко Ю.С., Моллер А.Б.. Вопросы бюджетирования департамента информационных технологий на примере сортопрокатного производства. Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2015. Том 3, №2. С65-67.

11. Sarancha S. Yu., Levandovskiy S. A., Statsenko J. S, Moller A. B. Questions of the Area of Information Technologies Budgeting in Metallurgical Branch on the Example of Production of Section Rolling Products. Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2015. Vol. 3, no. 2. P65-67.

УДК 621.778
Корчунов А.Г.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ОБРАБОТКИ (НАУЧНЫЙ ОБЗОР)

Аннотация. Рассмотрены вопросы использования математических моделей для управления показателями качества продукции в технологических процессах обработки. Приведены методы формализации взаимосвязи между параметрами процесса управления технологией и показателями качества изделий с позиций детерминированного представления и описания в условиях математической неопределенности.

Ключевые слова: показатели качества продукции, математические модели, технологические процессы обработки, управление качеством.

Особенность задач управления качеством продукции в технологических процессах обработки заключается в специфике объекта управления. В общем случае под управлением понимается процесс, обеспечивающий приведение объекта в заданное состояние, которое определяется значением величин, характеризующих заданное состояние.

Методологии и математический аппарат решения задач управления различными объектами и процессами составляют существо теории управления, в которой разработаны методы анализа различных систем и синтеза управления ими. Методология синтеза систем управления состоит в формальном описании динамики объекта в виде математических моделей, исследовании свойств объекта по полученной модели и синтезе тем или иным образом системы или алгоритма управления, обеспечивающих поддержание значений выходных величин в заданных пределах или на заданном уровне. Объектом управления в АСУ ТП являются машины и агрегаты, посредством которых реализуется технологический процесс, а цель управления состоит в обеспечении их согласованного функционирования в соответствии с заданными режимами.

При управлении качеством продукции объектом управления являются показатели качества, установленные нормативно-технической документацией, которые

формируются под воздействием параметров управления технологическим процессом, а цель управления заключается в стабильном достижении их регламентированных значений [1].

Под показателями качества продукции понимается количественная характеристика одного или нескольких свойств металлических изделий, составляющих ее качество. Для промышленной продукции устанавливается номенклатура групп показателей качества по характеризующим ими свойствам продукции: назначения, надежности, экономного использования сырья и материалов, эргономические, эстетические, технологичности, транспортабельности, стандартизации и унификации, патентно-правовые, экологические, безопасности. В настоящей работе основное внимание уделено показателям назначения металлических изделий. Показатели назначения характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливают область ее применения.

Следуя методологии теории управления для решения задач по управлению показателями качества необходимо иметь математические модели, формально описывающие взаимосвязи между параметрами управления процессом обработки и показателями качества изделий, на основе которых возможно определять результа-

тивные режимы технологической обработки.

На рис. 1 представлена классифика-

ция математических моделей для управления показателями качества металлических изделий.

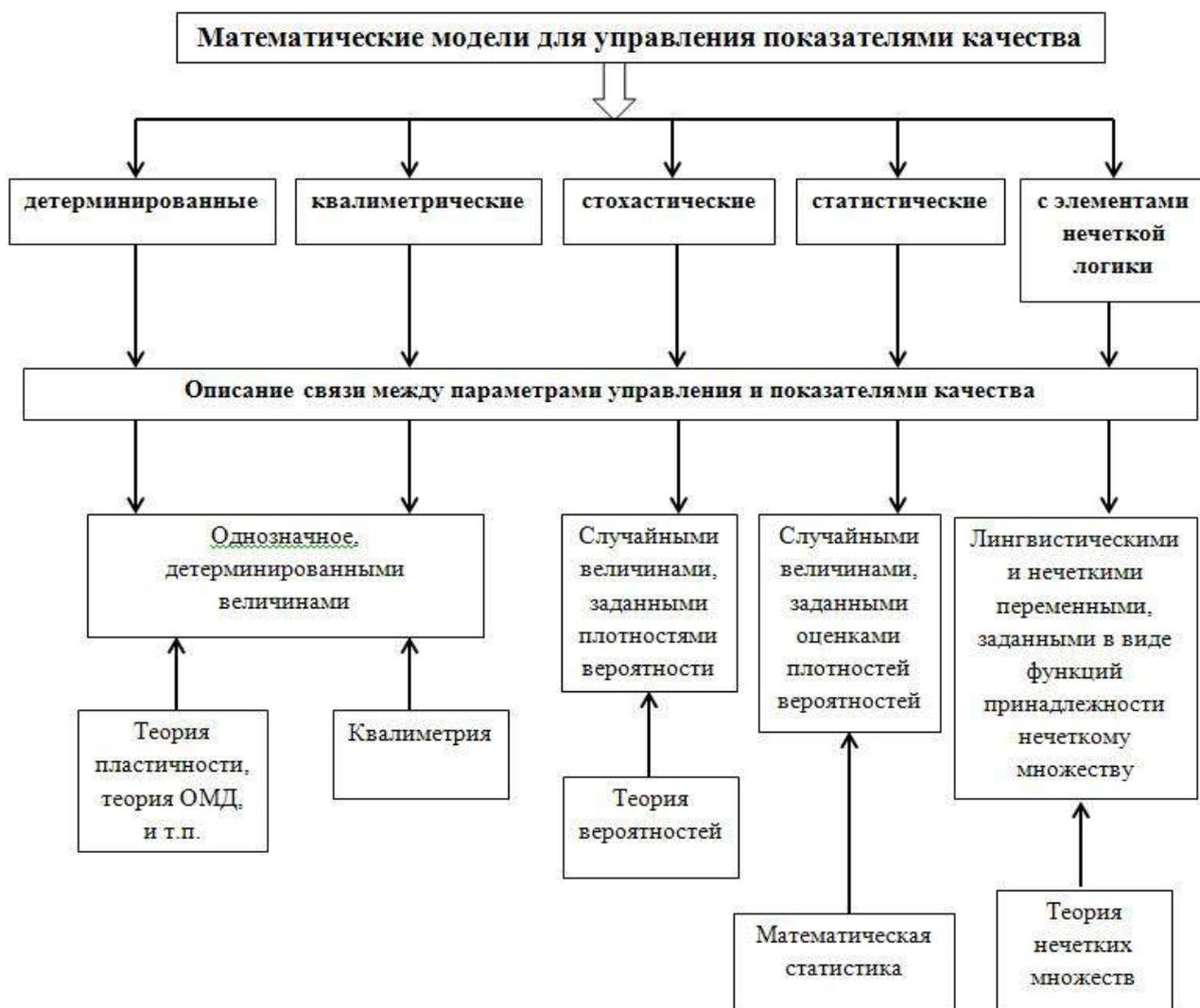


Рис. 1. Математические модели управления показателями качества продукции [2]

Математические модели управления показателями качества продукции в технологических процессах обработки можно разделить на однозначно определенные (детерминированные) и находящиеся в условиях неопределенности [3].

Рассмотрим состояние вопроса формализации взаимосвязи между параметрами процесса управления в ходе технологической обработки и показателями качества изделий и создания на этой основе математических моделей.

Детерминированное описание предполагает однозначное описание явления

(процесса или объекта), когда параметры модели и связи между ними в модели определены единственно возможным, однозначным образом. В этом случае значения всех параметров модели определяются детерминированными величинами (т.е. каждому параметру соответствует целое вещественное число или соответствующая функция).

С целью определения взаимосвязи параметров управления процессом обработки с показателями качества применяются детерминированные математические модели, основанные на физико-

математическом анализе явлений и теоретическом отражении закономерностей, влияющих на динамику формирования показателей качества. Особенности таких моделей являются использование значительных допущений при задании начальных и граничных условий в рамках решаемых задач, соответствующие упрощения применяемых алгоритмов. Однако из-за сложности и многообразия явлений, протекающих в процессе формирования показателей качества, методы построения математических моделей на основе физических закономерностей исследуемых процессов часто оказываются малоэффективными при управлении показателями качества продукции [4].

При решении задач комплексной оценки качества продукции и технологических процессов ее производства перспективность использования показал теоретический и математический аппарат квалиметрии в детерминированной постановке [5]. Данный подход был использован при разработке квалиметрических моделей для оценки эффективности альтернативных вариантов технологии производства различных видов металлических изделий (высокоточные фасонные профили [6], канатная проволока [7], автомобильный крепеж [8], элементы подвески автомобилей [9], плоского проката [10] и др.) через оценку изменения качества продукции при изменении технологии.

Обобщая результаты указанных работ, отметим, что суть управления показателями качества заключается в определении на основе детерминированных моделей, описывающих взаимосвязь между доминирующими и компенсируемыми показателями качества металлических изделий и параметрами управления технологическим процессом обработки, таких параметров управления, которые обеспечивают максимизацию комплексного показателя качества. При этом на результат управления влияет строгое и не всегда однозначно обоснованное разграничение показателей качества изделия на доминирующие и компенсируемые. Применение квалимет-

рических моделей можно считать особенно эффективным при сравнении нескольких вариантов существующих процессов обработки однотипного изделия, для анализа которых оправданным является привлечение значительного круга экспертов-специалистов из различных областей знаний.

Отметим, что при формализации взаимосвязи между параметрами управления и показателями качества на основе детерминированных моделей существование неопределенности любой природы полностью игнорируется. Для этого направления характерным является применение различных методов фильтрации и сглаживания исходной информации, усреднения данных. Применяются также методы восстановления отсутствующих данных, интерполирования и экстраполирования.

Наиболее широкое распространение при управлении показателями качества продукции в процессах технологической обработки получили модели, основанные на математической статистике [11].

