

# ВЕСТНИК

Магнитогорского государственного  
технического университета им. Г. И. Носова

№ 2 (18) июнь 2007 г.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ, а также в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по рекомендации экспертных советов по разработке месторождений твердых полезных ископаемых, металлургии и металловедению. Электронные версии журнала размещаются на сетевом ресурсе Научной Электронной Библиотеки в сети Интернет.

Издается с марта 2003 года

**Редакционная коллегия:**

**Главный редактор:**

*Б.А. Никифоров* – проф., д-р техн. наук.

**Заместители:**

*В.М. Колокольцев* – проф., д-р техн. наук;

*Г.С. Гун* – проф., д-р техн. наук;

*М.В. Чукин* – проф., д-р техн. наук

(отв. редактор).

**Члены редколлегии:**

*В.А. Бигеев* – проф., д-р техн. наук;

*С.Е. Гавришев* – проф., д-р техн. наук;

*В.Н. Калмыков* – проф., д-р техн. наук;

*С.И. Платов* – проф., д-р техн. наук;

*М.В. Шубина* – доц., канд. техн. наук;

*В.М. Салганик* – проф., д-р техн. наук;

*М.А. Полякова* – доц., канд. техн. наук.

© ГОУ ВПО «МГТУ», 2007

Подписку можно оформить по общему каталогу изданий органов научно-технической информации «Почта России», подписной индекс журнала 73849 – для предприятий, 73856 – для индивидуальных подписчиков, либо приобрести непосредственно в редакции.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС11-1157 от 18 апреля 2007 г.

**Адрес редакции:**

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Тел.: (3519) 29-85-17

Факс (3519) 23-57-60

E-mail: [mgtu@mgtu.ru](mailto:mgtu@mgtu.ru); [nis@mgtu.ru](mailto:nis@mgtu.ru)

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

Отпечатан на полиграфическом участке МГТУ.

Подписано к печати 18.06.2007

Заказ 410. Тираж 500 экз. Цена свободная.



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Стратегия развития металлургических предприятий .....</b>	<b>3</b>
<i>Рашиников В.Ф., Сеничев Г.С., Бодяев Ю.А.</i>	
Стратегия инновационного развития ОАО ММК .....	3
<i>Сеничев Г.С., Шмаков В.И., Виер И.В., Квасов Д.В., Салганик В.М., Песин А.М., Жлудов В.В.</i>	
Систематизация параметров материального потока, определяющих приоритетность металлопродукции при наличии «узких мест» .....	6
<i>Никифоров Б.А., Матруев А.Л., Колокольцев В.М.</i>	
Интеграция образования, науки и производства .....	8
<b>Разработка полезных ископаемых .....</b>	<b>13</b>
<i>Гладских В.И., Гром С.В., Пермяков А.Б., Хасанов Н.И.</i>	
Железорудная база ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» .....	13
<b>Обогащение полезных ископаемых .....</b>	<b>17</b>
<i>Гладских В.И., Хасанов Н.И., Лёкин В.П., Барбул О.А., Коротков В.И., Цыгалов М.А.</i>	
Производство стабилизированного агломерата на аглофабрике № 3 ОАО «ММК» .....	17
<i>Егоров В.Н., Анисимов А.В., Тарасов Н.А., Мельников И.И., Посохов М.Ю., Загайнов В.С.</i>	
О кондиционировании угольной шихты для коксования .....	18
<b>Металлургия черных, цветных и редких металлов. 25</b>	
<i>Тахаутдинов Р.С., Ушаков С.Н., Горосткин С.В., Масальский Т.С., Богатов М.А., Алексеев В.Л.</i>	
Использование аргона в промежуточном ковше .....	25
<i>Бодяев Ю.А., Захаров И.М., Чигасов Д.Н., Ушаков С.Н., Мецеров С.В., Косарев М.В.</i>	
Совершенствование технологии выплавки и внепечной обработки стали в ККЦ с вводом в эксплуатацию установки электродугового нагрева .....	27
<i>Сарычев А.В., Великий А.Б., Павлов В.В., Валиахметов А.Х., Казятин К.В., Лукьянова Ю.В.</i>	
Опыт освоения производства низкокремнистых марок стали в электросталеплавильном цехе ОАО «ММК» .....	30
<i>Дьяченко В.Ф., Юречко Д.В., Великий А.Б., Желнин Ю.М., Алексеев А.Г., Казаков А.С.</i>	
Ввод в эксплуатацию новой слябовой МНЛЗ № 5 с вертикальным участком в электросталеплавильном цехе ОАО «ММК» .....	32
<b>Обработка металлов давлением.....</b>	<b>35</b>
<i>Шаргунов А.В., Гориков С.Н., Денисов С.В., Титов А.В., Казаков О.В., Костюнин В.Г.</i>	
Изменение механических свойств проката в процессе правки в АПР-2 ЛПЦ-4 ОАО «ММК» .....	35
<i>Салганик В.М., Коляда Т.В., Брусьянина А.И.</i>	
Анализ факторов, влияющих на возникновение дефектов поверхности холоднокатаного металла .....	37
<i>Гориков С.Н., Денисов С.В., Шаргунов А.В., Титов А.В., Посажеников Г.Н., Галкин В.В.</i>	
Разработка и освоение технологии производства на стане 2500 г.п. проката из стали марки 20 по ГОСТ 4041-71 и ТС 14-101-791-2004 .....	42
<i>Куницын Г.А., Голубчик Э.М., Смирнов П.Н.</i>	
Особенности производства холоднокатаной ленты из горячекатаного подката многократной ширины .....	46
<i>Носов А.Д., Корчунов А.Г., Андреев В.В., Лебедев В.Н., Семенов В.Е., Слабожанкин Е.А.</i>	
Моделирование режимов волочения калиброванной стали .....	49
<b>Теория и технологии формирования покрытий.....</b>	<b>52</b>
<i>Иванова Л.С., Белякова В.И., Корнилов В.Л., Божевалев В.Ю., Капцан Ф.В.</i>	
Опыт применения установки ИМПОК-1Б в линии агрегата непрерывного горячего цинкования цеха покрытий ОАО «ММК» .....	52
<b>Надежность и долговечность металлургического оборудования.....</b>	<b>55</b>
<i>Бахметьев В.В., Колокольцев В.М., Савинов А.С., Лимарев П.С.</i>	
Расчет энергосиловых параметров установки для испытания металлов и сплавов на ударно-абразивный износ .....	55
<i>Дьяченко В.Ф., Жиркин Ю.В., Платов С.И., Мироненков Е.И.</i>	
Повышение ресурса подшипниковых узлов рабочих валков стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» .....	59
<i>Чумачков А.М., Платов С.И., Мироненков Е.И.</i>	
Анализ свойств пластичных смазочных материалов и рекомендации по их использованию в подшипниковых опорах механизмов скиповых лебедок доменного цеха ОАО «ММК» .....	61
<b>Энергетика металлургии, энергоснабжение и электротехнические комплексы.....</b>	<b>65</b>
<i>Журавлев Ю.П., Корнилов Г.П., Карандаев А.С.</i>	
Исследование гармонического состава напряжения и тока на шинах 10 кВ широкополосного стана горячей прокатки .....	65
<b>Экономика, управление и рынок продукции.....</b>	<b>69</b>
<i>Морозов А.А., Ускова Е.С.</i>	
Страхование как элемент комплексной системы управления рисками ОАО «ММК» .....	69
<i>Каплан Д.С., Девятов Д.Х.</i>	
Решение ряда задач оперативного управления и планирования в корпоративной информационной системе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» .....	74
<i>Буряков М.В., Бушманова М.В., Поликарпова М.Г.</i>	
Анализ потенциального развития металлургических комплексов (МК) в мире в рамках осуществления интеграционной политики .....	79
<i>Корнилов В.Л., Залетова Е.Д., Яковлева Е.Б., Иванова Л.С.</i>	
Внедрение статистического управления процессами (SPC) в ОАО «ММК» .....	85
<b>Экология металлургической отрасли .....</b>	<b>88</b>
<i>Гладских В.И., Сузов А.И.</i>	
Мониторинг экологической безопасности шламохранилища № 2 горно-обогатительного производства ОАО «ММК» .....	88
<i>Дробный О.Ф., Ровнейко В.В., Черчинцев В.Д., Валеев В.Х., Сомова Ю.В.</i>	
Исследование и оценка возможности уменьшения выбросов оксидов азота от котельных установок ОАО «ММК» .....	91
<b>Транспорт .....</b>	<b>93</b>
<i>Крупнов А.М., Грязнов М.В.</i>	
Поиск резервов производительности труда ремонтного персонала ЦРГА ООО «Автотранспортное управление» .....	93
<b>Сведения об авторах .....</b>	<b>95</b>

# СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

УДК 658.5

В.Ф. Рашников, Г.С. Сеничев, Ю.А. Бодяев

## СТРАТЕГИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОАО ММК

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» в соответствии с программой технического развития реализует масштабную долгосрочную инвестиционную программу, которая предусматривает обновление производственных фондов. Многие проекты, входящие в программу, носят инновационный характер и направлены на внедрение новых технологий по всем переделам, освоение выпуска новых видов продукции, увеличение доли высокопроизводительных видов проката, обеспечение высокого качества выпускаемой продукции, снижение себестоимости производства, сокращение объема выброса загрязняющих веществ, внедрение энерго-сберегающих технологий.

Затраты на реализацию программы технического развития и обновление основных фондов за период 1996–2006 гг. составили более 2,5 млрд долл. США. С 2002 по 2006 г. инвестиции в объекты реконструкции и нового строительства возросли с 200 до 570 млн долл. в год. Инвестиции были направлены в основном на создание современных технологических комплексов по производству электростали и сортового проката.

С 1 марта 2006 г. в числе производственных подразделений комбината появился электросталеплавильный цех (ЭСПЦ), созданный на базе бывшего мартеновского цеха. В его состав входят две новейшие электродуговые печи производства австрийской фирмы «Voest-Alpine AG» суммарной мощностью 4 млн т жидкой стали в год, из которых планируется разливать 2 млн т на сортовых МНЛЗ и 2 млн т – на машине непрерывного литья слябов. Сортовые МНЛЗ № 1, 2, агрегат ковш-печь по контракту с этой же фирмой были введены в эксплуатацию в 2004 г. В течение 2006 г., кроме электропечей, введены в эксплуатацию слябовая МНЛЗ № 5 мощностью 2 млн т в год (производства ООО «Уралмаш – металлургическое оборудование»), агрегат ковш-печь, агрегат доводки стали, системы водоснабжения, водоподготовки и электроснабжения.

Реконструкция сталеплавильного производства позволит существенно ослабить техногенную

нагрузку на окружающую среду и сократить количество вредных выбросов примерно на 3 тыс. т в год. Комплекс мероприятий по реорганизации сталеплавильного производства обеспечит:

- увеличение объемов производства жидкой стали (более 14,5 млн т в год на полное развитие);
- внепечную обработку всего металла на агрегатах доводки стали;
- высокое качество заготовки для сортопрокатных станов;
- непрерывную разливку всей производимой стали;
- расширение марочного сортамента выплавляемых сталей.

Другим приоритетным направлением в ОАО «ММК» является реконструкция сортопрокатного производства. Современный комплекс по производству проката объемом до 2 млн т включает три новых сортовых стана, поставленных по контракту с фирмой «Danieli» (Италия). Первые два стана были введены в эксплуатацию в 2005 г. Сортовой стан 450 мощностью до 800 тыс. т в год предназначен для прокатки уголка, швеллера, круга в прутках, шестигранника. Мелкосортный стан 370 рассчитан на выпуск до 600 тыс. т продукции в год, включая круг, арматурный прутки, шестигранник, уголок.

Ввод в эксплуатацию сортовых МНЛЗ в 2004 г. и пуск в 2005 г. сортовых станов позволили сократить расход стали на прокат по комбинату в целом на 13 кг/т.

С мая 2006 г. началась эксплуатация третьего стана 170 проектной годовой производительностью 750 тыс. т катанки и термоупрочненной арматуры малых диаметров.

В соответствии с программой перспективного развития производства холоднокатаной листовой стали в ОАО «ММК» завершена реконструкция цеха холодной прокатки и цеха покрытий. В 2002 г. введен в эксплуатацию двухклетевой реверсивный стан холодной прокатки 1700 фирмы «SMS Demag AG» (Германия). Стан оснащён все-

ми современными системами, необходимыми для получения высококачественной продукции, в том числе автомобильного листа первой группы отделки поверхности для лицевых деталей автомобиля. В 2002 г. также был введён в действие агрегат непрерывного горячего цинкования, изготовленный по контракту с фирмой «Danieli». Автоматизированные системы агрегата обеспечивают производство оцинкованного листа для стройиндустрии и тонкого оцинкованного авто листа на уровне мировых стандартов.

Дальнейшим этапом развития производства листовой продукции высокой степени готовности стал ввод в действие в 2004 г. агрегата полимерных покрытий фирмы «Voest-Alpine AG» с освоением нового вида продукции – проката с полимерным покрытием. В 2004 г. были внедрены новые технологии в цехе холодной прокатки № 5 – турбулентное солянокислотное травление на непрерывно-травильном агрегате итальянской фирмы «Techint» и отжиг в атмосфере водорода в колпаковых печах фирмы «Ebher» (Австрия). Это позволило не только увеличить объём товарной холоднокатаной продукции ЛПЦ-5, но и вывести из эксплуатации физически и морально устаревшие травильные агрегаты в цехе жести.

В 2004 г. была освоена новая технология производства жести из подкат двойной ширины. Для её реализации у фирмы «Techint» был закуплен агрегат для продольного роспуска шириной 1500–1850 мм в рулонах массой до 35 т на две полосы шириной 730–910 мм. Освоение новой технологии позволило более рационально использовать стан 2000 горячей прокатки и повысить его производительность на 400 тыс.т.

В июне 2006 г. заключен контракт с фирмой «Techint» на поставку оборудования для установки системы мокрой дрессировки на дрессировочном стане 2500 ЛПЦ № 5. При дрессировке металла первой группы отделки поверхности на рабочих валках, текстурированных на установке электроэрозионной насечки «Sarclad», образуется недопустимый дефект «отпечатки грязи», что снижает выход годного; при этом нередко нарушаются сроки поставки продукции потребителям. Для исключения дефекта на насеченные и текстурированные рабочие валки подаётся моющая жидкость.