Статистические модели не включают детального описания закономерностей процессов, происходящих в ходе формирования качества продукции. Математическое описание строится в виде регрессионных зависимостей показателей качества изделий от параметров управления процессом обработки и представляет собой линейные и нелинейные полиномиальные уравнения различного вида.

Обычно к статистическим моделям относят модели, полученные обработкой данных активного эксперимента на физической модели в лабораторных условиях (чаще используются при определении параметров новых процессов и режимов обработки) или пассивного эксперимента на реальном объекте, что более характерно для решения задач по совершенствованию действующих процессов и режимов обработки. В моделях, полученных на основе планирования эксперимента, присутствуют параметры, отражающие условия лабораторных исследований.

При обработке данных пассивного

эксперимента получают регрессионное уравнение, сложность которого определяется в зависимости от сложности процесса обработки, количества исходных данных и требуемой точности. Удовлетворительную точность могут обеспечивать статистические модели достаточно простой структуры при условии их систематической идентификации по получаемой в штатном режиме технологической информации [12].

В работе [13] показана возможность использования при технологическом прогнозировании генетических алгоритмов в качестве альтернативы регрессионным моделям на примере управления показателями качества холоднокатаных труб из циркониевого сплава Э110. Предлагаемый подход базируется на мониторинге и последующей множественной математической обработке исходной статистической информации о закономерностях формирования показателей качества металлопродукции в заданных технологических условиях.

При решении задач управления показателями качества продукции широко используются статистические методы обработки, использующие искусственные нейронные сети [14]. Практические примеры решения прямых и обратных задач управления показателями качества горячекатаного проката по механическим свойствам с использованием искусственных нейронных сетей на основе многослойного персептрона приводятся в работах [15,16].

Следует отметить, что для эффективного использования нейронных сетей требуются очень большие массивы статистической информации, автоматически снимаемой с действующего технологического процесса в режиме реального времени с целью ее обучения, что значительно усложняет или делает нецелесообразным их применение в условиях неполноты информации, что характерно на этапе разработки новых технологических процессов и режимов обработки. Статистическое описание неопределенности при управлении показателями качества изделий является частным случаем стохастического описания и применяется в случае, если заданы толь-

ко выборочные оценки каких-то характеристик случайной величины.

Стохастическое описание математической неопределенности в задачах управления качеством, связанных с оптимизацией процессов обработки металлических изделий, было использовано на примере производства горячекатаных длинномерных профилей, низкоуглеродистой проволоки с полимерным покрытием, медной ленты в работах [17,18].

Следует отметить, что прежде чем выбирать соответствующую модель и ставить задачу управления на основе стохастических моделей, необходимо оценить плотность распределения исследуемой случайной величины. Однако на практике возникает целый ряд трудностей, связанных со сложностью получения плотностей распределения вероятностей и их достоверностью для параметров стохастических моделей в лабораторных и промышленных условиях. При разработке новых технологических процессов и режимов производства в большинстве случаев такая информация вообще отсутствует и для ее сбора и обработки требуется значительное время. Таким образом, данный подход может эффективно применяться в условиях достаточного количества необходимой для управления показателями качества технологической информации, однако он малоэффективен в условиях неполноты и нечеткости исходной информации и сложен при реализации.

Применение для формализации взаимосвязи показателей качества изделий и параметров управления процессом обработки аппарата теории вероятности и математической статистики приводит к тому, что фактически неопределенность, независимо от ее природы, отождествляется только со случайностью. Другие возможные источники неопределенности, связанные с разнородным характером информации игнорируются. Между тем, источником неопределенности при управлении качеством в процессах обработки может являться неполнота, нечеткость или расплывчатость информации, которая опреде-

ляется не только отношениями между параметрами управления, параметрами состояния материала и показателями качества изделий, но и деятельностью человека принимающего решения.

В настоящее время стремительно развиваются методы математического моделирования на основе теории нечетких множеств, позволяющие преодолевать трудности, связанные с качественным характером, а также неполнотой и расплывчатостью информации

Подход на основе теории нечетких множеств имеет три основные отличительные черты [19, 20]:

– в дополнение к числовым переменным или вместо них используются нечеткие величины и так называемые «лингвистические» переменные;

– простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний;

– сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами.

Возможности использования теории нечетких множеств при управлении качеством метизной продукции показаны в работе [21].

Применительно к управлению показателями качества металлических изделий при разработке новых и совершенствовании действующих процессов обработки эффективно могут быть использованы математические модели с элементами нечеткой логики [4, 22-25].

При этом появляются следующие преимущества:

1. Возможность быстрой разработки модели по логическим правилам на малых объемах информации с последующим усложнением ее функциональности, адаптации и обучения по результатам анализа управления.

2. Представление параметров процесса управления показателями качества в виде лингвистических переменных, а их взаимосвязи в виде логических правил «если...то» позволяет описать свойственный человеку качественный процесс решения задачи при оценке предпочтитель-

ности режимов обработки.

3. Возможность обобщения и преобразования к единой форме в виде функций принадлежности и использования при управлении всей доступной неоднородной информации (детерминированной, интервальной, статистической, лингвистической) о технологических режимах обработки, областях их допустимости, эффективности и предпочтительности одних режимов перед другими, с точки зрения обеспечения требуемого уровня показателей качества продукции. При этом детерминированные решения задач и модели легко преобразуются к виду, учитывающему нечеткость параметров, а соответствующие частоты распределения показателей качества, получаемые непосредственно при реализации технологических режимов обработки (случайно-вероятностный подход) могут быть отождествлены с функцией принадлежности.

4. При формировании логических правил управления появляется возможность обработки особого типа «качественной» информации – специальных знаний.

5. Модель управления на основе нечеткой логики имеет более прозрачное и понятное представление за счет использования естественного языка в форме логических правил управления «если...то».

6. Значительно сокращается время и объем вычислений; открытость архитектуры нечеткой модели позволяет легко вносить дополнения и изменения.

7. Решение задач по управлению показателями качества на основе моделей с элементами нечеткой логики соответствует более простой и гибкой стратегии адаптивного приближения при сохранении необходимой точности результата [26].

Список литературы

1. Тавер Е. Объект управления при управлении качеством // Стандарты и качество. 2001. № 2. С. 15-19.

2. Корчунов А.Г., Лысенко А.В. Управление качеством метизной продукции в условиях неопределенности технологической информации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им.Г.И. Носова. 2012. №3 С. 43-45.

3. С.А. Федосеев, М.Б. Гитман, В.Ю. Столбов, А.В. Вожаков Управление качеством продукции на современном промышленном предприятии. Пермь. Изд-во ПНИПУ, 2011. 229с.
4. Корчунов А.Г., Чукин М.В., Гун Г.С., Полякова М.А. Управление качеством продукции в технологиях метизного производства М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2012. 164 с.
5. Гун Г.С. Квалиметрические модели управления качеством продукции//Вестник Магнитогорского Государственного Технического университета им. Г.И. Носова. 2003.№1.С.102-108.
6. Гун Г.С. Управление качеством высокоточных профилей. М.: Металлургия, 1984. 152 с.
7. Комплексная оценка качества стальной канатной проволоки / Г.С. Гун, Г.Ш. Рубин, Е.А. Пудов и др. // Сталь. 1983. № 1. С. 56-57.
8. Закиров Д.М., Рубин Г.Ш., Сабадаш А.В. Квалиметрическая оценка производства автомобильного крепежа. Магнитогорск: Изд-во ГОУ ВПО «МГТУ». 2007. 136 с.
9. Мезин И.Ю., Яковлева Е.С., Касаткина Е.Г., Куцепендик В.И. Квалиметрическая оценка производственных процессов изготовления металлопродукции//Вестник Магнитогорского Государственного Технического университета им. Г.И. Носова. 2010.№2.С.67-69.
10. Румянцев М.И. Цепкин А.С., Оплачко Т.В. Унифицированный подход к расчету дифференциальных показателей при квалиметрическом оценивании качества проката //Вестник Магнитогорского Государственного Технического университета им. Г.И. Носова. 2007.№1.С.61-64.
11. Клячкин В.Н. Статистические методы в управлении качеством. Компьютерные технологии. М.: Финансы и статистика, 2009. 304 с.
12. Кузнецов Л.А., Черных М.В. Статистические основы управления качеством // Известия вузов. Черная металлургия. 2008. № 2. С. 62-65.
13. Бринза В.В. Технологическое прогнозирование как средство выявления дополнительных конкурентных преимуществ производства // Металлург. 2007. № 2. С. 31-36.
14. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия Телеком, 2001. 382 с.
15. Салганик В.М., Сычев О.Н. Моделирование и разработка эффективной технологии контролируемой прокатки трубных сталей с заданным комплексом механических характеристик // Металлург. 2009. № 5. С. 46-49.
16. Песин А.М., Салганик В.М., Курбан В.В. Нейросетевое моделирование процесса прокатки для повышения механических свойств горячекатаной трубной листовой стали. Изд-во Магнитогорского Государственного Технического университета им. Г.И. Носова. 2010. 129с.
17. Гитман М.Б., Панкратов А.П., Трусов П.В. Стохастическая оптимизация режимов охлаждения горячекатаных длинномерных профилей // Известия РАН. Металлы. 1999. № 4. С. 38-42.
18. Гун Г.С., Чукин М.В. Оптимизация процессов технологического и эксплуатационного деформирования изделий с покрытиями. Изд-во Магнитогорского Государственного Технического университета им. Г.И. Носова . 2006. 323 с.
19. Zadeh L.A. Fuzzy logic. IEEE Transaction on Computers, vol. 21, No. 4, 1988, pp. 83-93.
20. Mamdani E. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic systems // IEEE Transaction on Computers, 1977, vol. 26, pp. 1182-1191.
21. Рубин Г.Ш., Вахитова Ф.Т., Лебедев В.Н. и др. Методологический подход к управлению качеством метизной продукции, основанный на нечетких множествах //Вестник Магнитогорского Государственного Технического университета им. Г.И. Носова. 2009.№4.С.50-53.
22. A.Korchunov, M. Chukin, A.Lysenin Methodology of developing mathematical models with fuzzy logic elements for quality indices control. Applied Mechanics and Materials Vol. 436 (2013). pp. 374-381.
23. Стеблянка В.Л. Создание технологий получения биметаллической проволоки и покрытий на основе процессов, совмещенных с пластическим деформированием: дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.05/ Стеблянка Валерий Леонтьевич. Магнитогорск, 2000. 300 с.
24. Способ изготовления биметаллической проволоки: пат. 2008109 Рос. Федерация / В.Л. Стеблянка, Г.В. Бухиник, И.В. Ситников, В.В. Веремеенко, В.Л. Трахтенгерц, В.И. Люльчак.
25. Касаткина Е.Г.Повышение качества платинита совершенствованием технологии его производства: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Касаткина Елена Геннадьевна. 2006. 137 с.
26. Голубчик Э.М. Адаптивное управление качеством металлопродукции //Вестник Магнитогорского Государственного Технического университета им. Г.И. Носова. 2014.№1.С.63-68.

УДК 669.771
Голубчик Э.М.

СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

Аннотация. В условиях быстроменяющегося современного товарного рынка для выполнения требований и пожеланий потребителей производители металлопродукции должны быть способны к оперативной адаптации, обеспечивающей повышение их конкурентных преимуществ. Это является наиболее актуальным при разработке и продвижении на рынки сбыта инновационных видов металлопродукции, особенно при её производстве в условиях крупных промышленных предприятий. В таких условиях возникает необходимость оперативного раннего реагирования на поступающие со стороны потребителя запросы, не всегда согласующиеся с технологическими возможностями производителя, либо выходящими за рамки требований известных стандартов на соответствующий вид продукции. При этом требуется проведение комплекса различных процедур адаптивного характера. В статье рассмотрены теоретические аспекты современных методов адаптивного управления качеством металлопродукции применительно к предприятиям металлургической отрасли. Представлена разработанная учеными ФГБОУ ВПО «МГТУ» концепция управления качеством на основе принципов оперативной «технологической адаптации» показателей качества в условиях возможной многовариантности осуществления технологического процесса.

Ключевые слова: технологическая адаптация, многовариантная технологическая система, показатели качества, металлопродукция

Введение

Одним из ключевых факторов, определяющих конкурентоспособность предприятия, является возможность производителя поддерживать баланс как собственных, так и потребительских интересов. Этого можно достигнуть за счет использования конкурентных преимуществ, таких как внедрения новых инновационных технологических и/или технических решений, путем поддержания высочайшего качества продукции традиционного сортамента, а также освоение эксклюзивной металлопродукции, отвечающей передовым мировым требованиям. В связи с этим возникает необходимость разработки эффективной стратегии построения технологических процессов на крупном предприятии с использованием новейших концепций организации производства и управления качеством. Одной из таких концепций могут служить принципы адаптивного управления, получающие в последнее время всестороннее развитие.

В условиях массового производства с большим объемом размерно-марочного сортамента продукции, единым техно-

логическим циклом и непрерывной загрузкой основного технологического оборудования возникает необходимость оперативного прогнозирования конечных результатов деятельности всей технологической системы, причем, уже на ранних производственных стадиях жизненного цикла продукции. В наибольшей степени данная проблема актуальна для технологических систем, предполагающих возможную многовариантность организации производственного процесса изготовления конкретного вида металлопродукции. Очевидно, что подобные системы для обеспечения требуемого уровня качества сложных, либо новых видов продукции, конкурентоспособности и повышения результативности их производства, должны иметь возможность оперативной адаптации к требованиям потребителей и условиям рынка. При этом должны быть минимизированы затраты, связанные как с «повседневным» функционированием технологического процесса, так и с освоением инновационной, либо «эксклюзивной» продукции. Таким образом, на первый план выступают два аспекта современных концепций

управления качеством продукции промышленного металлургического производства. Во-первых, необходимо обеспечивать и поддерживать стабильно высокие показатели качества широкого размерно-марочного сортамента, имеющего, в том числе, эксклюзивный характер, а также возможность управления данными показателями на всех стадиях производственного цикла изготовления металлопродукции. И, во-вторых, - способность предприятия достаточно оперативно адаптироваться к изменениям и условиям внешней среды без снижения эффективности и результативности собственного производства.

Теория, материалы и методы исследования, технические и технологические разработки

В последнее время в металлургической практике все большее распространение получают производственные процессы, предусматривающие сложное многооперационное технологическое воздействие на обрабатываемое металлоизделие. Кроме того, получение изделий из современных материалов предусматривает также и возможность многовариантной технологической обработки. Таким образом, в зависимости от выбора варианта построения конкретной технологической системы может быть обеспечен различный уровень эффективности и результативности всего производства. В таких условиях лицо, принимающее решение (ЛПР) по организации и построению технологической системы, должно, во-первых, обладать высочайшей квалификацией и компетентностью. Во-вторых, у производителя должны быть разработаны алгоритмы и модели выбора наиболее приемлемого решения ведения технологического процесса при изменяющихся внешних воздействиях (например, требованиях потребителей), который бы гарантированно обеспечивал достижение в конечном металлоизделии нормированного уровня качества.

В настоящее время в мировой производственной практике активно развиваются концепции, основанные на принципах

адаптивного управления качеством. Разработаны адаптационные алгоритмы функционирования автономных производственных систем (AMS, IMS-CA), основанные на принципах когнитивных технологий анализа и учета производственных помех [1, 2].

В научно-технической литературе описаны подходы, предусматривающие организацию так называемого «интеллектуального адаптивного производства». Данные парадигмы отражают различные аспекты по адаптации предприятия. Например, сформулированы принципы адаптации лиц, принимающих решения по управлению технологическими процессами, направленные на поиск наиболее эффективных решений [3]. Также разработаны механизмы адаптивного ведения бизнес-процессов на уровне фирмы при ее взаимодействии с внешней средой [4]. Получают дальнейшее развитие и подходы к адаптивному управлению производственными системами, основанные на оперативном мониторинге возникающих проблем и принятию на их основе корректирующих решений [5, 6]. Достаточный интерес представляют работы, основанные на методологии решения задач по адаптации технологических систем на основе прошлого опыта [7]. В основе этого подхода лежит попытка решить новую проблему путем извлечения и адаптации известных ранее решений подобных проблем.

Не смотря на достаточное многообразие подходов, базирующихся на принципах адаптивного управления качеством, все они строятся на основе оценки результатов деятельности производственной системы на уже полученных фактических данных, что не позволяет осуществлять оперативную адаптацию в условиях неполноты априорной информации.

Лишен этого недостатка разработанный школой магнитогорских ученых Гунном Г.С., Корчуновым А.Г., Рубиным Г.Ш. новый методологический подход к управлению качеством метизной продукции, основанный на нечетких множествах и построении нечетких моделей описания тех-

нологической наследственности [8-11], который, в частности, позволяет выделить технологические режимы обработки, подавляющие проявления неблагоприятной наследственности и обеспечивающие достижение требуемого качества продукции, которые далее фиксируются в виде системы технологических ограничений через коэффициенты оперативной трансформации β_{ij} («коэффициенты технологического наследования»):

$$\beta_{ij} = \frac{K_{ij}}{K_{i(j-1)}} - 1 \quad (1),$$

где K_{ij} - значение показателя качества металла после j -ой и $(j-1)$ -ой технологической операции.

Несмотря на определенную универсальность в методах оценки и управления показателями качества в различных многоуровневых, многооперационных технологических процессах изготовления металлопродукции, представленные выше подходы обладают существенными ограничениями.

Во-первых, рассматриваемое явление «технологической наследственности», как правило, ограничивается исследованием либо отдельно взятой технологической операции, либо отдельным методом технологического воздействия или обработки без учета вектора развития показателей по всему переделу. Во-вторых, описанные выше подходы не позволяют осуществлять оперативное управление качеством на отдельно взятой технологической стадии жизненного цикла продукции, т.к. не всегда очевиден вклад отдельных влияющих факторов на данный показатель, либо группу показателей качества, а также степень такого влияния. В-третьих, предложенные методы не обеспечивают возможность раннего прогнозирования уровня показателей качества, который может быть достигнут к финишным стадиям технологической обработки. Однако данная задача зачастую встает перед производителями в случае запроса потребителя на изготовле-

ние инновационной продукции, либо продукции с нестандартно нормируемым набором качественных показателей.

Кроме того в большинстве известных методов управления показателями качества в сложных технологических системах отсутствует алгоритм принятия решений по организации производства в условиях, когда:

- не до конца осознаны и нечетко сформулированы потребителем требования к продукции;

- отсутствует нормативная база на новый вид изделия, либо нормируемые потребителем показатели диссонируют с требованиями стандартов;

- технологические возможности производителя не в состоянии обеспечить в полном объеме нормируемые потребителем показатели.

Все это в совокупности сужает возможности выбора варианта построения эффективной комплексной технологической схемы производства МГСП, а в отдельных случаях и оценки самой принципиальной возможности изготовления продукции с необходимым для потребителя уровнем качества.

В рамках развиваемого в ФГБОУ ВПО «МГТУ им Г.И. Носова» направления в области качества разработан новый научный подход по адаптивному управлению качеством в условиях возможной технологической многовариантности, реализующий методы оперативного технологического воздействия на показатели качества металлопродукции в процессе ее изготовления [12 – 19].