Параллельно с реконструкцией основного технологического производства на комбинате проводится модернизация энергетического оборудования. В 2005 г. в паросиловом цехе введены в строй два турбогенератора модульного типа производства компании «Siemens», что позволило получить дополнительно 14,8 МВт электрической мощности за счёт утилизации низкопотен-

циального пара, вырабатываемого кислородно-конвертерным цехом. Реализация этого проекта позволила увеличить выработку собственной электроэнергии в ОАО «ММК» до 620 МВт, снизить потребление покупной электроэнергии.

В целом реализация инвестиционной программы ОАО «ММК» за период 1996–2006 гг. позволила:

- внедрить в производство современные высокотехнологичные комплексы;
- увеличить производство основных видов продукции;
- улучшить структуру товарной продукции в сторону выпуска продукции более глубокой переработки за счёт увеличения производства плоского проката и изделий 4-го передела;
- освоить выпуск новых высокорентабельных видов проката, повысить качество металлопродукции по точности химического состава, физико-механическим характеристикам, профилируемым и отделке поверхности;
- увеличить выработку собственной электроэнергии;
- сократить объём вредных выбросов и вывести из эксплуатации экологически неблагоприятные мощности.

ОАО «ММК» не снижает темпы реализации программы технического развития. Инвестиционной программой комбината на период 2006–2010 гг. предусмотрены капиталовложения на сумму более 2,2 млрд долл. В 2006 г. освоены не менее масштабные капитальные вложения, чем в 2005 г., в том числе:

- в горно-обогатительном производстве по контракту с фирмой «Voest-Alpine AG» реализован проект по строительству установки стабилизации агломерата;
- в доменном производстве установлены бесконусные загрузочные устройства производства «Paul Wurth» (Люксембург) на доменных печах № 1, 4;
- в прокатном производстве введён в эксплуатацию агрегат продольного роспуска № 9 в ЛПЦ-5 производства фирмы «Fimi» (Италия) мощностью 360 т/год.

Это позволило достичь запланированного увеличения объёма производства металлопроката, снизить удельные расходы кокса, металла на прокат, а также расширить сортамент продукции.

В ближайшей перспективе в ОАО «ММК» продолжится начатая в 2004 г. реконструкция прокатного производства в направлении увеличения мощности станов 2000 и 2500 горячей прокатки и

организации производства горячекатаного металла в толстых листах и рулонах для трубной промышленности (класса прочности X70 и выше), а также для нужд котло-, мосто- и судостроения. В 2006 г. в ЛПЦ-10 начаты строительство 4-й нагревательной печи по контракту с фирмой «Stein Heurtey» (Франция) и реконструкция стана 2000 горячей прокатки по контракту с НКМЗ (Украина), подписаны контракты на строительство агрегата непрерывного горячего цинкования с фирмой «Danieli» и на строительство нового толстолистового стана горячей прокатки 5000 с фирмой SMS Demag. Планируются инвестиции в строительство новой коксовой батареи, печи для производства извести, установок пылеугольного топлива, реконструкцию доменных печей, энергетические и экологические проекты.

Реализация программ технического развития неразрывно связана как с научными разработками, исследованиями, проводимыми специалистами комбината, так и договорными НИОКР, проводимыми научно-исследовательскими организациями и вузами по заказу ОАО «ММК». Выбор приоритетов научных исследований и формирование портфеля НИОКР на год определяются в соответствии с целями долгосрочной программы технического развития ОАО «ММК». Тематика НИОКР направлена на достижение стратегических целей с учётом актуальных проблем, возникающих в процессе производства.

Поддержка в проведении НИОКР и использовании результатов научно-технической деятельности со стороны ОАО «ММК» способствует выпуску конкурентоспособной продукции. В то же вре-

мя внебюджетная научно-производственная деятельность является одним из важнейших факторов сохранения и развития государственных вузов. Ежегодные затраты ОАО «ММК» на НИОКР составляют до 0,05% суммы выручки от реализации металлопродукции. Для современного металлургического предприятия, по отчётам иностранных компаний, это минимально допустимый уровень затрат на НИОКР.

Однако инновационная деятельность связана не только с финансированием НИОКР. Существенным фактором для ОАО «ММК» является внедрение результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в производство с целью продвижения технологий и продукции комбината на отечественные и зарубежные рынки и сохранения конкурентоспособности компании. В **таблице** представлены результаты внедрения НИОКР за период с 2001 по 2006 гг., шт. (%), по состоянию на 01.02.2007 г.

На основании заказов на НИОКР, поступивших от подразделений ОАО «ММК», и предложений научно-исследовательских организаций сформирована программа проведения договорных НИОКР на 2007 г.

В ОАО «ММК» уделяется серьёзное внимание вопросам интеллектуальной собственности. Эффективное управление интеллектуальной собственностью, включающее правовое обеспечение деятельности по созданию и использованию объектов интеллектуальной собственности, формирование портфеля прав компании на объекты интеллектуальной собственности являются одним из условий обеспечения конкурентоспособности и экономической безопасности компании. Деятельность компании направлена на соблюдение её прав и интересов как патенто-обладателя интеллектуальной собственности, в том числе и создаваемой в результате проведения НИОКР.

ОАО «ММК» обеспечивает создание экономических и организационных условий для изобретательского творчества, эффективного использования изобретений, рационализаторских предложений и других видов интеллектуальной собственности, защиту прав и интересов изобретателей и рационализаторов. Успехи компании в этом направлении подтверждаются экономическим эффектом от внедрения в производство изобретений, полезных моделей и рационализаторских предложений, который в 2006 г. составил 1138,6 млн руб.

В 2006 г. ОАО «ММК» стало обладателем Гран-при «Золотой Архимед» на IX Между-

### Результаты внедрения НИОКР

Годы	2001–2002	2003	2004	2005	2006
Заклучено договоров, всего	61 (100)	42(100)	56(100)	63(100)	109/100
В том числе: закончено работ по договору	57(93)	40 (95)	50(89)	56(89)	79/72
прекращено действие договора (договор расторгнут, срок действия истёк)	4 (7)	2(5)	4(7)	0(0)	1/0,9
не закончено работ по договору (срок действия договора не истёк)	–	–	2(4)	7(11)	30/27,5
Внедрено законченных работ	39 (68)	30(75)	30(60)	29 (52)	28/35,4
Работы, находящиеся в стадии внедрения			2(4)	10(18)	40/50,6

народном московском салоне промышленной собственности «Архимед-2006». Эта высшая награда известна в инновационном сообществе всего мира; её лауреатами за период с 2000 по 2005 годы становились крупнейшие промышленные и научно-производственные компании мира. Комбинат уже в третий раз участвовал в таком мероприятии. Кроме того, в 2006 г. за представленные разработки на VI Международном салоне инноваций и инвестиций (г. Москва, февраль) ОАО «ММК» стало обладателем одной золотой и двух серебряных медалей, на 34-м Женевском салоне изобретений, новой техники и товаров (г. Женева, апрель) – одной бронзовой медали; на XI-й Международной выставке-конгрессе «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (г. Санкт-Петербург, сентябрь) – большой золотой медали; на 58-й Международной выставке изобретений «IENA-2006» (г. Нюрнберг, ноябрь) – одной золотой и двух бронзовых медалей; на «Металл – Экспо 2006» (г. Москва, ноябрь) – двух золотых и двух серебряных медалей.

Инновационный путь развития для ОАО «ММК» означает, что каждое новшество, разрабатываемое на любой стадии производства специалистами комбината или в сотрудничестве с научно-исследовательскими организациями, ведущими инжиниринговыми и машиностроительными фирмами, может быть использовано в ОАО «ММК» для накопления, продажи или внедрения в производство (новая технология, новый вид продукции и др.), т.е. переведено в форму инновации.

Дальнейшее техническое развитие ОАО «ММК» неразрывно связано с активизацией инновационной деятельности. Рассматриваемые сегодня перспективные варианты использования новых современных технологий и оборудования (бездоменные процессы производства сырья, переработка шламов, окалины, непрерывные совмещённые металлургические процессы с использованием литейно-прокатных агрегатов, агрегатов прокатки и покрытий) уже завтра станут для комбината реальностью.

УДК 658

Г.С. Сеничев, В.И. Шмаков, И.В. Виер, Д.В. Квасов, В.М. Салганик, А.М. Песин, В.В. Жлудов

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПРИОРИТЕТНОСТЬ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ «УЗКИХ МЕСТ»

На протяжении ряда лет группа ученых МГТУ им. Г.И.Носова и специалистов ОАО «ММК» проводят научно-практические исследования по оптимизации структуры товарного выпуска металлопродукции с использованием теории ограничений и маржинального анализа [1, 2].

Полученные в ходе работ теоретические и практические результаты подтверждают эффективность используемой методологии и дают основание для дальнейшего совершенствования методов и инструментов производственного планирования с учетом ограничений материального потока [3, 4].

Накопленный теоретический и практический опыт позволил систематизировать подходы к оптимизации структуры материального потока продукции в условиях наличия «узких мест» в зависимости от степени охвата параметров данного потока.

В контексте данной статьи под материальным потоком продукции понимается выпускаемые предприятием за выбранный период времени объемы готовых изделий и полуфабрикатов собственного производства, необходимых для обеспечения товарного выпуска.

В качестве ключевых параметров рассматриваемого материального потока для целей оптимального управления его объемом и структурой целесообразно выделить следующие четыре:

1. *Вид продукции*, определяющий качественные характеристики (например, физические и химические свойства) единицы материального потока: готового изделия или полуфабриката. Для рулонного металлопроката, в частности, основными качественными характеристиками являются толщина и ширина полосы, марка стали, класс отделки поверхности и другие параметры.

2. *Характеристики (тип) заказа*, описывающие специфические (или дополнительные) свойства продукции под заказ конкретного потребителя. В зависимости от типа заказа и условий конкретного договора могут различаться отдельные свойства металлопродукции и условия ее поставки, что находит отражение в отпускной цене. В условиях ОАО «ММК» цена на одни и те же виды металлопроката может различаться между заказами.

3. *Версия технологического маршрута*, определяющая последовательность задействованных

в производстве конкретных видов товарной продукции цехов, участков и агрегатов. Так, в условиях ОАО «ММК» для производства металлопродукции в цехах холодной прокатки ЛПЦ-3, ЛПЦ-5, ЛПЦ-7, ЛПЦ-8 используется горячекатаный подкат, изготовленный в одном из цехов горячей прокатки предприятия. В результате, например, один и тот же вид холоднокатаного листа ЛПЦ-5 может быть произведен по одному из двух технологических маршрутов: через стан 2000 горячей прокатки (при производстве из подката ЛПЦ-10) или через стан 2500 горячей прокатки (при производстве из подката ЛПЦ-4).

4. *Вариант формулы изделия*, описывающий дерево материалов и полуфабрикатов, из которых производится конкретный вид товарной металлопродукции с отражением их качественных характеристик и коэффициентов расхода на 1 тонну проката конкретного вида. В частности, для производства холоднокатаной ленты ЛПЦ-8 используется подкат из ЛПЦ-10 в диапазоне толщин от 2 до 6 мм и ширины от 750 до 1750 мм. Как следствие, возникает несколько вариантов формул холоднокатаной ленты: лента толщиной 1 мм и шириной 500 мм может быть получена из подката ЛПЦ-10 толщиной 3 мм и шириной 1700 мм или из подката толщиной 2,5 мм и шириной 1100 мм, или из подката с другими размерами. При этом и производительности стана 2000 ЛПЦ-10, и производительности оборудования ЛПЦ-8, а также их загрузка будут различными в зависимости от вариантов, используемых при производстве данной ленты формул.

Рассмотренные параметры материального потока оказывают влияние на приоритетность конкретного вида металлопродукции в условиях наличия «узкого места» (см. таблицу).

С учетом вышеизложенного разработанную ранее модель оптимизации структуры матери-

ального потока продукции при наличии «узких мест» производственной системы (в частности, в условиях ограниченных мощностей [3]) можно представить парой следующих выражений:

1. Критерий оптимальности структуры материального потока – суммарная маргинальная прибыль от товарного выпуска в плановом периоде:

$$МП_{ТВ} = \sum_{k=1}^f \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{z=1}^l q_{ijkz} (C_{ik} - ПЗ_{ijz}), \quad (1)$$

где  $q_{ijkz}$  – планируемый объем выпуска  $i$ -й позиции товарной продукции по  $k$ -му заказу по  $j$ -му технологическому маршруту с использованием  $z$ -й формулы, т;  $C_{ik}$  – отпускная цена единицы продукции  $i$ -го вида по  $k$ -му заказу без НДС, руб.;  $ПЗ_{ijz}$  – средняя величина условно-переменных затрат на единицу  $i$ -й позиции продукции, производимой по  $j$ -му маршруту с использованием  $z$ -й формулы;  $n$  – количество видов товарной продукции;  $m$  – количество вариантов технологических маршрутов производства изделий;  $l$  – количество вариантов формул товарной продукции;  $f$  – количество заказов на металлопродукцию.

2. Показатель приоритетности – маргинальный доход в час работы агрегата–«узкого места»:

$$МД_{ijkz}^{VM} = МД_{ijkz} \cdot Пр_{ijz}^{VM} = (C_{ijk} - ПЗ_{ijz}) \cdot Пр_{ijz}^{VM}, \quad (2)$$

где  $МД_{ijkz}$  – маргинальный доход на единицу  $i$ -го изделия по  $k$ -му заказу, соответствующий  $j$ -му технологическому маршруту с использованием  $z$ -й формулы, руб.;  $Пр_{ijz}^{VM}$  – часовая производительность агрегата – «узкого места» при изготовлении  $i$ -го изделия по  $j$ -му маршруту с использованием  $z$ -й формулы, т/ч.

Использование предложенных показателей дает возможность в зависимости от поставленной цели осуществлять оптимальное планирование объема и структуры материального потока с учетом различного числа параметров – от одного до четырех:

- 1) укрупнено – по видам продукции;
- 2) по заказам в разбивке по видам продукции;
- 3) по заказам и/или видам продукции с учетом имеющихся версий технологических маршрутов (альтернативных маршрутов);
- 4) по заказам и/или видам продукции с учетом имеющихся версий маршрутов и вариантов формул продукции.

#### Анализ влияния параметров материального потока на загрузку оборудования и приоритетность металлопродукции

Наименование параметра материального потока продукции	Загрузка агрегатов, наличие «узких мест»	Факторы приоритетности металлопродукции		
		Отпускная цена	Затраты на производство (прямые переменные)	Производительность «узкого места»
Объем и структура спроса (выпуска) продукции	+	+	-	-
Характеристики металлопродукции	+	+	+	+
Свойства заказа	-	+	-	-
Версия маршрута	+	-	+	-
Вариант формулы	+	-	+	+

Примечание: +/- параметр влияет/не оказывает влияния на загрузку или конкретный фактор приоритетности.

В зависимости от выбранного направления представленные выше общие формулы (1) и (2) корректируются для охвата требуемого числа учитываемых параметров материального потока продукции.

Таким образом, выполненная систематизация

параметров материального потока и разработанная их комплексная модель являются мощными системными инструментами для формирования оптимальных планов производства металлопродукции в условиях наличия ограничений материального потока.

#### **Библиографический список**

1. Салганик В.М., Песин А.М., Жлудов В.В. Новые экономические оценки и анализ производства на основе теории ограничений // Производство проката. 2004. № 6. С. 41–45.
2. Сеничев Г.С., Песин А.М., Жлудов В.В. Концепция планирования, основанная на выявлении и эффективном использовании ограничивающих факторов // Экономика и менеджмент: проблемы и перспективы: Сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: 2005. С. 442–449.
3. Реализация концепции производственного планирования на основе эффективного использования ограничений / Сеничев Г.С., Салганик В.М., Шмаков В.И. и др. М.: Экономика, 2006. 212 с.
4. Computer implementation of a New Production Optimization Planning Model in the Framework of a Corporate Information System / Senichev G.S., Shmakov V.I., Salganik V.M., Pesin A.M. // The Business Review. Cambridge. Summer 2006. Vol.5. № 2. P. 344–350.

УДК 378.014:001.2

Б.А. Никифоров, А.Л. Матруев, В.М. Колокольцев

## **ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА**

Проводимая в настоящее время реформа образования в основном касается системы школьного и высшего и совершенно необоснованно не затрагивает системы начального и среднеспециального профессионального образования. В то же время уровень подготовки рабочих кадров в этих заведениях в настоящее время не соответствует требованиям, предъявляемым работодателями – предприятиями с современными технологиями и оборудованием. Действующее федеральное законодательство содержит отдельные положения, которые могут быть истолкованы как нормы, дающие право работодателям на участие в разработке нормативных актов, связанных с подготовкой и обеспечением качества квалифицированных кадров. Однако такие нормы не конкретны и необеспечены механизмами реализации. В настоящее время в федеральном законе «О внесении изменений в законодательные акты РФ» (в части представления права представителям объединений работодателей участвовать в государственном прогнозировании и мониторинге рынка труда) предусмотрено широкое представительство работодателей в системе подготовки, аттестации, контроля качества и прогнозирования потребности квалифицированных кадров.

Некоторые университеты, в том числе и МГТУ им. Г.И. Носова, пошли несколько дальше по этому пути. В университете работа по подготовке высококвалифицированных кадров поставлена таким образом, что в ней непосредственное участие принимают инженерно-технические и

руководящие работники предприятий и учреждений – потребителей кадров. На протяжении вот уже более 15 лет в МГТУ им. Г.И. Носова совместно с ведущими предприятиями региона, в первую очередь с ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», на базе Государственных образовательных стандартов разрабатываются и совершенствуются профессиональные образовательные программы, формулируются задания на курсовые, дипломные и исследовательские проекты. Ведущие специалисты предприятий и учреждений читают лекции, руководят дипломным проектированием, проводят другие виды занятий со студентами, являются председателями и членами Государственных аттестационных комиссий и диссертационных советов, привлекаются для работы с аспирантами. В свою очередь, работники предприятий повышают свою квалификацию на краткосрочных курсах, получают дополнительное образование, под руководством преподавателей университета готовят и защищают диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора наук. Кроме того, в университете имеется многолетняя практика целевой подготовки специалистов за счет средств предприятий-заказчиков, где студентам преподаются дисциплины тех отраслей знаний, которые не предусмотрены Государственным образовательным стандартом, но будут востребованы при его дальнейшей профессиональной деятельности на конкретном производ-

стве. Все это способствует гарантированному трудоустройству выпускников МГТУ, более 80% которых работают по специальности.

Опыт работы университета с ведущими предприятиями Челябинской, Свердловской областей и Республики Башкортостан показывает, что в этих регионах назревает острая проблема нехватки высококвалифицированных рабочих кадров с основами инженерных знаний, которые не в состоянии готовить теперешние ПТУ и лицей, и инженерно-технических работников. Поэтому необходимо реформировать систему профессионального образования, особенно ее начального и среднеспециального уровня. По нашему мнению, *подготовку кадров целесообразно сконцентрировать исключительно в научно-образовательных центрах (университетских комплексах)*, состоящих из финансово- и хозяйственно самостоятельных структурных подразделений: профильных школ (лицеев), колледжей (техникумов), университета, института повышения квалификации, научно-исследовательских центров, инновационных технопарков, но имеющих общую научно-методическую и лабораторную основу, систему управления и контроля качества. В состав колледжей необходимо ввести профессиональные училища с их учебно-производственной базой. При этом создается общая учебно-методическая и научно-исследовательская система непрерывной подготовки квалифицированных кадров, в которой непосредственное участие принимают как образовательные учреждения, так и работодатели через участие в учебном процессе, разработке и согласовании сквозных образовательных программ, системы менеджмента качества образования, в мониторинге рынка труда, потребности в кадрах и их трудоустройства, представлении баз учебно-производственных практик.

В этом случае исключается нестыковка образовательных программ различного уровня, появляется возможность их взаимной интеграции. Выпускник техникума, имеющий стаж работы и рекомендации с предприятия сможет осваивать программу высшего профессионального образования не за 5 лет (очной формы) или 6 лет (очно-заочной и заочной форм), а за более короткий срок (в 3 и 4 года соответственно). Такую возможность дает и законодательство РФ. В свою очередь, студенты университета будут иметь доступ к материально-технической базе училищ и техникумов и уже на первых курсах параллельно с программой высшего образования осваивать родственную рабочую специальность.

Предлагаемая нами концепция системы профессионального образования, структурная схема которой приведена на рисунке, отличается своей непрерывностью и многоуровневостью и позволяет сформировать индивидуальный вектор профессионального роста личности, возможности

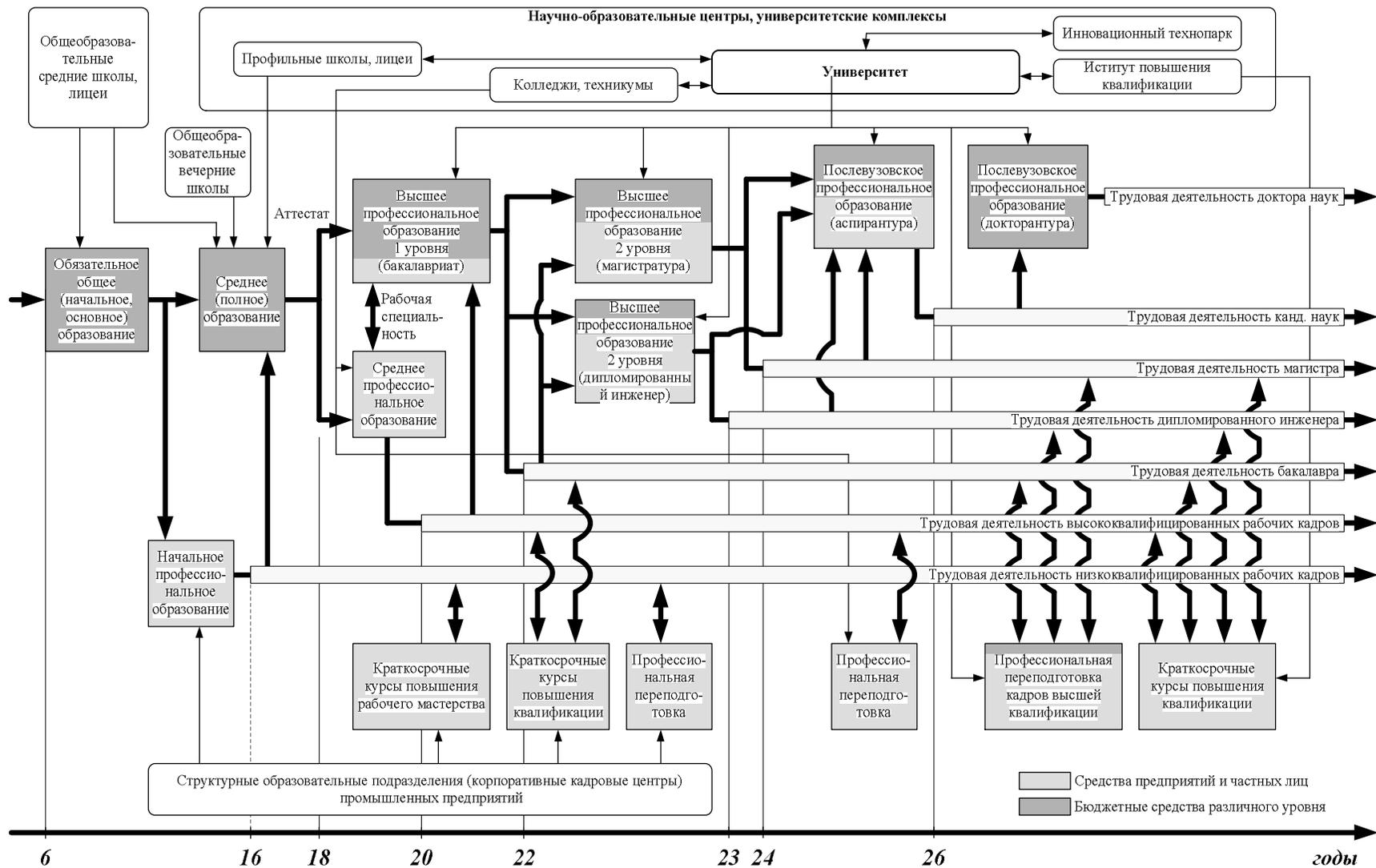
трудоустройства на любом этапе профессиональной подготовки.

Профессиональную подготовку подразумевается осуществлять по следующей схеме. Молодые люди могут начать получать профессиональное образование уже по окончании 9-ти классов средней школы и получения обязательного общего (начального, основного) образования. В этом возрасте они могут пройти подготовку на базе корпоративных кадровых центров предприятий (см. **рисунок**), получить минимально необходимую квалификацию и уже через 1 год начать свою трудовую деятельность. Получение же более высокой квалификации требует наличие среднего (полного) образования, которое в большинстве случаев может быть получено в общеобразовательных средних школах, а также профильных школах и лицеях (входящих в состав научно-образовательного центра) и в вечерних школах без отрыва от производства.

Молодой человек в возрасте 18 лет, получивший аттестат о полном среднем образовании, имеет возможность выбора пути своего дальнейшего профессионального развития. Он может сориентироваться на последовательное получение среднего, затем высшего профессионального образования или сразу поступить на 1 курс бакалавриата. Таким образом, первым этапом профессионального образования является подготовка высококвалифицированных рабочих кадров, часть из которых может продолжить свое образование на втором этапе для получения сначала 1-го, а затем и возможно 2-го уровня высшего профессионального образования. Нормативный срок обучения бакалавра – 4 года с обязательной подготовкой и защитой квалификационной работы. По завершении 1 уровня молодой человек в возрасте от 22 лет снова имеет возможность выбора – сразу пройти обучение на 2 уровне высшего профессионального образования либо пойти работать на предприятие (в учреждение).

2-й уровень высшего профессионального образования – подготовка инженеров по специальности (еще 1,5 года), либо магистров по направлению (еще 2 года). На этом уровне могут обучаться специалисты с начальным высшим образованием. По федеральному закону «О внесении изменений в закон РФ «Об образовании» и федеральному закону «О высшем послевузовском профессиональном образовании» бакалавр может продолжить обучение только в магистратуре. *Целесообразнее же после бакалавриата предусмотреть возможность обучения либо на инженера, либо на магистра.* Обучение на этих уровнях также должно заканчиваться соответствующими квалификационными работами. Третий этап – послевузовское образование с подготовкой кандидатов и докторов наук.

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ



На протяжении всей своей трудовой деятельности работник имеет возможность получить дополнительное образование на курсах повышения квалификации и рабочего мастерства, организуемых как самими предприятиями, так и институтом повышения квалификации, входящим в университетский комплекс. Кроме того, он может пройти профессиональную переподготовку либо повысить свой образовательный уровень как с отрывом от трудовой деятельности, так и без него. Это и есть реализация принципа «Образование через всю жизнь».

На каждый из рассматриваемых уровней образования лица, направленные с предприятий, зачисляются вне конкурса по итогам собеседования. Для этого университетом выделяются целевые места по специальностям в количестве, согласованном с предприятиями и Главой города. Соответствующая правовая норма закреплена в законах РФ «Об образовании» и «О высшем и послевузовском образовании».

Принцип «Образование через науку и производство» в университете реализован через введение в стандартные учебные планы специальностей «нестандартных» дисциплин, способствующих формированию у будущих выпускников научного мышления на протяжении всего периода обучения. В частности, на первых двух курсах студент изучает основы патентоведения, историю науки, историю специальности и введение в специальность, основы научных исследований. На последующих курсах – основы инженерного творчества, основы эксперимента, основы охраны и защиты интеллектуальной собственности, натурное и компьютерное моделирование и др. Начиная с 3-го курса студенты непосредственно участвуют в выполнении индивидуальной курсовой научно-исследовательской работы (НИР), которая, как правило, является частью либо хоздоговорной НИР, либо НИР по гранту, либо НИР в рамках научного направления кафедры и т.п. Нередко студенты самостоятельно формулируют тему НИР, ориентированную на конкретное внедрение ее результатов. Итогом НИР студентов является выпускная дипломная научно-исследовательская работа, которая защищается перед государственной аттестационной комиссией, в состав которой входят ведущие специалисты предприятий-работодателей. Успешная реализация собственного «Я» в науке обусловлена тем, что студент работает в мощном творческом коллективе под руководством маститого профессора, в составе которого ведущие доценты, аспиранты, студенты, ведущие специалисты и ученые предприятий и различных организаций – исследовательских, научных, внедренческих и т.п. Наиболее талантливые выпуск-

ники по рекомендации выпускающих кафедр и руководителей творческих коллективов могут продолжить научную работу в аспирантуре.