В рамках разработанной концепции «технологической адаптации» показателей качества под термином «*многовариантная технологическая система*» предполагается техническая (технологическая) система, в которой реализуется возможность обеспечения конечного уровня показателей качества за счет применения множества вариантов технологического воздействия на каждый из них (либо группу показателей качества в целом) на каждой производственной стадии жизненного цикла продук-

ции. Таким образом, под вариантом понимается совокупное технологическое воздействие, предусматривающее поэтапное изменение показателя качества (и/или системы показателей качества) продукции, приводящее к достижению нормируемого его конечного значения. При этом само понятие «технологическая адаптация» показателей качества (ПК), применительно к рассматриваемым многовариантным сис-

темам подразумевает процесс целенаправленного изменения технологической системы в соответствии с определенными критериями приспособления ее структуры и функций к условиям внешней среды, обеспечивающими достижение целей системы, например, соответствующий уровень ПК, ожидания потребителей, гармонизация нормативной базы и пр. (рис.1).



Рис. 1. К понятию «технологическая адаптация» ПК

Результаты исследования и их обсуждение
В рамках предложенного методологического подхода была разработана двухуровневая 2-х контурная система адаптивного управления качеством металлопродукции (САУК) применительно к многовариантным многостадийным технологическим системам (ММТС).

Разработанная САУК металлопродукции включает в себя два уровня (рис. 2). На первом уровне управления («подготовительном») происходит формирование и накопление технологической базы данных обо всех возможных (вероятных или освоенных) в условиях предприятия технологических маршрутах $(\sum_{j=1}^k TM_j)$ для каждого вида продукции Π_m с фиксирова-

нием достигаемого уровня показателей качества $(\sum_{i=1}^n TK_i)$, либо их диапазона изменчивости в зависимости от: - варианта технологической схемы производства (T_j); - влияния человеческого фактора (ЧФ), например, уровня квалификации персонала; - экономических составляющих технологического процесса (ЭП), например, объем заказа, нормы расхода материалов, необходимость дополнительных расходов на инструмент, оснастку и т.д.; - организационных схем производства (ОП) и прочих аспектов, входящих в данную ММТС. Наличие данного уровня в системе обязательно, так как от его наполнения зависит, во-первых, оперативность принятия решения о возможности выполнения заказа, во-

вторых, выявляются потенциальные ограничения, накладываемые технологической системой, например, на диапазоны варьирования свойств (ПК), в-третьих, существенно упрощается работа лица принимающего решение (ЛПР) по организации технологического процесса. Так как в общем

случае необходимо предполагать, что ЛПР может не обладать соответствующей компетенцией по всем аспектам планируемого производства для выполнения конкретного поступившего заказа в части обеспечения нормируемых ПК.

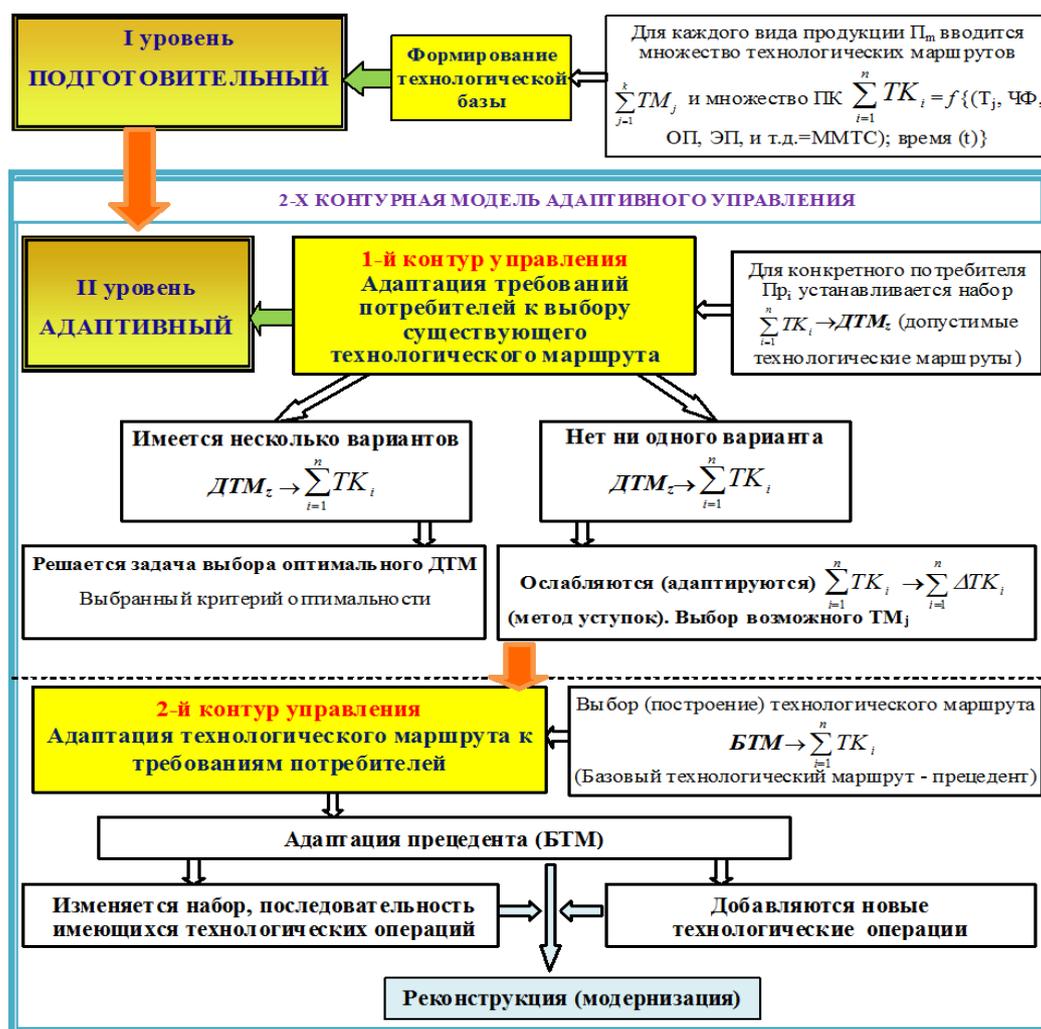


Рис. 2. Двухуровневая 2-х контурная система адаптивного управления качеством (САУК) металлопродукции в ММТС

В случае, когда ни один из имеющихся в технологической базе вариантов не позволяет обеспечить производство металлопродукции с требуемым уровнем ПК по каким-либо причинам, осуществляется переход на второй уровень САУК («адаптивный»), на котором непосредственно и реализуется 2-х контурная модель адаптивного управления ПК в ММТС.

При этом на первом контуре управления для конкретного потребителя и/или группы потребителей (Π_{Pr}) определяется и устанавливается комплекс нормируемых им показателей качества ($\sum_{i=1}^n TK_i$, n – количество ПК) и оценивается набор вероятных допустимых технологических маршрутов

($ДТМ_z$), которые в наибольшей степени могут реализовать достижение требуемого или близкого к нему уровня качества. При этом каждый $ДТМ_z$, предусматривающий совокупность определенных стадий обработки на имеющемся в условиях предприятия технологическом оборудовании, представляет собой отдельный вариант ММТС.

В случае если имеется несколько вариантов, реализующих условие:

$$ДТМ_z \rightarrow \sum_{i=1}^n ТК_i, \quad (2)$$

то выбирается (определяется) критерий оптимальности и решается задача выбора оптимального $ДТМ_z$ известными методами оптимизации. При условии отсутствия возможности определить (сопоставить) хотя бы один вариант $ДТМ_z$ в исследуемой САУК, на первом контуре включается механизм адаптации, предусматривающий коррекцию показателей качества

($\sum_{i=1}^n ТК_i$). При этом реализация адаптивно-

го управления качеством на этой стадии предусматривает ослабление части требований со стороны потребителя по ПК, путем, например, изменение границ варьирования отдельных (или всех) показателей качества, перевод нормируемых значений показателей в статус их факультативности и т.д. Другими словами, производитель приспособливает потребителя к имеющейся технологии и «просит» последнего смягчить требования по границам ПК. После чего в оперативном порядке формируется скорректированный и согласованный с потребителем комплекс ПК нового уровня

($\sum_{i=1}^n \Delta ТК_i$). Таким образом, методом уступок со стороны потребителя производится адаптация ПК к наиболее близкому $ДТМ_z$

или имеющемуся в технологической базе $ТМ_j$ для реализации условия:

$$ДТМ_z (ТМ_j) \rightarrow \sum_{i=1}^n \Delta ТК_i.$$

В случае невозможности «смягчения» или нежелания потребителя идти на уступки производителю, осуществляется переход на второй контур адаптивного управления рассматриваемой САУК, который представляет из себя «Адаптацию технологического маршрута к требованиям потребителя». Из имеющейся технологической базы выбирается технологический маршрут $ТМ_j$ или определяется $ДТМ_z$, который в наиболее близкой степени может обеспечить нормируемый потребителем уровень качества. Данный $ТМ_j$ ($ДТМ_z$) получает статус *базового* (или «прецедента») *БТМ*. Таким образом, на втором контуре управления САУК принятый в качестве прецедента базовый технологический маршрут (БТМ) адаптируется под конечные требования потребителя. При этом осуществляется настройка каждой стадии технологического воздействия на обеспечение максимально возможного уровня качества по всем показателям, либо одного из наиболее значимых для потребителя (остальные показатели «подстраиваются»). Причем допускается изменение «традиционного» набора технологических воздействий (операций), а также их последовательности, принятой в «базовом варианте». Кроме того, возможно появление новых несуществующих в прецеденте воздействий (операций). Это относится и к соответствующим элементам оборудования, реализующих технологическое воздействие, вплоть до реконструкции и модернизации отдельных стадий и даже производств.