Для большей эффективности реализации принципа «Образование через науку и производство» в университете создан инновационно-технологический центр (ИТЦ). В структуре ИТЦ функционируют 45 лабораторий и подразделений. Основные из них: Вузовско-академическая лаборатория металлургических технологий УрО РАН, Международный союз производителей металлургического оборудования «Металлургмаш», Научный центр МГТУ–Danieli (Италия), Региональный научно-производственный комплекс строительных технологий (Башкортостан), Центр математических методов анализа и прогнозирования экономических, технологических и социальных процессов, Экологический центр, Центр металлургической и материаловедческой экспертизы, Центр горных технологий и транспорта, Центр камня, Лаборатория надежности и долговечности зданий и сооружений, Консалтинговый центр и др. В 2006 г. введен в действие новый специализированный корпус ИТЦ общей площадью 600 м<sup>2</sup>, на территории которого будут размещены и уже размещаются 14 научно-исследовательских и производственных лабораторий. При этом израсходовано более 10 млн руб. собственных средств.

Для подготовки кадров высшей квалификации в научно-образовательном центре предусмотрены аспирантура и докторантура. Аспирантами могут стать только лица, имеющие дипломы инженера и магистра, докторантами – лица, имеющие степень кандидата наук. Срок обучения в аспирантуре и докторантуре – до 3-х лет.

В рамках научно-образовательного центра проводятся фундаментальные, научно-исследовательские, опытно-конструкторские и другие исследования инновационного характера с ориентацией на конкретные внедрения. В этих работах принимают участие наиболее талантливые студенты всех уровней подготовки, преподавательский и научный персонал центра, ведущие специалисты и ученые предприятий. Направления исследований определяются научно-техническим советом центра, в состав которого входят ведущие ученые университета, ученые и специалисты предприятий. Финансирование исследований осуществляется как за счет бюджетов различного уровня, так и за счет средств предприятий, использующих результаты проведенных работ.

Активному внедрению научных разработок в производство способствует Технопарк, входящий в структуру научно-образовательного центра. Инновационный Технопарк МГТУ создан в марте 2006 г. совместно с промышленными

предприятиями города при поддержке администрации г. Магнитогорска и Челябинской области. Приоритетными направлениями научно-производственной деятельности Технопарка признаны: применение наукоемких технологий в металлургии и машиностроении; новые материалы и химические технологии; экология и рациональное природопользование; глубокая переработка ресурсов; энергетика и энергосбережение. Указанные направления деятельности Технопарка соответствуют приоритетам научного и экономического развития Уральского региона.

Технопарк в составе единой структуры научно-образовательного центра призван содействовать созданию профессионально-ориентированной научно-производственно-образовательной среды, обеспечивающей все стадии продвижения инновационной разработки от инновационной идеи до промышленного внедрения и коммерциализации нового продукта, техники и технологии.

Концептуально Технопарк занимает свое логичное место в системе инновационного непрерывного профессионального образования и в структуре научно-образовательного центра рассматривается как школа инновационного бизнеса. Привлечение студентов и молодых специалистов различных специальностей к инновационной деятельности во всех сферах ее проявления обеспечивает единство «обладатель инновационной разработки – технологический менеджер – специалист по маркетингу», способствует в оптимальные сроки довести инновационное предложение до рынка, т.е. выполнить трансферт технологий.

Кроме того, на основе внедрения инновационных разработок Технопарк будет способствовать созданию новых рабочих мест как во вновь образуемых малых инновационных предприятиях, выпускающих наукоемкую продукцию, так и на уже действующих средних и крупных предприятиях, в частности в ОАО «ММК», за счет внедрения новых технологий и производств, расширяющих спектр выпускаемой продукции и оказываемых услуг и создания в непосредственной близости от крупных предприятий сети наукоемких сервисных производств (фирм), занимающихся выпуском импортзамещающего мелкосерийного и нестандартного оборудования, материалов и иной продукции. На этих предприятиях могут работать выпускники всех уровней и форм обучения научно-образовательного центра (университетского комплекса). По итогам областного конкурса Технопарк МГТУ занял 1-е место и получил 5 млн руб. для своего развития.

Инновационная эффективность образовательных услуг будет обеспечиваться единой научно-

образовательной средой, общими материально-технической базой, социальной сферой, высококвалифицированными кадрами вузов и многими источниками финансирования (федеральное, региональное, муниципальное, средства работодателей и самих обучающихся). Преподаватели колледжей (техникумов и училищ) получают возможность постоянного повышения своей квалификации. При этом общая социальная сфера также будет способствовать повышению качества в подготовке кадров через развитую систему медицинского обеспечения (поликлиника, профилактории), страхования, организации отдыха на собственных базах и др. Создание единой научно-технической и патентной библиотеки с организацией электронного доступа к ее фондам позволит существенно повысить доступность к источникам информации при получении образования на всех уровнях.

Таким образом, инновационными составляющими предлагаемой концепции системы профессионального образования являются:

- подготовка кадров с начальным, среднеспециальным, высшим профессиональным образованием (по двухступенчатой системе бакалавр-магистр, бакалавр-инженер), кадров высшей квалификации (докторов и кандидатов наук) в едином научно-образовательном центре по согласованным между собой образовательным программам, которые разрабатываются совместно с работодателями, проходят у них экспертизу и утверждаются;

- создание общей учебно-методической, материально-технической, социально-культурно-бытовой базы и общего профессорско-преподавательского коллектива, в котором непосредственно работают ученые и ведущие специалисты предприятий-работодателей;

- формирование у выпускников научно-образовательного центра инновационного мышления, умения создавать инновационные технологии и разработки и интеллектуальную собственность;

- высокий гарантированный процент трудоустройства выпускников по специальности, что обеспечивается согласованием контрольных цифр приема учащихся по видам обучения с предприятиями-работодателями, их быстрая адаптация на производстве (устранение периода переучивания к конкретному месту работы);

- высокое качество подготовки и переподготовки специалистов, которое обеспечивается непосредственным участием работодателей в учебном процессе;

- реализация принципов «Образование через науку и производство» и «Образование через всю жизнь».

## РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК. 622.271

В.И. Гладских, С.В. Гром, А.Б. Пермяков, Н.И. Хасанов

### ЖЕЛЕЗОРУДНАЯ БАЗА ОАО «МАГНИТОГОРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

Важное место в деятельности ОАО "ММК" по обеспечению потребности металлургического передела в подготовленном железорудном сырье занимает горно-обогатительное производство. 23% железорудного сырья, используемого для производства агломерата, – это руда, добываемая рудником, и отходы металлургического производства, которые перерабатываются и утилизируются цехами горно-обогатительного производства. Рудник осуществляет открытую добычу железорудного сырья. Он включает следующие основные железорудные месторождения:

- «Гора Магнитная» (в настоящее время разработка закончена);
- «Малый Куйбас»;
- «Подотвальное».

Месторождение «Малый Куйбас» приурочено к северному контакту гранитной интрузии с породами осадочно-эффузивной толщи палеозоя. Последняя сложена диабазовыми и плагиоклазовыми порфиритами с прослойками туфов, туфобрекчий и редкими линзами известняков. Указанные породы вблизи с гранитами превращены в скарны и роговики, образуя рудоносную зону, имеющую северо-восточное простирание с падением на запад под углом 60–90°. Рудные тела имеют различные размеры и очень сложное внутреннее строение. Внутри рудных тел имеются включения безрудных и слаборуденелых пород мощностью от долей метра до 10 и более метров.

Объемная масса пород и руд колеблется от 1,4 до 4,3 т/м<sup>3</sup>. Коэффициент крепости по шкале профессора Протодьяконова изменяется от 1 до 20.

По предварительным оценкам результатов разведки было высказано предположение о возможности увеличения запасов руд в месторождении за счет оруденелой зоны нижерасположенных горизонтов и за пределами проектного контура.

Предположения геологов геологоразведочной партии оказались оправданы. Собран фактический материал, подтверждающий существование

рудных залежей, пригодных для промышленной разработки открытым и подземным способами.

В первый год эксплуатации рудника на полную производительность (1973 г.) добыли 8911 тыс. т горной массы, в 1974 г. – 12465 тыс. т, в 1975 г. – 13967 тыс. т.

Состояние балансовых запасов месторождения «Малый Куйбас» на 01.04.1975 г. по оценкам геологоразведочной партии ОАО «ММК» представлены в табл. 1.

Кроме того, к балансовым отнесены залежи валунчатых руд в контурах открытых работ в количестве 13664 тыс. т категории С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>. Всего запасы месторождения составили 88,468 млн т руд.

Новые рудные тела геологами подсечены на более глубоких горизонтах и, частично, за пределами первоначального проектного контура карьера. Поэтому потребовались корректировка и разнос проектных контуров карьера.

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) расширения действующего рудника выполнил институт «Уралгипроруда» (г. Свердловск). В декабре 1977 г. институт предоставил для рассмотрения ТЭО в составе трех возможных вариантов расширения рудника «Малый Куйбас» (рис. 1). Варианты отличались только в части, касающейся развития транспорта карьера:

**Вариант I** – с применением железнодорожного и автомобильного транспорта.

Таблица 1

Балансовые запасы месторождения «Малый Куйбас»

Категория	Типы руд	Запасы, тыс. т	
		Открытый способ добычи	Подземный способ добычи
С <sub>1</sub>	Окисленные	–	145
С <sub>1</sub> +С <sub>2</sub>	Окисленные	2463	–
С <sub>1</sub> +С <sub>2</sub>	Магнетитовые	41836	20615
С <sub>1</sub> +С <sub>2</sub>	Титаномагнетитовые	–	9745
ИТОГО		44299	30505

**Вариант II** – с применением автомобильного транспорта.

**Вариант III** – с применением автомобильного транспорта и подъемника.

В 1980 г. утверждено ТЭО реконструкции и расширения карьера «Малый Куйбас» по Варианту III с годовой производительностью по руде основного карьера 1,7 млн т сырой руды и валунчатых руд 1,5 млн т.

С утверждением нового проекта отработки месторождения «Малый Куйбас» возникла проблема с добычей и переработкой запасов валунчатых руд, которые рассредоточены в отдельных небольших залежах – 12 обособленных залежей с общим запасом 13,6 млн т, расположенных кольцом вокруг проявления коренных руд. В первом проекте 1971 г. эти образования не связаны с горными работами в основном карьере и могли быть отработаны самостоятельными карьерами. Теперь же большая часть залежей валунчатых руд охватывалась новым контуром и подлежала отработке. Валунчатые руды относятся к труднопромывистым и подвергаются обогащению на Промывочно-обогажительной фабрике № 1 (ПОФ-1) ОАО «ММК».

В 1983 г. из недр месторождения «Малый Куйбас» добыто 27,3 млн т руды. Это количество по первому проекту предполагалось добыть к 1994 г. (21 год отработки). По оценке геолого-маркшейдерской службы Рудника в недрах на тот период оставалось еще около 8,0 млн т руд, первоначально учитываемых как забалансовые, но фактически оказавшихся вполне пригодными для промышленного использования. В связи с разномом бортов карьера по первому проекту института «Гипроруда» (1983 г.) эти руды были добыты.

По проекту института «Гипроруда» карьер

**Производственная мощность карьера «Малый Куйбас» по годам**

Периоды гг.	Горная масса, тыс. т	Сырая руда, тыс. т	Коэффициент вскрыши, т/т
1973–1983	12157	2487	3,88
1984–1999	11607	1721	5,74
2000–2006	16075	1614	8,95

будет доработан к 2008 г. при годовой производительности 1,7 млн т руды.

В 1999 г. институтом «Гипроруда» выполнен проект «Реконструкция карьера месторождения «Малый Куйбас» с увеличением производственной мощности, который предусматривал углубление карьера до горизонта 190 м. После проведения доразведки месторождения государственная комиссия по запасам переутвердила запасы железных руд для открытого способа разработки: магнетитовые руды категории С<sub>1</sub> – 29573 тыс. т, категории С<sub>2</sub> – 4665 тыс. т, мармитовые руды категории С<sub>1</sub> – 2859 тыс. т, титаномагнетитовые руды категории С<sub>1</sub> – 253 тыс. т, категории С<sub>2</sub> – 595 тыс. т.

Таким образом, за период эксплуатации месторождения «Малый Куйбас» можно выделить три этапа развития:

**Этап I** – пуск карьера – 1972 г.

**Этап II** – реконструкция карьера с увеличением производительности по руде до 1,7 млн т в год – 1983 г.

**Этап III** – реконструкция карьера с его углубкой до горизонта 190 м – 1999 г.

В табл. 2 представлена динамика производственной мощности карьера за все этапы его развития.

В 2006 г. на карьере достигнут уровень добычи горной массы 20242 тыс. т при коэффициенте вскрыши 4,2 м<sup>3</sup>/т. Несмотря на достигнутый существенный прирост среднегодовой добычи горной массы в последние годы (+32,2%), выход сырой руды пропорционально не увеличился. Это связано с увеличением коэффициента вскрыши в 2,2 раза (рис. 2).

По состоянию на 01.01.2007 г. ожидаемые балансовые запасы железных руд составляют 35349 тыс. т. В настоя-



**Рис. 1. Панорама карьера «Малый Куйбас»**

Таблица 3

Балансовые запасы месторождения  
«Подотвальное»

Типы руд	Категория запасов	Запасы руды в недрах, тыс. т	Среднее содержание, %		
			Железо	Сера	Фосфор
Окисленные	C <sub>1</sub>	542,4	46,5	0,042	0,039
	C <sub>2</sub>	32,2	39,2	0,069	0,055
Магнетитовые	C <sub>1</sub>	6115,4	39,6	0,205	0,041
	C <sub>2</sub>	952,4	35,1	0,148	0,036
ИТОГО	C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	7642,4	39,5	0,185	0,040

Таблица 4

Забалансовые запасы месторождения  
«Подотвальное»

Типы руд	Категория запасов	Запасы руды в недрах, тыс. т	Среднее содержание, %		
			Железо	Сера	Фосфор
Окисленные	C <sub>1</sub>	13,8	33,5	0,057	0,022
	C <sub>2</sub>	74,6	34,3	0,041	0,045
Магнетитовые	C <sub>1</sub>	1018,6	35,8	0,110	0,018
	C <sub>2</sub>	2434,5	39,0	0,078	0,043
ИТОГО	C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	3541,5	37,4	0,087	0,036

щее время геологоразведочная партия ОАО «ММК» ведет доразведку месторождения.

После пуска в 1973 г. в эксплуатацию карьера «Малый Куйбас» за 25 лет из недр этого месторождения добыто 49 549 тыс. т железных руд.

В 1998 г. при рассмотрении планов обеспечения ОАО «ММК» железорудным сырьем был поставлен вопрос о привлечении в эксплуатацию еще одного разведанного месторождения железных руд, расположенного в непосредственной близости от карьера «Гора Дальняя». Месторождение названо «Подотвальное» в связи с расположением рудных залежей под толщей отвалов пустых пород (мощностью до 45 м), вывезенных из карьера «Гора Дальняя».

Месторождение «Подотвальное» открыто в 1967 г. при проведении поисковых работ в районе магнитной аномалии в южной части Магнитогорского поля специалистами геологоразведочной партии и геологами Рудника горно-обогатительного производства ОАО «ММК».

Месторождение относится к скарно-магнетитовому образованию, расположено в узком тектоническом блоке, ограниченном центральным разломом на западе и сбросом горы Маяк на востоке и приурочено к экзоконтакту куполообразного гранитного массива.

Рудоскарновая зона сложена в разной степени метаморфизованными породами. Типы руд и пород аналогичны месторождению горы «Магнитной». Большая часть руды месторождения представлена магнетитами. Из всех разведанных запасов на долю магнетитовых руд приходится 96,2%.

Рудные тела представлены пластообразными и

линзообразными залежами, частыми чередованиями богатых и бедных руд с безрудными метасоматитами.

Ширина блока 700–1000 м, протяженность в меридиальном направлении 2,2 км. На юге блок ограничивается северным окончанием восточной залежи Магнитогорского месторождения, на севере протягивается до Куйбасовского гранитного массива.

Месторождение относится к группе очень сложного геологического строения со средними и мелкими телами полезных ископаемых.

При рассмотрении предложений геологоразведочной партии об утверждении обнаруженных запасов месторождения «Подотвальное» территориальной комиссией по запасам полезных ископаемых при комитете природных ресурсов по Челябинской области (ТКЗ) отмечено:

- отработка месторождения предполагается карьером до гор. +200 м;
- в предполагаемый контур карьера вовлекаются 70% разведанных запасов;
- коэффициент вскрыши 14,9 т/т.

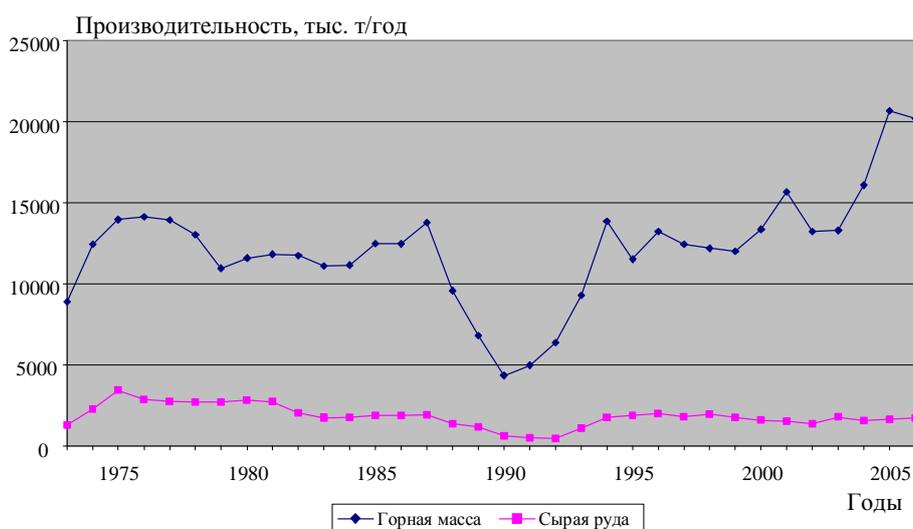


Рис. 2. График отработки месторождения «Малый Куйбас» с начала эксплуатации

Балансовые запасы железных руд месторождения по состоянию на 01.01.2000 г. в контуре проектируемого карьера приведены в **табл. 3**.

Запасы магнетитовых и окисленных руд за контуром проектного карьера представлены в **табл. 4**.

Для разработки приемлемого, экономически обоснованного решения вскрытия нового месторождения был привлечен Екатеринбургский профильный институт «Уралгипроруда», который представил на рассмотрение два способа разработки месторождения:

- подземный способ. Вскрытие выполняется двумя вертикальными клетьевыми стволами в районе станции «Отвальная» или двумя рельсовыми уклонами, расположенными в районе станции «Рудная»;
- открытый способ. Карьер с производительностью 750 тыс. т сырой руды в год. Срок отработки месторождения карьером – 14 лет.

Техническим советом Аглодоменного комплекса ОАО «ММК» 27 апреля 1999 г. принят вариант отработки месторождения традиционным для горняков ММК способом – открытым.

Вскрытие месторождения по локальному проекту началось с удаления с поверхности оконтуренной рудной залежи техногенных наслоений отвала рыхлых пустых пород. Перемещение пород отвала с гор. 460–420 м производится без применения буровзрывных работ – только экскавация и автомобильная откатка автомашинами БелАЗ-7548. Зона скальных пород месторождения (гор. 420–200 м) разрабатывается с применением буровзрывных работ и также с экскавацией взорванной массы и автомобильной откаткой пустой породы во внутренние отвалы карьера «Гора Дальняя» и руды на промежуточный перегрузочный склад с погрузкой в железнодорожный транспорт. При этом скальные и рыхлые пустые породы складированы раздельно.

Высота вскрышных и добычных уступов – 10 м, ширина рабочей площадки – 30–35 м,

в предельном положении уступы страиваются. Отрабатывается карьер до отметки +290 м спиральными съездами, до отметки 200 м – петлевыми. Руководящий уклон – 80%.

Всего за пять лет от начала работ (март 2001 г.) по сооружению рудника месторождения «Подотвальное» добыто горной массы 53278 тыс. т, в том числе железной руды – 1416 тыс. т.

В 2007 г. горные работы намечается продвигать в направлении расположения основных рудных залежей месторождения.

Вопрос обеспечения ОАО «ММК» железорудным сырьем в настоящее время решается только за счет привлечения привозного сырья, подготовленного для металлургического передела (агломерация, выплавка чугуна).

Руководством ОАО «ММК» проведена большая работа по поиску и реализации путей стабилизации поступающего железорудного потока. И как результат, в декабре 2006 г. получена лицензия на эксплуатацию Приоскольского железорудного месторождения в Белгородской области России. Запасы месторождения оцениваются в 2,1 млрд т неокисленных кварцитов (пригодных для магнитного обогащения) и 45,2 млн т богатых руд. На месторождении предполагается построить горно-обогатительный комбинат (собственность ОАО «ММК») с производственной мощностью 8,0 млн т подготовленного железорудного сырья. Это половина потребности комбината на достигнутый в 2006 г. уровень производства стали.

Однако строительство и ввод нового горно-обогатительного комбината на проектную мощность может занять около 10 лет. Поэтому снабжение комбината сырьем продолжается по отработанной в последнее время схеме с постепенным сокращением приобретением руд у сторонних поставщиков. В пределах Магнитогорского железорудного района в ближайшие годы может продолжаться добыча руды общей мощностью на уровне 2,0 млн т сырой руды в год.

## ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.765

В.И. Гладских, Н.И. Хасанов, В.П. Лёкин, О.А. Барбул, В.И. Коротков, М.А. Цыгалов

### ПРОИЗВОДСТВО СТАБИЛИЗИРОВАННОГО АГЛОМЕРАТА НА АГЛОФАБРИКЕ № 3 ОАО «ММК»

В рамках комплексной программы развития ММК в декабре 2006 г. на аглофабрике № 3 горно-обогащительного производства ОАО «ММК» запущен узел стабилизации агломерата. Новое оборудование производства компании Voest-Alpine (VAI) позволяет получать агломерат самого высокого качества. Это, в свою очередь, обеспечит стабильную работу доменного цеха, переходящего на использование бесконусных загрузочных устройств. До строительства узла стабилизации годовое производство агломерата составляло 3,3 млн т/год. Агломерат с агломашин, проходя последовательно через дробилку и стационарный грохот, загружался в хоппера, доставляющие агломерат в бункера доменного цеха (см. рисунок). Температура загружаемого в хоппера агломерата составляла 800°C, количество мелочи фракции 5–0 мм – 11–12%.

С внедрением узла стабилизации температура загружаемого в хоппера агломерата ожидалась не более 100°C, а содержание мелочи фракции 5–0 мм в агломерате после грохотов на аглофабрике не более 5%.

За 2007 г. планируется произвести 2,92 млн т готового холодного агломерата.

Технология производства готового агломерата претерпела значительные изменения, а именно: с агломашин агломерационный спек с температурой до 800°C через валковую дробилку выгружается на пластинчатый (металлический сборный)

конвейер, с пластинчатого конвейера аглоспек перегружается в кольцевой охладитель; охлажденный агломерат ленточным конвейером подается в перегрузочный узел, затем ленточными конвейерами (один рабочий, один резервный) – в корпус рассева, где рассеивается на годный, охлажденный, стабилизированный агломерат, поступающий в узел погрузки агломерата, и подрешетный продукт (возврат), поступающий в бункера шихтовых отделений аглофабрик. Производительность пластинчатого конвейера составляет 750 т/ч.

Аглоспек охлаждается в кольцевом охладителе с эффективной площадью охлаждения 360 м<sup>2</sup>. Диаметр вращающейся части кольцевого охладителя составляет 30 м по центру кольца. Ширина кольца – 4,5 м.

Интенсивное охлаждение загруженного аглоспека осуществляется воздухом, который нагнетается в кольцевой канал двумя вентиляторами производительностью по 270 м<sup>3</sup>/с каждый.

Охлажденный аглоспек разгрохачивается на вибрационных грохотах фирмы «ШЕНК». В отделении грохочения установлено два грохота – рабочий и резервный. Производительность каждого виброгрохота – 650 т/ч. Грохочение выполняется по классу 5–0 мм. Содержание мелочи класса 5–0 мм в готовом агломерате после операции грохочения должно составлять не более 5%.

Стабилизация агломерата по крупности достигается за счет:

- дробления горячего аглоспека на одновалковых дробилках с щелью 150 мм;
- интенсивного охлаждения горячего аглоспека холодным (атмосферным) воздухом (стоит отметить, что при этом происходит растрескивание кусков агломерата по границам увеличенной напряженности в застывшем расплаве);
- перегрузок при транспортировке ленточными конвейерами, где происходит дополнительное разрушение агломерата;
- грохочения на виброгрохоте.



Доменному цеху отгружается агломерат с существенно ограниченной возможностью вторичного образования мелочи.

Возврат, отсеянный на виброгрохоте, конвейерами подается в буферный бункер перед конвейером № 83 цикла возврата аглофабрики, откуда питателем вместе с просыпью из коллекторов агломашин, пылью батарейных циклонов и пылью из системы аспирации узла стабилизации аглофабрики № 3 направляется в бункера шихтового отделения.

Для локализации и удаления агломерационной пыли предусмотрена комплексная система аспирационных воздуховодов по всем точкам пылеобразования и отсос запыленного воздуха для очистки в электрофильтре. Очищенный воздух через трубу выбрасывается в атмосферу. Производительность вентилятора аспирационной установки – 504 м<sup>3</sup>/ч.

Для оценки качества готового агломерата установлен пробоотборник на конвейерах отгрузки агломерата. Кроме того, оборудован контрольный участок, позволяющий оперативно и представительно контролировать гранулометрический состав агломерата, производить разделку проб для определения химического состава. Достигнутые к настоящему моменту показатели ра-

**Показатели работы аглофабрики № 3 ОАО «ММК» до и после реконструкции**

Параметры	До реконструкции	Текущие показатели
Производительность, т/ч	105,93	93,12
Содержание класса 5–0 мм, %	10,2	7,4
Ровность по содержанию железа, %	90,2	91,3
Ровность по основности, %	89,4	91,1
Температура агломерата, °С	800	100–120

боты узла стабилизации представлены в **таблице**.

В январе месяце после пуска узла стабилизации весь агломерат с а/ф № 3 отправлялся на доменные печи № 1, 2. Остаток агломерата отдавался на доменную печь № 9. Прирост производства по доменной печи № 1 составил 62 т/сут и на доменной печи № 2 – 184 т/сут. Снижение расхода кокса по доменной печи № 2 составило 3,8 кг/т. Снижение выноса пыли по доменной печи № 2 составило 12,1 кг/т, по доменной печи № 1 – 2 кг/т. Это наиболее стабильно работающие на тот момент времени печи, что позволяет сделать вывод о высокой эффективности использования холодного стабилизированного агломерата.

В настоящий момент времени весь агломерат аглофабрики № 3 подается на печи № 4, 6.

УДК 662.741.3.022

В.Н. Егоров, А.В. Анисимов, Н.А. Тарасов, И.И. Мельников, М.Ю. Посохов, В.С. Загайнов

**О КОНДИЦИОНИРОВАНИИ УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ**

На 4-м Европейском конгрессе металлургов и коксохимиков, проходившем во Франции (Париж) в 2000 году, была представлена концепция мирового развития доменного и коксового производства на рубеже веков. Прогнозируется, что на основе потребности мирового рынка производство чугуна повысится с 500 млн т в 1999 г. до 675 млн т в 2010 году, а производство металлургического кокса для этих нужд возрастет соответственно с 260 до 285 млн т в год.

По материалам «Европейского саммита по коксу 2006» (Германия, Дюссельдорф, апрель 2006 г.) за последние 15 лет производство чугуна увеличилось с 500 до 785 млн т в год, а соотношение кокс/чугун сократилось с 0,72 до 0,60 в 1995 и 2005 гг. соответственно [1]. Ожидают, что рост мирового производства стали также будет продолжаться. При этом доля доменно-конверторного производства составляет 65,3%, электросталепла-

вильного – 31,8%, а технологическая цепочка «коксовое производство – доменная печь – кислородный конвертер» продолжает доминировать в производстве сырой стали [1].

В соответствии с этим процессы бескоксового производства: Midrex, Corex, D 105, Ромелт и др. в первой половине 21 века не смогут составить серьезную конкуренцию доменному процессу, который постоянно совершенствуется и имеет ещё достаточно большой потенциал для совершенствования в будущем.

В связи с проведением комплекса мероприятий по повышению эффективности доменного производства, главным из которых было снижение потребления доменного кокса, современный доменный процесс претерпел существенные изменения. В первую очередь, это значительное увеличение восстановителей, вдуваемых через фурмы, и повышение температуры дутья. Это

позволило перераспределить часть функции кокса как теплоносителя, но привело к следующим последствиям:

- возник переизбыток тепла в верхней зоне доменной печи;
- в связи с уменьшением количества доменного кокса возросли требования к его качеству как разрыхлителя и теплоносителя, так и науглероживающего агента в нижней части доменной печи.