В случае абсолютной невозможности производства металлопродукции с запрашиваемым набором качеств (с учетом использования всех адаптационных механизмов охватываемых САУК) потребителю даются рекомендации (разъяснения) по уровню максимально возможных достигаемых параметров в условиях данного производства. Здесь следует подчеркнуть, что данный элемент работы с потребителем обязателен, как один из значимых в адаптивном управлении качеством на предприятии. Его зачастую неправомерно игнорируют, не смотря на то, что бывают

ситуации, когда, например, в условиях крупного металлургического предприятия освоена или возможна к освоению передовая технология изготовления нового инновационного вида металлопродукции с уникальным комплексом свойств высокого уровня. При этом потребитель, пришедший на данное предприятие с заказом на аналогичную продукцию, но с повышенным, по отношению к возможному, уровнем свойств, не всегда осознает целесообразность, необходимость и оправданность наличия в конечном металлоизделии желаемого диапазона параметров. В этом случае становится приемлемым применение принципов адаптации потребителя, как носителя внешней среды к возможностям производителя.

Особенностью такого подхода является попытка предприятия, даже при первоначально кажущемся явном отсутствии возможности изготовления инновационной металлопродукции, проанализировать свои ресурсы и максимально использовать технологические резервы, которые, как показывает практика, не всегда используются эффективно.

Выводы. Разработанный подход адаптивного управления качеством металлопродукции применительно к многовариантным технологическим системам позволил разработать в условиях одного из ведущих отечественных металлургических производств ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» ряд высоко технологических процессов изготовления инновационной конкурентоспособной металлопродукции, такой как холоднокатаная лента толщиной 1,16 – 1,84 мм для монетных заготовок для чеканки разменных монет РФ, новых видов гнутых профилей для мостостроения. Кроме того, предложенная модель «технологической адаптации» показателей качества легла в основу проектирования и разработки технологии изготовления крепежных изделий повышенного класса прочности из сталей с ультрамелкозернистой структурой.

Список литературы

1. Hong-Seok Park, Ngoc-Hien Tran. An au-

tonomous manufacturing system for adapting to disturbances. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. October 2011, Volume 56, Issue 9-12, pp 1159-1165.

2. Hong-Seok Park, Ngoc-Hien Tran. A cognitive agent based manufacturing system adapting to disturbances. *International Journal of Control, Automation and Systems* August 2012, Volume 10, Issue 4, pp 806-816.

3. Marc B. Sokol. Adaptation to difficult designs: Facilitating use of new technology. *Journal of Business and Psychology*. Spring 1994, Volume 8, Issue 3, pp 277-296.

4. Namwoon Kim, Jae H. Pae, Utilization of new technologies: organizational adaptation to business environments. *Journal of the Academy of Marketing Science*. June 2007, Volume 35, Issue 2, pp 259-269.

5. Martin Riegler, Bernhard Spangl, Martin Weigl, Rupert Wimmer, Ulrich Müller Simulation of a real-time process adaptation in the manufacture of high-density fibreboards using multivariate regression analysis and feedforward control. *Wood Science and Technology*. July 2013.

6. Seid Žapčević, Peter Butala. Adaptive process control based on a self-learning mechanism in autonomous manufacturing systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. June 2013, Volume 66, Issue 9-12, pp 1725-1743 June 2013, Volume 66, Issue 9-12, pp 1725-1743.

7. Claudio A. Policastro, André C. P. L. F. Carvalho, Alexandre C. B. Delbem. A hybrid case adaptation approach for case-based reasoning. *Applied Intelligence*. April 2008, Volume 28, Issue 2, pp 101-119.

8. Г. Ш. Рубин, Ф. Т. Вахитова, В. Н. Лебедев, Е. Н. Гусева, А. А. Шишов Методологический подход к управлению качеством метизной продукции, основанный на нечетких множествах // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. - 2009. - №4. - С. 50-53.

9. Корчунов А.Г. Совершенствование методики управления качеством продукции в технологических процессах метизного производства // Производство проката. 2008. № 12. С. 8-13.

10. Корчунов А.Г. Моделирование трансформации показателей качества металлических изделий в процессах обработки // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. № 1. С. 76-78.

11. Корчунов А.Г. Управление качеством метизной продукции на основе нечетких моделей описания технологической наследственности // Металлург. 2009. № 5. С. 50-53.

12. Голубчик Э.М., Яковлева Е.Б., Телегин В.Е., Смирнов П.Н., Яшин В.В. Повышение результативности производства холоднокатаной упаковочной ленты из стали марки 30Г2 путем применения адаптационных механизмов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2010. №1. С. 62-66.

13. Телегин В.Е., Голубчик Э.М., Курбан В.В., Васильев И.С., Горшков С.Н. Исследование

способов повышения результативности функционирования многостадийных технологических систем. // Сталь. 2012. №7. С. 51-54.

14. Голубчик Э.М., Корчунов А.Г., Пивоварова К.Г. Лысенин А.В. Применение адаптивных механизмов для повышения качества продукции с глубокой степенью переработки // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. 2011. № 5. С. 131-134.

15. Рубин Г.С., Полякова М.А., Чукин М.Г., Гун Г.С. Протипология-новый этап развития стандартизации метизного производства // Сталь. 2013. №10. С. 84 – 86.

16. Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Mezin I.U., Korchunov A.G. Metallurgy qualimetry theory design and development // Vestnik

of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2013. №5. pp. 67 – 70.

17. Голубчик Э.М. Адаптивные подходы к управлению качеством продукции в многовариантных технологических системах // Методы менеджмента качества. 2013, №7. С. 36-41.

18. Голубчик Э.М., Телегин В.Е., Рубин Г.Ш. Применение принципов технологической адаптации при управления показателями качества в многовариантной технологической системе изготовления холоднокатаной ленты // Качество в обработке материалов. – 2014. - №1. - С. 34-41.

19. Голубчик Э.М. Адаптивное управление качеством металлопродукции // Вестник МГТУ им Г.И. Носова, 2014, №1. С. 63-69.

УДК 621.771
Пыхтунова С.В.

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТЕ БАУШИНГЕРА

Аннотация. Представлен материал, характеризующий особенности влияния различных факторов на проявление эффекта Баушингера. Сделана попытка систематизации давно известных и выявленных недавно данных по этой теме.

Ключевые слова: эффект Баушингера, деформация, разупрочнение.

Одним из факторов, влияющих на качество готовых металлических изделий, подвергающихся знакопеременному нагружению при изготовлении, является эффект Баушингера. Известно, что он возникает при знакопеременном нагружении металлов и сплавов [1-5] и присущ всем им [4, 5].

На эффект Баушингера влияют следующие факторы [6, 7]:

степень предварительной деформации; величина зерна и тип кристаллической решетки; структура, свойства, состав сплава; скорость деформирования; вид напряженного состояния; вид деформированного состояния; амплитуда знакопеременных нагружений; характеристика упрочнения металла или сплава.

Остановимся подробнее на перечис-

ленных выше факторах. О том, как влияет степень предварительной деформации на эффект Баушингера, мнения ученых расходятся: сам Баушингер считал, что уменьшение предела упругости при изменении знака нагружения тем больше, чем больше величина предварительной деформации при первом нагружении [1, 2, 8].

По мнению Сакса и Шойи существует предельная небольшая величина предварительной деформации для получения максимального эффекта Баушингера [9]. По их мнению, эта величина для некоторых сталей составляет всего 1,5 %.

Имеются также данные [10], что, на стали марки 20 после предварительного растяжения на 7,9 % предел пропорциональности при повторном сжатии снижается на 71 %.

Авторы, исследовавшие поведение металлов и сплавов при различных степенях деформации [4, 5], утверждают, что эффект Баушингера наблюдается как при малых, так и при больших степенях деформации, вплоть до 100 % и более.

К тому же выводу приводят опыты, проведенные рентгенографическим методом, результаты которых авторы Васильев Д.М. и Шульц К.Я. отразили в своих работах [11, 12].

Авторы работы [13] отмечают, что разупрочнение стали стали 30Г1Р наблюдается при степени деформации образцов не более $\epsilon = 40$ % после их предварительной осадки.

При оценке влияния величины зерна на эффект Баушингера мнения ученых тоже различаются. Например, изучая влияние величины зерна на эффект Баушингера, Вулли Р.Л. сделал вывод, что этот эффект не зависит от величины зерна [14].

Опыты Ратнера С.И. и Данилова Ю.С. позволяют сделать вывод о том, что эффект Баушингера зависит от величины зерна и наблюдается во всех металлах и сплавах, независимо от типа кристаллической решетки [15].

Несмотря на наличие вышеизложенных данных, авторы работ [16] высказывают мнение о том, что в сплавах эффект Баушингера выражен сильнее, чем в чистых металлах. Эффект Баушингера при увеличении содержания углерода или легировании в железоуглеродистых сплавах усиливается, в частности, величина эффекта Баушингера возрастает с увеличением перлитной составляющей в сталях. В то же время проявление эффекта Баушингера при одном и том же составе зависит от микроструктуры стали. Наблюдается значительное различие в протекании пластической деформации в сталях с зернистой и пластинчатой формой цементита. Цементит в глобулярной форме не оказывает заметного влияния на упрочнение стали при пластической деформации и остается монокристаллическим вплоть до степеней деформации порядка 50-70 %. Упрочнение стали с глобулярным цементитом в основ-

ном определяется упрочнением феррита, изменением его дислокационной структуры.