Новые исследования фирмы «Thyssen Krupp Stahl AG» с мечеными атомами показали значительное увеличение времени пребывания кокса в доменной печи по сравнению с традиционным доменным процессом (см. **рисунок**). Сегодня стратегия развития практически всех доменных производств предполагает движение в этом направлении. Очевидно, что такое изменение не может не сказаться на требуемых свойствах кокса, которые определяются следующим:

- сохранением его основных функций в нижней части доменной печи после того, как он преодолел «перегретую» верхнюю часть печи и будет находиться в домне более длительное время, что в конечном итоге должно быть обусловлено его пониженной реакционной способностью;
- для снижения температуры плавления окислов железа с 1535 до 950–1100°C кокс должен обладать повышенной науглероживающей способностью, компенсирующей снижение его общего количества;
- в связи с тем, что размеры кокса, достигающего нижней зоны доменной печи, изменяются на 25–75% в зависимости от его прочности и реакционной способности, требуется строгое регламентирование содержания менее прочных фракций кокса, загружаемого в доменную печь.

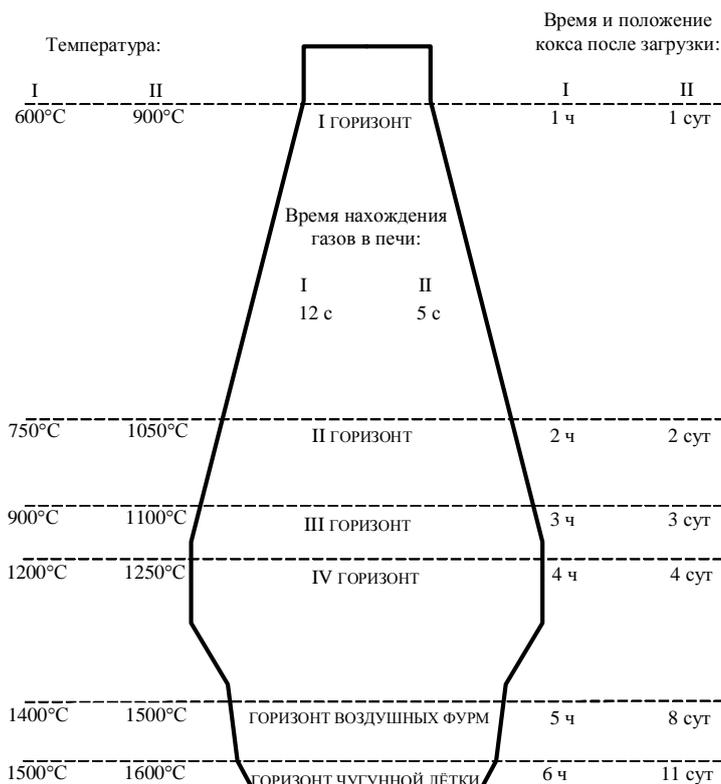
Следует отметить, что сегодня эти требования уже не являются теоретическими, а активно формируют современный рынок и ценовую политику на доменный кокс [2, 3].

Качественные показатели доменного кокса CRI – реакционная способность должна быть менее 30%, CSR – послереакционная прочность – более 61%, что является необходимым условием его замещения в доменном процессе. В связи с этим для обеспечения современных показателей доменного процесса необходимо совершенствовать технологию коксового производства с целью

получения доменного кокса с повышенными показателями высокотемпературных свойств и, в частности, показателем науглероживания и индексом реакционной способности кокса CSR.

Для формирования анизотропной структуры кокса большое значение имеют количество и качество пластической массы, образующейся при нагреве шихты. Последнее определяется вязкостью пластической массы, временем её пребывания в пластическом состоянии, температурным интервалом между максимальной пластичностью и затвердеванием пластической массы и др.

А это, в свою очередь, определяется степенью метаморфизма угля ( $R_{0,n}$ ), содержанием витринита (Vt), генетическими особенностями витринита (степень восстановления) и типами его ассоциаций с другими микрокомпонентами, а также характером распределения микрокомпонентов в угле. Эти характеристики угля и шихты в значительной степени и определяют особенности формирования анизотропной и пористой структуры кокса, его прочностных и реакционноспособных свойств. Поэтому целенаправленное решение проблемы улучшения качества кокса по показателям CSR и CRI требует более детального исследования



**Режим движения кокса в доменной печи:**

I – традиционный процесс, расход кокса более 500 кг/т чугуна; II – новый процесс, печь № 1, завод Швельгерн, расход кокса менее 300 кг/т чугуна

Таблица 1

Состав и качество производственной шихты 1 и 2 блоков ЗАО «РМК»

Период времени 2006 г.	Состав шихты, %												Качество шихты, %										
	Абашевская	Кузнецкая	Чертинская	Распадская	Беловская	Печорская	р. Каа-Хемский	Сибирь	Анжерская	Восточная	Нерюн-гринская	Нефте-коксы	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	V <sup>d</sup>	Y, мм	R <sub>0,n</sub>	V <sub>t</sub>	σ <sub>R</sub>	σ <sub>ск</sub>	3-0
Первый блок																							
6, май	3,4	6,2	1,6	34,3	0,0	5,6	1,9	20,0	19,6	0,0	6,0	1,4	7,9	8,7	0,53	29,6	27,0	15,0	1,05	67,2	0,251	17,5	77
22, май	0,0	2,4	0,0	33,4	4,1	9,8	4,4	23,6	13,9	0,0	8,0	0,4	7,9	9,3	0,50	29,8	27,0	16,0	1,05	67,4	0,226	16,2	79
25, май	3,9	2,4	0,0	27,3	9,8	7,4	3,2	19,2	17,3	0,0	8,0	1,5	8,1	8,7	0,53	29,6	27,0	16,0	1,06	66,2	0,252	17,4	79
1, июнь	3,3	0,2	2,0	27,7	6,1	13,3	1,3	2,9	33,9	0,4	8,0	0,9	8,1	8,8	0,50	29,4	26,8	16,0	1,05	65,1	0,212	17,0	78
6, июнь	2,1	0,0	0,8	43,9	0,8	6,2	0,2	24,1	13,9	0,0	8,0	0,0	8,0	9,0	0,50	29,5	26,8	16,0	1,07	69,6	0,234	14,0	80
14, июнь	0,2	0,0	0,0	32,3	6,9	8,4	2,2	17,8	19,5	12,0	0,0	0,7	7,9	9,2	0,51	29,2	26,5	16,0	1,06	65,4	0,169	15,6	79
15, июнь	0,0	0,0	0,0	39,3	5,1	5,1	0,5	16,2	21,0	12,0	0,0	0,8	8,1	9,1	0,53	29,7	27,0	16,0	1,04	66,5	0,173	16,2	79
22, июнь	0,0	0,0	0,0	24,3	5,5	20,2	0,0	16,3	21,7	12,0	0,0	0,0	8,0	9,5	0,54	28,6	25,9	16,0	1,06	64,6	0,139	14,6	75
Второй блок																							
16, май	0,0	1,5	0,0	27,2	3,6	17,7	2,0	18,1	21,9	0,0	8,0	0,0	8,0	9,2	0,53	28,6	26,0	15,0	1,06	64,6	0,223	14,8	79
30, май	0,0	0,0	0,0	22,0	6,3	20,9	2,8	10,3	26,3	0,0	10,0	1,4	8,1	8,9	0,53	28,5	26,0	15,0	1,09	63,9	0,241	16,7	79
20, июнь	0,0	0,0	0,0	30,6	12,2	9,3	0,0	16,6	19,6	0,0	10,0	1,7	8,1	8,6	0,58	28,7	26,2	16,0	1,09	66,2	0,244	14,9	79
26, июнь	0,0	0,0	0,0	38,3	0,0	12,7	0,0	22,4	19,2	0,1	7,0	0,3	8,1	8,9	0,52	28,7	26,3	15,0	1,05	65,2	0,221	15,6	77

Таблица 2

Более детальный марочный состав производственной шихты 1 и 2 блоков ЗАО «РМК» с характеристикой её качества

Период времени 2006 г.	Состав шихты, %														Качество шихты, %										
	Г+ГЖО	ГЖ	Ж	ГЖ+Ж	К	ОС	КО	КО*	К+ОС+КО	КС	КС**	КСН	КС**+КСН	Т	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	V <sup>d</sup>	y, мм	R <sub>0,n</sub>	V <sub>t</sub>	σ <sub>R</sub>	σ <sub>ск</sub>	3-0
Первый блок																									
6, май	2,9	37,1	12,7	49,8	0,4	16,5	0,1	9,1	17,0	5,3	6,0	6,9	12,9	3,0	7,9	8,7	0,53	29,6	27,0	15,0	1,05	67,2	0,251	17,5	77
22, май	2,2	39,0	11,2	50,2	0,6	20,3	0,3	6,5	21,2	7,4	4,0	6,2	10,2	2,3	7,9	9,3	0,50	29,8	27,0	16,0	1,05	67,4	0,226	16,2	79
25, май	1,7	32,8	16,7	49,5	0,0	18,1	0,1	8,1	18,2	6,9	4,8	7,8	12,6	3,0	8,1	8,7	0,53	29,6	27,0	16,0	1,06	66,2	0,252	17,4	79
1, июнь	0,9	32,2	19,0	51,2	0,4	9,5	0,0	15,9	9,9	1,7	8,9	10,3	19,2	1,2	8,1	8,8	0,50	29,4	26,8	16,0	1,05	65,1	0,212	17,0	78
6, июнь	1,1	45,1	7,3	52,4	0,4	20,4	0,0	6,1	20,8	7,4	4,7	5,6	10,3	1,9	8,0	9,0	0,50	29,5	26,8	16,0	1,07	69,6	0,234	14,0	80
14, июнь	4,2	33,8	9,7	43,5	4,1	9,2	8,4	8,6	21,7	6,5	6,4	7,0	13,4	2,1	7,9	9,2	0,51	29,2	26,5	16,0	1,06	65,4	0,169	15,6	79
15, июнь	1,8	40,4	6,2	46,6	3,9	8,4	8,4	9,3	20,7	6,3	6,8	7,1	13,9	2,0	8,1	9,1	0,53	29,7	27,0	16,0	1,04	66,5	0,173	16,2	79
22, июнь	3,6	25,5	18,3	43,8	4,8	8,4	8,4	9,6	21,6	5,8	7,0	7,3	14,3	1,3	8,0	9,5	0,54	28,6	25,9	16,0	1,06	64,6	0,139	14,6	75
Второй блок																									
16, май	3,1	30,2	16,6	46,8	1,1	17,5	0,1	10,2	18,7	6,1	5,8	7,9	13,7	1,4	8,0	9,2	0,53	28,6	26,0	15,0	1,06	64,6	0,223	14,8	79
30, май	4,9	22,1	23,2	45,3	0,0	15,4	0,1	12,3	15,5	3,9	7,0	8,9	15,9	2,2	8,1	8,9	0,53	28,5	26,0	15,0	1,09	63,9	0,241	16,7	79
20, июнь	2,7	33,3	12,3	45,6	0,6	18,6	0,0	8,7	19,2	6,9	6,4	7,5	13,9	3,0	8,1	8,6	0,58	28,7	26,2	16,0	1,09	66,2	0,244	14,9	79
26, июнь	6,4	34,5	8,9	43,4	1,4	18,6	0,0	8,5	20,0	6,7	6,4	6,5	12,9	2,1	8,1	8,9	0,52	28,7	26,3	15,0	1,05	65,2	0,221	15,6	77

Примечание: 1) в марку К, начиная с 14 июня 2006 года, включены угли марки КЖ ЦОФ Восточная;  
 2) более высокие средние значения отражательной способности витринита шихты второго блока за 30 мая и 20 июня 2006 года обусловлены, главным образом, участием в шихте нефтекокса 1,4 и 1,7% соответственно;  
 3) КО\* – угли марки КО с низкой степенью метаморфизма (R<sub>0,n</sub>=1,04–1,19%);  
 4) КС\*\* – угли марки КС с низкой степенью метаморфизма (R<sub>0,n</sub>=1,10–1,17%).

углей, особенностей их поведения в шихтах при коксовании с использованием петрографических методов оценки качества кокса.

Для производства кокса с требуемыми показателями качества необходимо обеспечить заданное соотношение марок углей в шихте при соблюдении определенных ограничений свойств шихты. Совокупность этих ограничений представляет собой критерий оптимальности ВУХИН [4]. Оптимальный марочный состав шихты из кузнечного сырья следующий, %:

- ГЖ + Ж + КЖ (спекающая основа) – 40–45;
- К + КО + ОС (коксовая группа углей) – 35–40;
- КСН + КС (отощающая присадка) – 15–20.

Оптимальный марочный состав шихты должен сочетаться с ограничениями на ее свойства:  $V^d = 25\%$ ;  $y > 14$  мм;  $R_{0,n} > 1,12\%$ ;  $Vt > 60\%$ . Однако в настоящее время, в силу ряда причин, сложилась устойчивая тенденция к снижению поставок на коксование углей марок К, ОС, КО, являющихся коксующей основой шихты.

В сложившейся структуре поставок угольных концентратов КХП ОАО «ММК» определенный интерес представляет оценка состава и качества угольной шихты, их соответствие производственным показателям «холодной» и «горячей» прочности и реакционной способности кокса ЗАО «РМК».

Основная масса исследуемых шихт (табл. 1) характеризуется средним расчетным значением показателя отражения витринита 1,05–1,06% (66,7%) и только ~ 16,7% значением  $R_{0,n} = 1,09\%$ . Таким образом, почти 70% производственных шихт ЗАО «РМК» характеризуется средним показателем отражения витринита 1,05–1,06%, что недостаточно для получения кокса мокрого тушения с показателем CSR даже на уровне 50% и CRI на уровне 33,5%. Чтобы понять причину этого факта, необходимо рассмотреть этот вопрос с позиции марочного состава производственных шихт ЗАО «РМК».

Для более детального анализа марочного состава шихты нами отдельно были выделены низкометаморфизованные угли марок КО\* и КС\*\* (табл. 2), участие которых в шихте ухудшают показатели прочности и реакционной способности кокса.

Анализ результатов, приведенных в табл. 2, показывает, что сумма марок углей ГЖ и Ж, определяющая спекаемость шихт, превышает 45%-ный оптимальный уровень. Это обусловлено недостатком углей марки Ж в группе спекающих марок углей. При этом доля углей марки Ж составляет в шихтах от 6,2 до 23,2% при оптимальном уровне ~ 25%.

В группе коксующихся углей (К+КО+ОС) значительное количество составляют низкомета-

морфизованные угли марки КО\* с показателями отражения витринита 1,04–1,19% с преобладанием в них углей с еще более низкими значениями  $R_{0,n}$ , равными 1,04–1,12%.

В группе отощающих углей (КС+КСН), наряду с низкометаморфизованными углями марки КСН, также присутствует достаточно большое количество низкометаморфизованных углей марки КС\*\* с показателями отражения витринита  $R_{0,n} = 1,10–1,17\%$ , что предопределяет неспособность этой группы углей в необходимой мере играть роль отощающего компонента в шихтах при коксовании. В более обобщенном виде это представлено в табл. 3.

Так, например, доля углей марки Ж в структуре спекающей основы шихты (Ж+ГЖ) составляет 12,8–46,2% при оптимальном уровне ~56%. Иными словами, в спекающей основе шихты преобладают менее метаморфизованные угли марки ГЖ с примесью еще менее метаморфизованных углей марок Г и ГЖО.

Коксующая основа шихты на 22,8–61,6% представлена низкометаморфизованными углями марки КО, отличающимися низкой коксуемостью и способностью формировать кокс повышенной реакционной способности.

Отощающая основа шихты на 58,2–80,3% состоит из низкометаморфизованных углей, формирующих низкие значения показателя CSR и высокие – CRI при более лучших для этого строя шихт показателях M25, M40, M10 (табл. 4).

Таблица 3

Анализ марочной структуры углей, составляющих спекающую, коксующую и отощающую основы шихты ЗАО «РМК»

Период времени 2006 г.	Спекающая основа шихты		Коксующая основа шихты		Отощающая основа шихты	
	Ж	ГЖО+ГЖ+Г	КО*	К+КО+ОС	КС**+КСН	КС
Первый блок						
6, май	24,1	75,9	34,9	65,1	70,9	29,1
22, май	21,4	78,6	23,5	76,5	58,0	42,0
25, май	32,6	67,4	30,8	69,2	64,6	35,4
1, июнь	36,5	63,5	61,6	38,4	91,9	8,1
6, июнь	13,6	86,4	22,7	77,3	58,2	41,8
14, июнь	20,3	79,7	28,4	71,6	67,3	32,7
15, июнь	12,8	87,2	31,0	69,0	68,8	31,2
22, июнь	38,6	61,4	30,8	69,2	71,1	28,9
Второй блок						
16, май	33,3	66,7	35,3	64,7	69,2	30,8
30, май	46,2	53,8	44,2	55,8	80,3	19,7
20, июнь	25,5	74,5	31,2	68,8	66,8	33,2
26, июнь	17,9	82,1	29,8	70,2	65,8	34,2

\* Угли марки КО с низкой степенью метаморфизма ( $R_{0,n} = 1,04–1,19\%$ );

\*\* Угли марки КС с низкой степенью метаморфизма ( $R_{0,n} = 1,10–1,17\%$ ).

Качество шихты и кокса 1 и 2 блоков ЗАО «РМК»

Период времени 2006 г.	Качество шихты, %											Качество кокса, %								Наименование				
	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	V <sup>d</sup>	y, мм	R <sub>0,n</sub>	V <sub>t</sub>	σ <sub>R</sub>	σ <sub>ck</sub>	3-0	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	K <sub>c</sub> , см <sup>3</sup> /г*С	CRI	CSR	S <sup>d</sup>	M25	M40	M10	T, ч	Номер бат.	Общий уровень перепадов, м
Первый блок																								
6, май	7,9	8,7	0,53	29,6	27,0	15,0	1,05	67,2	0,251	17,5	77	2,9	11,9	1,2	0,54	38,4	41,7	0,50	86,0		7,8	16,45	8	
6, май	7,9	8,7	0,53	29,6	27,0	15,0	1,05	67,2	0,251	17,5	77	5,0	12,0	1,2	0,37	35,9	45,5	0,49		68,2	8,6	19,45	13-14	
22, май	7,9	9,3	0,50	29,8	27,0	16,0	1,05	67,4	0,226	16,2	79	2,8	12,1	1,2	0,49	37,0	45,9	0,44	87,6		7,0	17,45	7	
25, май	8,1	8,7	0,53	29,6	27,0	16,0	1,06	66,2	0,252	17,4	79	3,7	12,3	1,1	0,41	35,6	48,1	0,51		69,4	8,8	21,45	13-14	
1, июнь	8,1	8,8	0,50	29,4	26,8	16,0	1,05	65,1	0,212	17,0	78	4,6	12,7	1,2	0,37	34,2	50,1	0,49		68,1	8,3	19,45	13-14	
6, июнь	8,0	9,0	0,50	29,5	26,8	16,0	1,07	69,6	0,234	14,0	80	2,9	12,1	1,1	0,45	35,4	47,2	0,50		68,8	8,0	19,45	13-14	
6, июнь	8,0	9,0	0,50	29,5	26,8	16,0	1,07	69,6	0,234	14,0	80	2,9	12,1	1,1	0,36	34,6	48,9	0,50		71,8	7,8	19,45	д.п. №10	
14, июнь	7,9	9,2	0,51	29,2	26,5	16,0	1,06	65,4	0,169	15,6	79	3,1	12,6	1,1	0,32	34,1	50,7	0,50		67,8	8,2	19,45	13-14	
15, июнь	8,1	9,1	0,53	29,7	27,0	16,0	1,04	66,5	0,173	16,2	79	2,9	12,3	1,2	0,30	34,0	47,3	0,50		66,8	9,4	19,45	13-14	
22, июнь	8,0	9,5	0,54	28,6	25,9	16,0	1,06	64,6	0,139	14,6	75	2,7	12,9	1,2	0,43	38,3	41,1	0,48	86,5		8,7	16,45	7	
Второй блок																								
16, май	8,0	9,2	0,53	28,6	26,0	15,0	1,06	64,6	0,223	14,8	79	–	12,1	1,0	0,35	32,7	51,0	0,44	87,1		6,3	15,45	9	
16, май	8,0	9,2	0,53	28,6	26,0	15,0	1,06	64,6	0,223	14,8	79	5,8	12,2	1,1	0,50	35,9	48,6	0,46	83,2		8,6	16,45	3-4	
30, май	8,1	8,9	0,53	28,5	26,0	15,0	1,09	63,9	0,241	16,7	79	–	11,8	1,0	0,35	34,0	48,7	0,40	87,0		7,0	16,45	9	
20, июнь	8,1	8,6	0,58	28,7	26,2	16,0	1,09	66,2	0,244	14,9	79	3,8	12,5	1,2	0,44	37,0	46,1	0,50	83,8		8,6	17,15	3-4	
26, июнь	8,1	8,9	0,52	28,7	26,3	15,0	1,05	65,2	0,221	15,6	77	3,7	12,5	1,1	0,35	36,5	45,5	0,48	83,8		8,4	16,45	1-2	
26, июнь	8,1	8,9	0,52	28,7	26,3	15,0	1,05	65,2	0,221	15,6	77	3,7	12,5	1,1	0,4«	37,5	45,6	0,48	85,0		6,6	16,45	д.п. №4	

Таблица 5

Сравнительный анализ качества шихты ОАО «ММК» и российских производителей

Производители кокса	«НТМК»	«Северсталь»	«ЗСМК»	«НЛМК»	«ММК»
Марочный состав угольной шихты, %					
Г	–	–	–	–	0,3
ГЖО	2,7	12,7	0,4	6,6	2,7
ГЖ	24,6	1,9	8,3	28,7	33,8
Ж	18,6	57,2	31,2	14,6	13,4
КЖ					–
К	10,8	4,0	6,5	9,3	1,6
КО	4,6	5,4	9,3	1,3	11,6*
КСН	2,9	1,9	0,1	5,7	7,4
КС	26,0	13,0	31,3	16,9	12,0*
ОС	9,1	1,8	13,0	15,7	15,1
ТС, СС, Т	0,7	2,1		1,3	2,1
Качество шихты					
A <sup>d</sup> , %	9,2	8,5	9,7	9,0	9,0
S <sup>d</sup> , %	0,52	0,71	0,43	0,48	0,53
V <sup>daf</sup> , %	29,0	29,1	27,2	29,0	29,2
y, мм	16,5	13,9	15,5	15,3	15,7

\* Преобладание углей марки КО и КС с низкой степенью метаморфизма

Таблица 6

Состав, качество зольной шихты и кокса

Номер варианта	Состав шихты по шахтогруппам, %					Качество угольной шихты, %					Качество кокса, %						
	ГЖ+Ж	К+ОС+КО	КС+КСН	ОФ Нерунг ринская	Нефт. Кокс	W <sub>t</sub>	A <sup>d</sup>	V <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	y, мм	Помол	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	M25	M10	CRI	CSR
1						8,2	9,5	26,9	0,55	16	78	11,8	0,52	85,5	10,6	40,1	35,7
2	51	21,7	15,3	7	5	8,2	8,8	26,4	0,71	16	78	11,7	0,56	88,6	9,0	37,0	38,7
3	48	21,7	13,3	7	10	8,2	8,4	25,7	0,81	16	78	11,3	0,78	88,9	9,1	34,5	40,9

Таким образом, все три составляющие основы производственной шихты ОАО «ММК» (спекающая, коксующая и отошающая) представлены значительным количеством низкометаморфизованных углей, формирующих низкие значения показателей CSR и высокие значения показателей CRI промышленного кокса.

Из всего вышеизложенного следует, что сложившаяся структура поставок угольных концентратов для ОАО «ММК» не может обеспечить требуемое качество доменного кокса. Несмотря на сравнимые показатели механической прочности кокса ОАО «ММК» с аналогичными показателями других заводов России, показатели CRI и CSR на фоне тех же предприятий являются неудовлетворительными.

Сравнение марочного состава шихты ОАО «ММК» с другими заводами России показывает (табл. 5), что при изменении структуры поставок, а именно: увеличении поставок концентратов обогатительных фабрик «Абашевская», «Кузнецкая», «Печорская» (марка Ж) до оптимального уровня за счет снижения поставок концентратов обогатительных фабрик «Распадская» (марка ГЖ) и «Анжерская» (марки КО\*, КС\*\*, КСН), можно обеспечить уровень показателей реакционной способности 28–32% и горячей прочности 55–58%. Для решения данной проблемы представляется также целесообразным привлечение в угольную шихту различных добавок – продуктов пиролиза углей и их аналогов не угольного происхождения. В целом, этот процесс носит название «кондиционирование», он достаточно изучен и находит периодическое применение как в отечественной, так и зарубежной практике [5–17].

Учитывая масштабы коксового производства, выбор кондиционирующей добавки является сложной задачей, поскольку помимо прямого назначения она одновременно должна отвечать нескольким требованиям: быть доступной по количеству, цене и не иметь направления более квалифицированного использования. Исходя из мирового баланса энергоносителей [18], в настоящее время и в обозримом будущем таким требованиям могут отвечать только продукты глубокой переработки и пиролиза в нефтеперерабатывающей промышленности – сернистая нефтекоксовая мелочь с содержанием серы от 1,5 до 3,0%.

В связи с этим нами были проведены ящичные коксования угольных шихт, которые показали, что при существующей структуре поставок угольных концентратов добавление в шихту 5% нефтекоксовой мелочи снижает реакционную способность кокса на 3,1% и увеличивает горячую прочность на 3% (табл. 6).

Это согласуется с результатами проведенных ранее опытных доменных плавов на коксе с участием нефтекоксовой мелочи [19].

Вместе с тем следует отметить, что при существующей структуре и качестве угольной сырьевой базы ОАО «ММК» добавка нефтекоксовой мелочи даже в количестве 10% не обеспечивает требуемый уровень показателей качества производственного кокса: CSR ~55,0%, CRI ~32,0%, не говоря уже об уровне современных требований к этим показателям: CSR=60–65% и CRI=23–30% [20].

В связи с этим представляется целесообразным достигать улучшения показателей CSR и CRI кокса одновременно по двум направлениям:

1) за счет изменения структуры поставок угольных концентратов, в которых нет или присутствуют в незначительных количествах низкометаморфизованные угли;

2) за счет добавки в шихту нефтекоксовой мелочи в количестве ~5%.

При этом первое направление, как наиболее эффективное, следует признать приоритетным.

#### **Выводы:**

1. Для достижения требуемого уровня качества металлургического кокса, снижения его расхода в доменных печах ОАО «ММК» необходимо:

а) изменение структуры поставок угольных концентратов с целью снижения доли низкометаморфизованных углей как в спекающей, так и отошающей части шихты;

б) кондиционирование производственной шихты нефтекоксовой мелочью.

2. Провести опытно-промышленные коксования шихт оптимального состава и качества с различным участием нефтекоксовой мелочи с целью стабилизации качества угольной сырьевой базы ОАО «ММК», обеспечивающей современный уровень показателей CSR и CRI кокса, и заключение на этой основе долгосрочных договоров на поставку требуемого угольного сырья и нефтекоксовой мелочи.

#### **Библиографический список**

1. Рудыка В.И. Роль и значение технологической базы на нынешнем этапе развития металлургического и коксового производства / Кокс и Химия. 2006. № 6. С. 2–7.
2. Takatomi X. Технология производства кокса в 21-м веке // Kinzoku-Metals and Technology. 1999. Vol. 69. № 6. P. 31–36.
3. Копелиович Л.В. Связь технико-экономических показателей доменной плавки с качеством используемого кокса // Кокс и химия. 1993. № 6. С. 13–16.