Характерными особенностями процесса острения дюбеля является цикличность процесса и возникающие знакопеременные деформации. Сталь марки 70, из которой изготавливают дюбели-гвозди методом холодной поперечно-клиновой прокатки, имеет высокую прочность и структуру зернистого перлита. Исследования изменения твердости в очаге деформации (острие дюбеля) подтвердили предположения авторов работы [17] склонность этой марки стали к проявлению эффекта Баушингера.

Опыты Пумпянского Д.А., Пышминцева И.Ю. и др., проведенные с высокопрочными трубными сталями Х100 – Х120, позволили сделать вывод о том, что эффект Баушингера зависит от структуры стали, цикла нагружения и влияет, в конечном итоге, на качество готовой продукции [18].

Опыты, проведенные авторами [9], позволили сделать вывод, что эффект Баушингера также зависит от условий первоначального деформирования. К примеру, они проводили опыт по деформированию технического алюминия по схеме растяжение-сжатие-растяжение с различной скоростью нагружения и выяснили, что при быстром нагружении со скоростью $U_2 = 10^6 \text{ г}/(\text{мм}^2 \cdot \text{ч})$ при изменении знака нагружения наблюдается эффект Баушингера. А при нагружении вначале со скоростью $U_1 = 10 \text{ г}/(\text{мм}^2 \cdot \text{ч})$ (при растяжении) и сжатии со скоростью $U_2 = 10^6 \text{ г}/(\text{мм}^2 \cdot \text{ч})$ наблюдается повышение сопротивления началу пластического деформирования по сравнению с его начальным значением, то есть протекает явление, обратное эффекту Баушингера.

В работе [19] представлены результаты исследований углеродистых марок стали 20 и 35 магнитоотрывным методом. Авторами выявлено, что максимальное проявление эффекта Баушингера напрямую зависит от интенсивности и глубины проникновения

магнитного поля в деформируемый металл.

Авторы работы [20] находят перспективным направление интенсификации комбинированных методов деформирующе-режущего волочения, чем является регуляризация микрорельефа поверхности деформирующих и режущих элементов инструмента. Исследовав поведение стали 45, авторы данной работы выявили появление разупрочнения в случае резания против направления предварительного деформирования, наблюдая снижение усилия до 8 %. Системный анализ комбинированных методов обработки металлов и сплавов, по словам авторов, а также применение эффекта Баушингера, позволят синтезировать конкурентоспособные технологические процессы, в том числе и технологии получения высококачественных профилей волочением.

Автором Шапиевской В.А. приведены методики определения зависимости параметра эффекта Баушингера (при моделировании операций листовой штамповки от эквивалентной деформации) для сплава Д16Т [21]. В работах [21, 22] представлены результаты проведенных различных механических испытаний: сжатие – растяжение, сжатие изгибом – растяжение, изгиб – обратный изгиб, реверсивное кручение [21], прокатка-волочение [22].

Данный материал может быть полезен при проведении исследований, направленных на изучение поведения металлов и сплавов, испытывающих знакопеременное деформирование.

Список литературы

1. Bauschinger I. – *Zivilingenieur*, 1881, Bd 27, S.288.
2. Bauschinger I. – In: *Mitteilung aus dem Mechanisch Technischen Laboratorium München*, 1886, 3
3. Masing G.–*Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens – Konzern*, 1924, 5, 231.
4. Бобонец И.И., Гиндин И.А., Неклюдов И.М. – *Изв.АН.СССР. Металлы*, 1967, № 6, С. 156-157.
5. Васильев Д.М. – В кн.: *Некоторые проблемы прочности твердого тела*. М.: Изд-во АН СССР, 1959, С. 37-48.
6. Макклиток Ф., Аргон А. Деформация и разрушение материалов. - М.: Мир, 1970. - С. 161 – 163.
7. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. *Физические основы пластической деформации*. - М.: Металлургия, 1982. 584с.
8. Седов Л.И. *Механика сплошной среды*. - М.: Наука, 1973. 492с.
9. Saks G., Shoji H. – *Z.für Physik*, 1927, Bd 45, S. 776-796.
10. Москвитин В.В. *Пластичность при переменных напряжениях*. - М.: Изд-во МГУ, 1966. 263с.
11. Васильев Д.М. *О природе эффекта Баушингера// Некоторые проблемы прочности твердого тела*, М.: Изд-во АН СССР, 1959.
12. Шульц К.Я. *Рентгенографическое исследование эффекта Баушингера*. Канд. дис. АН ЭССР, Таллин, 1960. 120с.
13. Закиров Д.М., Рубин Г.Ш., Мезин И.Ю., Сабадаш А.В., Васильев С.П., Чукин В.В., Скворцова С.С. *Квалиметрическая оценка производства автомобильного крепежа: Монография*. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 158с.
14. Woolley R.L. – *Phil Mag.*, 1953, v.44, № 353, p. 597 – 618.
15. Ратнер С.И., Данилов Ю.С. *Изменение пределов пропорциональности и текучести при повторном нагружении*. Заводская лаборатория, 1950, № 4, С. 46-47.
16. Черняк Н.И., Гаврилов Д.А.. *Сопrotивление деформированию металлов при повторном статическом нагружении*. Киев: Наукова думка. 1971, 136с.
17. Манин В.П., Пыхтунова С.В. *Влияние накопленной деформации на твердость и сопротивление деформации при острении дюбелей способом холодной поперечно-клиновой прокатки // Обработка сплошных и слоистых материалов: Сб. науч. тр. – Магнитогорск, 2005. – С. 71 – 73.*
18. Пумпянский Д.А., Пышминцев И.Ю., Лупин В.А., Марченко Л.Г., Лубе И.И. *Особенности проявления эффекта Баушингера в высокопрочных трубных сталях. // Черная металлургия: бюллетень НТиЭИ./ин-т «Черметинформация» – 2005. – № 9. – С. 35 – 41.*
19. Герасимов В.Я. *Применение магнитоотрывного метода для исследования эффекта Баушингера приосадке калиброванной стали.//Изв. вузов. Черная металлургия. – 1997. – № 10. – С. 56 – 57.*
20. Щедрин А.В., Бекаев А.А., Герман С.К., Козлов А.Ю. *Применение эффекта Баушингера в комбинированных методах волочения.//Технология машиностроения. – 2011. – № 2. – С. 5 – 8.*
21. Харитонов В.А. *Оценка эффективности изготовления стальной проволоки совмещенным способом «прокатка – волочение».// Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2013. – № 5. – С. 15 – 19.*
22. Шапиевская В.А. *Экспериментальные методы определения параметров эффекта Баушингера. //Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2011. – № 1. – С. 3 – 8.*

ANNOTATION

UDC 621.771

Chukin M.V. DEVELOPMENT OF THE THEORY QUALITY OF METAL (SCIENTIFIC REVIEW)

Abstract. The paper presents the main trends and research results in the field of quality assessment and management scientists MSTU GI Nosov.

Keywords: quality management, qualimetry, protipologiya, metal.

UDC 621.7

Atroshenko S.A., Korolev I.A. THE QUALITY EVALUATION OF THE HIGH CHROMIUM TOOL STEEL USING A MODIFIED DESIRABILITY FUNCTION AND THE METHODS OF EXPERIMENTS PLANNING

Abstract. The qualimetric estimation of high-chromium tool steel was carried out using method of experiment planning and desirability function. It was shown that steels with lower carbon content and additional rare-earth metals alloying, as well as steels that were heat treated under an optimal regime have higher quality characteristics.

Keywords: high-chromium tool steels, alloying, heat treatment, desirability function, planning experiment method.

UDC 658. 562

Gun I.G., Osipov D.S. REVIEW ON NEW PROSPECTS AND TRENDS IN SPHERE OF GLOBAL STANDARDIZATION MANAGEMENT SYSTEMS

Abstract. In this article you can see the overview of trends in the development of international standards ISO on management system such as ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001. We consider such a thing as an integrated management system. The key changes are considered the principles of quality management, model of quality management, structures and requirements of the new version of ISO 9001: 2015. We describe the new provisions and concepts previously not widely used in the field of quality management, as well as guidance on the application of standards of risk management and knowledge management in organizations.

Keywords: standardization, quality management system, integrated management system, ISO, new version, international standard, the implementation of the requirements, principles of quality management, risk management, knowledge management.

UDC 669.1.004.16:568.562.6

Pesin A.M., Rakhimov S. N., Lokotunina N.M. USE OF THE THEORY OF CONSTRAINTS AS ONE OF INSTRUMENTS OF QUALITY MANAGEMENT IN THE SUBSYSTEM «CUTTING-FINISH-PACKAGING-TRANSPORT» METALLURGICAL ENTERPRISE

Abstract. Solves the problem of increasing the effectiveness of the quality management subsystem «cutting-finish-packaging-transport» metallurgical enterprise. As one of the management tools discussed the theory of constraints, based on which the system is constructed, providing an interconnected set of technical, technological and organizational components within the entire process chain subsystem, and allows the end to minimize the number of consumer complaints to the quality of rolled products of OJSC «Magnitogorsk Iron and Steel Works». The system provides for the functioning of effective mechanisms for identifying and addressing the true reasons (key problems) of the undesirable phenomena in this subsystem «cutting-finish-packaging-transport», and

isolation (continuity) of this process.

Keywords: theory of constraints, bottleneck, increased quality, the subsystem «cutting-finish-packaging-transport», losses from the rejected production.

UDC 621. 771

Danilova Y.V., Polyakova M.A., PROBLEMS OF ACTUALISATION OF THE STANDARD FOR ENGINEERING HARDWARE

Abstract. There you can see the analysis of the requirements of the current standards of the engineering bolt. It was established that in the standards there are lots of references for the other regulatory documents including the current ones. This fact requires making appropriate changes. Also the need of updating the current standards due to the intensive development of nanotechnologies that opens up prospects for the production of engineering fixing made of steel with ultrafine-grained structure

Keywords: engineering fixing, standard, actualization, reference, nanotechnologies

UDC 621.778

Mezin I.Yu., Gun G.S., Chukin M.V., Kramzina L.V. IMPROVING THE QUALITY OF FORMING PROCESSES BAR STOCK STEEL PRODUCTION FOR 40S2 SPRING PRODUCTS

Abstract. The material, characterized by different processing methods of forming quality bar stock steel 40S2 for the production of spring products. The results of the research developed variants of resource-saving technological schemes of processing of hot-rolled steel in 40S2 blank space for production of spring products, depending on the surface quality and the level of strength characteristics of the parent metal.

Keywords: quality bar stock steel 40S2, structural annealing, heat treatment, spring product, mechanical properties, turning the surface, the surface deformation.

UDC 65.011.46

Parsunkin B.N., Sukhonosova T.G., Polukhina E.I. OBJECTIVE DETERMINATION OF TOTAL SCORE OF EFFICIENCY OF THE CONDUCTED MEASURE

Abstract. The calculation of high-quality, technical and economic parameters to support the technical and economic efficiency of the proposed measures to introduce or upgrade process is a problem since the action of technological disturbances and different institutional arrangements. The authors propose a technique of rapid and objective determination of the outcome of quality, performance and economic parameters of the event to improve the manufacturing process. Evaluated the effect of the introduction of measures to improve the production process compared to the existing operating conditions. Integral assessment formed with an orthogonal Walsh function allows you to calculate the final efficiency index even in times of technological disturbances and other events held at the facility.

Keywords: record production efficiency, integrated assessment, of orthogonal Walsh function, disturbance compensation.

UDC 621.778.08

Kharitonov V.A., Melikhova N.V., Petrov I.M. ASSESSMENT AND MANUFACTURING PROCESSES MANAGEMENT OF COILED REINFORCING STEEL

Abstract. The article deals with the questions of assessment and choice of effective manufacturing processes of coiled reinforcing steel. Also there is given the set of requirements for reinforcement, corresponding to modern world requirements. Here are different variants of technological schemes of manufacturing coiled reinforcing steel and given their analysis in terms of opportunities for reinforcement of the relevant category of plasticity "B" and "C" to Eurocode 2. The meth-

odology, which allows to evaluate the effectiveness of various technologies by the characteristics of the metalworking methods, underlying, and indicators of quality of finished products.

Keywords: Reinforcing steel, choice of technology, strength, plasticity, quality, competitiveness.

UDC 620.22-419.8-036.6/.8:[658.567.1:628.4-405]

Kremneva A.V., Kolyada L.G. PRODUCTION THE POLYMERIC AND PAPER COMPOSITES FROM PACKAGING WASTE AND ULTIMATE STRATIFICATION STRENGTH, TENSILE STRENGTH TEST RESULTS

Abstract. We have produced various polymeric and paper composites from packaging waste and also we have investigated the dependence of varied technology factors on physical - mechanical properties of composites. The analysis of the received results showed that the increase of the concentration of polymeric fraction leads to the growth of the weight of 1 sq.m of a composite; insertion of polyvinyl acetate in polymeric and paper composite result in increase of the weight of 1 sq.m and ultimate stratification strength of composites. According to the realized complete factorial (CF) in which variable factors were the concentration of PE and hot pressing time, the adequate regression equation was received. It shows that the strength of polymeric and paper composites in a greater degree depends on the concentration of PE-fraction. It is determined that the polymeric and paper composites with optimal physical-mechanical properties can be produced under the following conditions: the concentration of polymeric PE - fraction - 20%, hot pressing time – 30 seconds.

Keywords: the polymeric and paper composites, secondary cellulose fibers, polyethylene (PE), polypropylene (PP), pressing time, ultimate stratification strength, tensile strength, complete factorial (CF).

UDC 621.771.25: 658.562.3

Sarancha S.Y., Levandovskiy S.A., Moller A.B. EVALUATING AND IMPROVING EFFICIENCY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS THROUGH INFORMATION TECHNOLOGY FOR EXAMPLE OF CUTTING PRODUCE OF ROLLING PRODUCTION

Abstract. There is the question of efficiency and profitability, when making decisions on the introduction of various information technologies in production. Evaluating the effectiveness of the introduction projects in the field of information technology is a challenge because the accurate assessment of the actual costs is impossible. Based on the common practice, the decision to introduction information technology shall be based on financial indicators: Return On Investment (ROI), Total Cost of Ownership (TCO), Simple Rate of Return (SRR), Payback Period (PBP). The task of forming a high-quality cutting process for the production of Rolling products showed high efficiency in key financial indicators.

Keywords: off-gage length, not custom length, reducing metal losses, increasing efficiency of the rolling production, information technologies, optimization technology of the cutting, section-rolling production, quality of the process, yield ratio, effectiveness.

UDC 621.778

Korchunov A. G. MATHEMATICAL MODELS FOR QUALITY INDICES CONTROL IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES (SCIENTIFIC REVIEW)

Abstract. Questions of mathematical models application for quality indices control in manufacturing technologies are considered. Methods of formalization of interrelation between technological processes parameters and products quality indices from determined representation positions and the description in the conditions of mathematical uncertainty are given.

Keywords: metal products, quality indices, mathematical models, technological process, quality control

UDC 669.771

Golubchik E.M. MODERN CONCEPTS OF ADAPTIVE MANAGEMENT OF QUALITY METAL PRODUCTS

Abstract. In the rapidly changing conditions of modern commodity market to meet the requirements and wishes of the consumers of steel manufacturers should be able to quickly adapt providing increasing their competitive advantage. This is the most relevant for the development and promotion on the markets innovative types of metal, particularly in its production in large industrial-represented businesses. In such circumstances, there is need for rapid early response to requests from the consumer requests not all GDSs are consistent with the technological possibilities of the manufacturer, or go beyond the requirements of well-known standards for the relevant type of product. This requires a complex of various procedures of adaptive nature. The article deals with theoretical aspects of modern methods of adaptive management in relation to the quality of steel companies in the steel industry. The developed by scientists VPO "Moscow State Technical University" concept of quality management based on the principles of operational "technological adaptation" quality indicators in a possible multi-variant of the process.

Keywords: technological adaptation, multivariate technology system, quality indicators, metal products.

UDC 621.771

Pihtunova S.V. ON THE EFFECT BAUSHINGER

Abstract. This article presents (shows) some facts which characterize the features of influence of various factors on developing of Baushinger's effect. It is taken a try at systematization of wellknown and revealed recently facts on this mater.

Keywords: baushinger's effect, deformation, loss of strength.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Атрошенко Светлана Алексеевна – доктор физико-математических наук, профессор, профессор Санкт-Петербургского государственного экономического университета. E-mail: satroshe@mail.ru.

Голубчик Эдуард Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры машиностроения и металлургических технологий ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: golub66@mail.ru.

Гун Геннадий Семенович – доктор технических наук, профессор, советник ректора, профессор кафедры машиностроительных и металлургических технологий ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». 455000 г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38 ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Раб. тел. 8(3519) 29-84-05. E-mail: mgtu@magtu.ru.

Гун Игорь Геннадьевич - д-р техн. наук, проф., генеральный директор ЗАО НПО «БелМаг». E-mail: goun@belmag.ru.

Данилова Юлия Владимировна – аспирантка кафедры машиностроительных и металлургических технологий, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38. Тел.: (3519) 29-84-81; E-mail: j.v.danilova@inbox.ru.

Коляда Людмила Григорьевна – к.т.н., доцент кафедры химии, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 8 (3519) 29-85-33, chem@magtu.ru.

Королёв Илья Анатольевич – кандидат технических наук, главный специалист управления качества, научно-производственного объединения Ленинградский электромашиностроительный завод. E-mail: satroshe@mail.ru.

Корчунов Алексей Георгиевич - д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: agkorchunov@mail.ru.

Крамзина Лариса Викторовна – ассистент кафедры «Технологий, сертификации и сервиса автомобилей» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: tssa@magtu.ru.

Кремнева Анастасия Владиславовна – старший преподаватель кафедры химии, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», +7-968-119-66-27, a-kremneva@mail.ru.

Левандовский Сергей Анатольевич - доцент кафедры ОМД ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», канд. техн. Наук, телефон – 8 (908) 586-48-76, электронная почта – levandovskiy@mail.ru

Локотунина Наталья Михайловна – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел.: 8(3519)29-85-25. E-mail: nml76@mail.ru.

Мезин Игорь Юрьевич - д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: meziniy1@mail.ru.

Мелихова Наталья Вениаминовна – ст. лаборант кафедры стандартизации, сертификации и технологии продуктов питания, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова». Тел.: +7-902-861-15-15. E-mail: hnv-77@mail.ru.

Моллер Александр Борисович - профессор кафедры ОМД ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», д-р. техн. Наук, телефон –8 (904) 810-96-29, E-mail: moller@hotbox.ru

Осинов Дмитрий Сергеевич - к.т.н., доцент кафедры ТССА ФГБОУ ВПО «Магнито-

горский государственный технический университет им. Г.И. Носова», тел. +79028677227, dmitry_osipov@mail.ru

Парсункин Борис Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: pksu035@gmail.com, тел. 8(3519)29-85-58.

Песин Александр Моисеевич - профессор кафедры обработки металлов давлением, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», тел. 8-3519063056, Email: pesin@bk.ru

Петров Игорь Михайлович – ст. преподаватель кафедры металлургии и стандартизации, филиал ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова» в г. Белорецк. Тел.: +7-927-334-1494. E-mail: petrov.mgtu@gmail.com.

Полухина Екатерина Ильинична – студентка экономист-математик 5 курс ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова». E-mail: tgobuhova@gmail.com, тел. 8(3519)29-85-58.

Полякова Марина Андреевна – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроительных и металлургических технологий, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38. Тел.: (3519) 29-84-81. E-mail: m.polyakova-64@mail.ru.

Пыхтунова Светлана Викторовна – к.т.н., доцент кафедры Машиностроительных и металлургических технологий, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», e-mail: pio@magtu.ru

Рахимов Сергей Николаевич – аспирант ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Тел.: 8(3519)29-85-25.

Саранча Сергей Юрьевич - аспирант кафедры ОМД ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», телефон – 8 (961) 578-72-02, E-mail: science.mgn@gmail.com

Сухонослова Татьяна Геннадьевна – старший преподаватель кафедры автоматизированных системы управления, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова». E-mail: tgobuhova@gmail.com, тел. 8(3519)29-85-58.

Чукин Михаил Витальевич - д-р техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: m.chuin@mail.ru.

Харитонов Вениамин Александрович - канд. техн. наук, профессор кафедры «Машиностроительных и металлургических технологий» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: mgtu@magtu.ru.

THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Atroshenko Svetlana Alekseevna – DSci, professor, St.-Petersburg State Economic University. E-mail: satroshe@mail.ru.

Chukin Mihail Vitalevich - Prof., Dr. Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: m.chuin@mail.ru.

Golubchik Jeduard Mihajlovich - assistant professor, master of science, chair of mechanical engineering and metallurgical technologies Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Nosov Magnitogorsk State Technical University». E-mail: golub66@mail.ru.

Gun Gennadij Semenovich - D.Sc. in technology, Professor, The Rector Adviser, professor of the Mechanical and Metallurgical Process Engineering Department, FSBEI HPE «Nosov Magnitogorsk state technical university». 38 Lenin Avenue, Magnitogorsk, 455000 Russia. Tel.: (3519) 29-84-81, E-mail: mgtu@magtu.ru

Gun Igor Gennadevich - Prof., Dr. Sc., General Director, BelMag JSC. E-mail: gown@belmag.ru.

Danilova Yulia Vladimirovna - post graduate student of Mechanical and Metallurgical Process Engineering Department, FSBEI HPE «Nosov Magnitogorsk state technical university». 38 Lenin Avenue, Magnitogorsk, 455000 Russia. Tel.: (3519) 29-84-81; E-mail: j.v.danilova@inbox.ru.

Kolyada Lyudmila Grigoryevna – Cand.Tech.Sci., associate professor of chemistry, Nosov Magnitogorsk State Technical University, 8 (3519) 29-85-33, chem@magtu.ru

Korolev Ilja Anatolievich – Chief specialist of quality, "NPO "LEZ".

Korchunov Aleksey Georgievich - Prof., Dr. Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University. E-mail: agkorchunov@mail.ru.

Kramzina Larisa Victorovna – assistant of the Department "Technology, certification and service vehicles", Nosov Magnitogorsk State Technical University, tel. 29-84-31, E-mail: tssa@mail.ru.

Kremneva Anastasia Vladislavovna – the senior teacher of department of chemistry, Nosov Magnitogorsk State Technical University, +7-968-119-66-27, a-kremneva@mail.ru

Levandovskiy Sergey Anatol'evich - cand. of technical sciences, associate professor of "Metal forming" department at the State Educational Institution of Higher Professional Education "Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov", cell phone: 8 (908) 586-48-76, e-mail: levandovskiy@mail.ru.

Lokotunina Natalia Mihailovna – Candidate of Technical Sciences, Associate professor, FSEI HPE « G.I. Nosov Magnitogorsk State Technical University». Phone: 8(3519)29-85-25. E-mail: nml76@mail.ru

Mezin Igor Jurevich - Prof., Dr. Sc., Nosov Magnitogorsk State Technical University. Phone: 8(3519)29-84-31. E-mail: meziniy1@mail.ru.

Melikhova Natalia Veniaminovna – senior laboratory assistant of standardization, certification and food technology department, FSEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: +7-902-861-15-15. E-mail: hnv-77@mail.ru.

Moller Aleksandr Borisovich - doc. of technical sciences, professor of "Metal forming" department at the State Educational Institution of Higher Professional Education "Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov", cell phone: 8 (904) 810-96-29, e-mail: moller@hotmail.ru

Osipov Dmitriy Sergeevich – Candidate of Engineering Sciences, associate professor TSSA Nosov Magnitogorsk State Technical University. tel.+79028677227, e-mail: dmitry_osipov@mail.ru

Parsunkin Boris Nikolayevich – doctor of technical sciences, professor, department of au-

tomated control systems, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: pksu035@gmail.com, phone. 8(3519)29-85-58.

Pesin Aleksandr Moiseevich – D. Sc., professor, Metal Forming chair, Nosov Magnitogorsk State Technical University. Tel.: +73519063056, email: pesin@bk.ru.

Petrov Igor Mikhailovich – senior lecturer of metallurgy and standardization department, branch FSEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov» in Beloretsk. Phone: +7-927-334-1494. E-mail: petrov.mgtu@gmail.com.

Polukhina Ekaterina Ilinichna – student economist 5 year, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: tgobuhova@gmail.com, phone. +7(3519)29-85-58.

Polyakova Marina Andreevna – the associate professor, candidate of science (technology), associate professor of Mechanical and Metallurgical Process Engineering Department, FSBEI HPE «Nosov Magnitogorsk state technical university». 38 Lenin Avenue, Magnitogorsk, 455000 Russia. Tel.: (3519) 29-84-81; E-mail: m.polyakova-64@mail.ru.

Pihtunova Svetlana Viktorovna – assistant professor, master of science, chair of mechanical engineering and metallurgical technologies Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Nosov Magnitogorsk State Technical University», e-mail: pio@magtu.ru

Rakhimov Sergey Nikolayevich – post-graduate student, FSEI HPE « G.I. Nosov Magnitogorsk State Technical University». Phone: 8(3519)29-85-25.

Sarancha Sergey Yur'evich - postgraduate of “Metal forming” department at the State Educational Institution of Higher Professional Education “Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov”, cell phone: 8 (961) 578-72-02, e-mail: science.mgn@gmail.com

Sukhonosova Tatyana Gennadyevna – the teacher, department of automated control systems, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: tgobuhova@gmail.com, phone +7(3519)29-85-58.

Kharitonov Veniamin Aleksandrovich – candidate of science, professor, professor of machinebuilding and metallurgical department, FSEI HPE «Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov». Phone: +7-902-865-8994. E-mail: hva-46@yandex.ru.

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «КАЧЕСТВО В ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ»

1. Рекомендуемый объем статьи – не более 8 страниц компьютерного набора в формате А4, **без нумерации страниц.**

Текст статьи, сведения об авторах, список литературы, аннотация, ключевые слова представляются в соответствии с требованиями к работам, направляемым в центральную печать, в виде файла, созданного средствами Microsoft Word, версией не выше 2007, и распечаткой на стандартных листах бумаги формата А4.

2. При наборе статьи **рекомендуются следующие установки:**

- шрифт – Times New Roman, размер основного текста 14 пт; межстрочный интервал - одинарный; абзацный отступ (красная строка) – 10 мм; перенос слов - автоматический.

Разметка страницы:

деление на колонки - не предусмотрено;

поля: верхнее, нижнее, левое, правое – 20 мм.

Формулы набираются в редакторе формул MS Equation и размещаются внутри текста. Каждая строка формулы – отдельным объектом. Основной размер в формулах – 14 со стандартными установками. В формулах также как в текстовом редакторе латинские символы набираются курсивом; цифры, греческие и русские символы, математические функции (sin, ln и т.п.) – прямого начертания.

В тексте статьи обязательны ссылки на все рисунки и таблицы. Ссылка на рисунки по тексту - (рис. 1); на таблицу – (табл. 1).

Рисунки должны быть четкими, предоставлять возможность однозначного прочтения всех размещенных элементов. Рисунки должны быть вставлены в текст в пределах его границ, допускать возможность их перемещения в тексте и возможность изменения размеров. Рисунки предоставлять в виде распечатки на стандартных листах бумаги формата А4 и дополнительно отдельным файлом в формате TIF, JPG с разрешением 300 dpi. В тексте статьи должны быть подрисовочные надписи в местах размещения рисунков. Например:

Рис. 1. Опытный болт крепления головки цилиндра

Таблицы должны быть пронумерованы и иметь названия. Пример оформления – Таблица 1 (в правый край листа). На следующей строке название таблицы (по центру).

3. К каждой статье прилагаются:

- **экспертное заключение, при наличии авторов сторонних организаций – разрешение на публикацию в открытой печати от руководства их предприятия на бланке с печатью;**

- **рецензия;**

- **сведения об авторах** (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, звание и должность, полное название учреждения, контактный телефон и адрес электронной почты каждого автора (всю информацию об авторе перечислить в одном абзаце).

- **аннотация** (на русском и английском языках) должна содержать актуальность, постановку проблемы и пути решения проблемы), количество слов – 50-100;

- **ключевые слова** (на русском и английском языках);

- **список литературы** (на русском и английском языках) оформляется по ГОСТ 7.1.

- **В начале статьи, на отдельной строке указывается код УДК**

Пример оформления статьи:

УДК...

Иванов М.В.,

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет»

[пустая строка]

ВЫБОР ФУНКЦИЙ ПОРИСТОСТИ И РАСЧЕТ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ

[пустая строка]

Текст статьи

Внимание! Публикация статей является бесплатной.

Статьи проходят обязательное научное рецензирование.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не отвечающие указанным требованиям.

По вопросам публикации статей обращаться: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Тел.: (3519) 29-84-31

E-mail: tssa@magtu.ru