4. Киселев Б.П. Состояние сырьевой базы коксования России // Кокс и химия. 2001. № 3. С. 18–26.
  5. Сасаки Масахиро, Омори Масао, Миура Йосиаки и др. Получение кускового кокса: Заявка 2127495 Япония, МКИ 5 С 10 D 57/04.
  6. Исследование особенностей процесса коксования углей с нефтяным коксом / Вдовиченко Н.С., Кокшаров В.Я., Кокшарова М.Е. и др. // Кокс и химия. 1982. № 8. С. 14–17.
  7. Получение литейного кокса из шихты с участием нефтекоксовой мелочи / Унтербергер О.Г., Кокшаров В.Я., Страхов В.М. и др. // Кокс и химия. 1995. № 12. С. 13–17.
  8. Производство, прокатка и направление исследования нефтяного кокса // Материалы совещания, 26–27 января 1999 г. Омск, 1999. 94 с.
  9. Данильян П.Г. Использование и разработка способа производства угленефтяного кокса для цветной металлургии: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. М., 1982. 24 с.
  10. Получение литейного кокса в большегрузных печах АКХЗ / Унтербергер О.Г., Страхов В.М., Киселев Б.И. и др. // Кокс и химия. 1994. № 9. С. 16.
  11. О новых направлениях применения нефтяного кокса // Материалы конференции, 10 июня 1999 г. Пермь, 1999. 22 с.
  12. Золотухин Ю.А. Рациональное использование ресурсов углей для коксования // Кокс и химия. 1994. № 2. С. 9–13.
  13. Коксование нетрадиционных угольных шихт в условия коксохимического производства Западно-Сибирского металлургического комбината Гайниева Г.Р., Патрушев А.Н., Хамидулин Ф.З. и др. // Кокс и химия. 1996. № 1. С. 10–12.
  14. Формирование заданных свойств углеродистого восстановителя для электротермических процессов (Обзор) / Улановский М.Л., Должанская Ю.Б., Лихенко А.Н. и др. // Кокс и химия. 2000. № 4. С. 14–20.
  15. Коксование угольных шихт с добавками смолистых отходов / Панченко Н.И., Гуляев В.М., Глущенко Л.И. и др. // Кокс и химия. 1993. № 6. С. 11–13.
  16. Нагорный Ю.С., Гуляев В.М., Глущенко Л.И. Использование смолосодержащих отходов коксохимического производства в шихте для коксования // Кокс и химия. 1993. № 1. С. 12–14.
  17. Опыт использования неспекающихся углей в шихтах для коксования / Плужников А.И., Мирко В.А., Турченкова Л.М. и др. // Кокс и химия. 1993. № 5. С. 2–3.
  18. Кауфман А.А. Химическая технология энергоносителей и углеродных материалов: Введение в специальность. Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2001. 57 с.
  19. Теплообмен в доменной печи при работе на коксе, полученном из угольной шихты с нефтекоксовой мелочью / Терентьев В.Л., Пишнограев С.Н., Сибгатуллин С.К. и др. // Теплофизика и информатика в металлургии: достижения и проблемы: Труды Междунар. конференции. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000. С. 45–51.
  20. Grosspietsch K., Lunden H.B., Dauwels G. et al // Revue de metallurgie. C I T. 1999. V. 96. № 10. P. 2–11.
-

# МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

УДК 621.74

Р.С. Тахаутдинов, С.Н. Ушаков, С.В. Горосткин, Т.С. Масальский, М.А. Богатов, В.Л. Алексеев

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРГОНА В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ

Повышение чистоты внутренней структуры непрерывно-литых слитков является одной из важнейших проблем черной металлургии. Наличие неметаллических включений в жидкой стали не только приводит к возникновению целого ряда дефектов на слябах и листах, но существенно может усложнить процесс разлива металла на МНЛЗ. Из-за повышенного теплоотвода в каналах стаканов-дозаторов происходит постоянное отложение тугоплавких неметаллических соединений. Способность алюминатов или сложных комплексных соединений на основе окислов алюминия (из-за высокой температуры плавления – более 1600°C) накапливается в виде отложений на твердой подложке (стопорной механизм, сталеразливочные каналы) известна с начала освоения непрерывной разлива стали.

Из-за зарастания каналов неметаллическими включениями ухудшается процесс по обеспечению требуемого расхода металла из промежуточного ковша. В данный момент производят прокатку стопором (многократное поднятие стопора на полную высоту). При переходе на режим разлива в ручное управление высок риск возникновения аварийной ситуации (подвисание корочки слитка в кристаллизаторе, прорыв корочки слитка под кристаллизатором из-за колебаний уровня металла в кристаллизаторе или ошибочных действий разлива персонала).

Для решения указанной проблемы на МНЛЗ ККЦ ОАО «ММК» были применены стаканы-дозаторы с газопроницаемым слоем и полые стопора-моноблоки с продувкой аргоном.

Разливка стали на МНЛЗ с использованием стаканов-дозаторов с газопроницаемым слоем на всех промежуточных ковшах проводится с начала 2006 года. Было получено увеличение пропускной способности погружных стаканов при подаче аргона в канал стакана-дозатора в среднем на 20% для всех групп марок сталей. Это позволило увеличить выход годного металла за счет снижения технологической обрезки от «поясов» до 4 кг/т.

Установлено косвенное влияние стаканов-дозаторов на качество металла. Благодаря воз-

действию аргона на неметаллические включения происходит их разрушение, а мелкие частицы хорошо поглощаются шлаком кристаллизатора. Другая часть неметаллических включений, которая поступает в зону вторичного охлаждения, располагается равномерно по сечению слитка.

В табл. 1 приведен сравнительный анализ 2005 и 2006 годов, где представлены данные по отсортировке металла в несоответствующую продукцию и брак по дефектам, относящихся к загрязнению неметаллическими включениями.

Из табл. 1 следует, что круговое использование стаканов-дозаторов позволило снизить отсортировку металлопродукции в пониженную сортность по дефекту «точечная неоднородность» на 0,0003%, по шлаковым включениям на 0,020%, выход брака по грубым шлаковым включениям снизился на 0,0032%.

Использование стопоров-моноблоков с продувкой металла аргоном

На рис. 1 и 2 и табл. 2 показано преимущество использования стопоров-моноблоков по сравнению с наборными стопорами.

Анализ данных системы «Уровень» на рис. 1 и 2 при использовании в промежуточном ковше стопоров разных конструкций во время разлива пяти плавок низколегированного металла (с 2:00 до 8:00) показал снижение более чем в 2 раза (с 11 до 5) числа прокаток стопорных механизмов на 15 ручье, оборудованном стопором-моноблоком.

Таблица 1

### Годовая отсортировка слябов в пониженную сортность и брак по дефектам загрязнения металла неметаллическими включениями

Год	Производство, т	Отсортировка слябов в несоответствующую продукцию				Отсортировка в брак	
		Точечная неоднородность		Шлаковое включение		Шлаковое включение	
		т	%	т	%	т	%
2005	10065467	2605	0,0259	3276	0,0325	864	0,0090
2006	10244446	2622	0,0256	1313	0,0128	594	0,0058

МНЛЗ № 4 Ручей № 13 5 Июнь 2006 г.

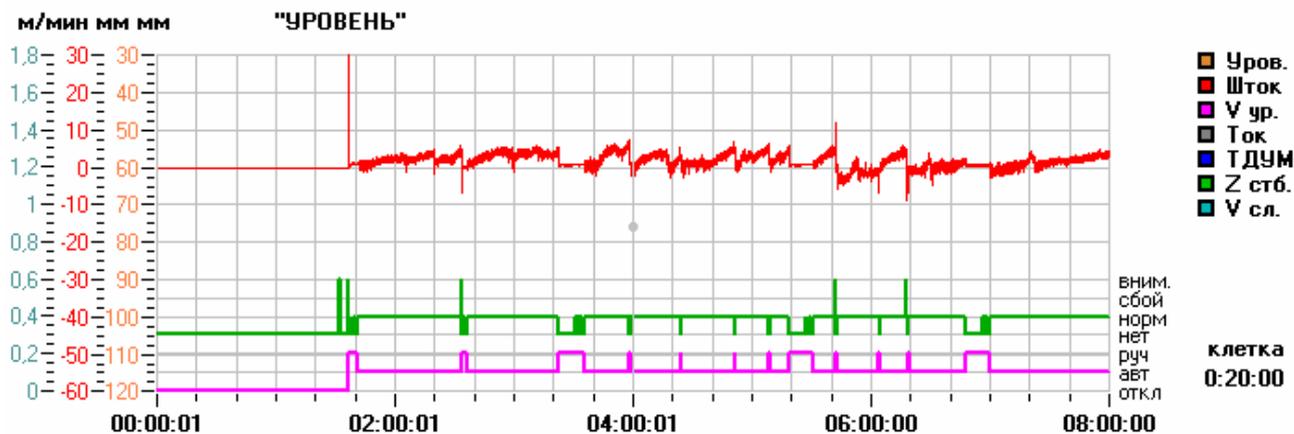


Рис. 1. Показания системы «Уровень» на 13 ручье МНЛЗ №4 с использованием наборного стопора

МНЛЗ № 4 Ручей № 15 5 Июнь 2006 г.

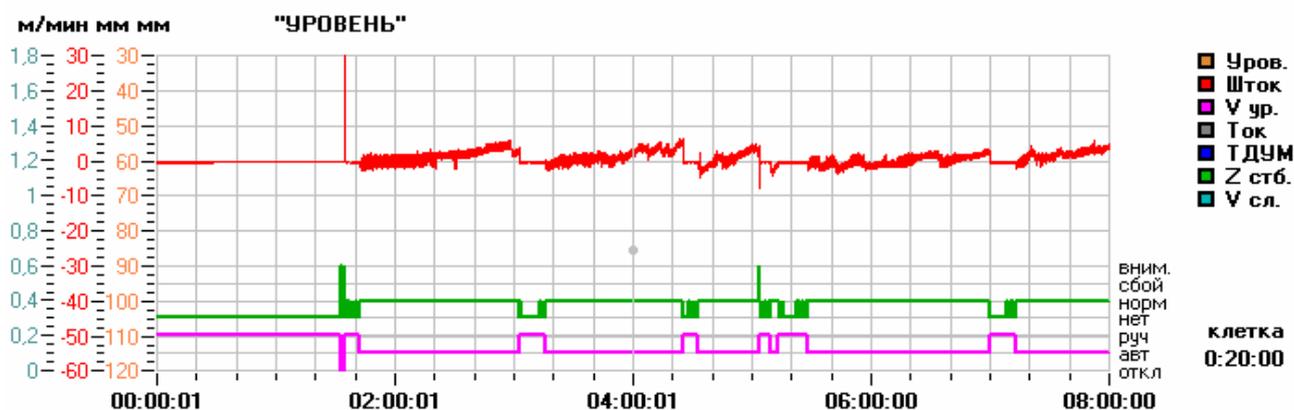


Рис. 2. Показания системы «Уровень» на 15 ручье МНЛЗ №4 с использованием стопора-моноблока

Таблица 2

Показатели работы промежуточных ковшей

Показатель	Группа марок сталей	Стопор-моноблок	Наборный стопор
Количество разлитого металла на 1 погружной стакан, т	Низколегированные	532,5	422,2
	Низкоуглеродистые и углеродистые	295,8	279,7
Количество разлитого металла на 1 про-качку сто-пора, т	Низколегированные	301,8	206,0
	Низкоуглеродистые и углеродистые	162,7	121,1

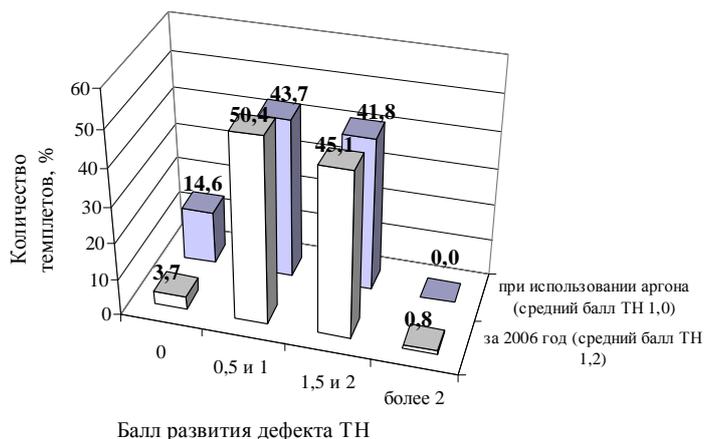


Рис. 3. Сравнительная оценка по чистоте металла при использовании перегородок разных конструкций в период 2006 года

Из данных **табл. 2** следует, что вдувание аргона через полый стопор дополнительно увеличивает количество разлитого металла через один погружной стакан на 6–26% в зависимости от марки разливаемой стали. Снижение количества прокачек стопоров при разливке разных марок сталей составляет 34–47%.

Для снижения загрязнения металла неметаллическими включениями применяются перегородки промежуточных ковшей с продувкой аргоном.

В 2006 году продувочные перегородки устанавливались по обеим сторонам промежуточного ковша. В связи с этим оценка работы опытных промежуточных ковшей, оснащенных перегородками с обеих сторон, заключалась в исследовании макроструктуры темплетов и сравнении полученных данных с данными годового анализа за 2006 год в целом (**рис. 3**). В качестве основного показателя, характеризующего загрязнение металла неметаллическими включениями, взят балл развития дефекта «точечная неоднородность (ТН)».

Согласно данным на **рис. 3** при оценке качества внутренней структуры темплетов после обработки металла аргоном средний балл дефекта «точечная неоднородность» составил 1, в то время как средний показатель дефекта «точечная неоднородность» за 2006 год составил 1,2. Кроме того, отсутствует доля темплетов с дефектом «точечная неоднородность» 2,5 балла и более, что относится к фактору, по которому металл подлежит отсортировке в пониженную сортность или брак.

По итогам 2006 года в ККЦ ОАО «ММК» в результате использования продувочных устройств различных конструкций в промежуточных ковшах во время непрерывной разливки стали было достигнуто снижение отсортировки слябов по дефекту «точечная неоднородность» на 0,0003%, по шлаковым включениям на 0,020%, выход брака слябов по грубым шлаковым включениям снизился на 0,0032%. Произошло увеличение выхода годного металла за счет снижения технологической обрезки от «поясов» на 4 кг/т. Общий экономический эффект превысил 90 млн рублей.

УДК 621.74

Ю.А. Бодяев, И.М. Захаров, Д.Н. Чигасов, С.Н. Ушаков, С.В. Мещеров, М.В. Косарев

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ И ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ В ККЦ С ВВОДОМ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО НАГРЕВА**

Основными причинами проведения реконструкции и модернизации предприятий в современных условиях являются необходимость снижения энергоемкости продукции, повышение ее качества и соответственно конкурентоспособности на рынке. В последние годы модернизация сталеплавильного производства осуществлялась, в основном, за счет внедрения внепечной обработки стали на установках печь-ковш. Утвердившаяся в последнее десятилетие концепция рассматривает предназначение основных сталеплавильных агрегатов главным образом для выплавки полупродукта и получение готовой стали, с заданными характеристиками, на агрегатах внепечной обработки.

Работа ОАО «ММК» в условиях рыночных отношений и постоянно возрастающие требования потребителей к качеству готовой металлопродукции заставляют коренным образом пересматривать идеологию организации сталеплавильного производства. Одним из аспектов проводимой в ОАО «ММК» широкомасштабной реконструкции является, в частности, совершенствование кислородно-конвертерного производст-

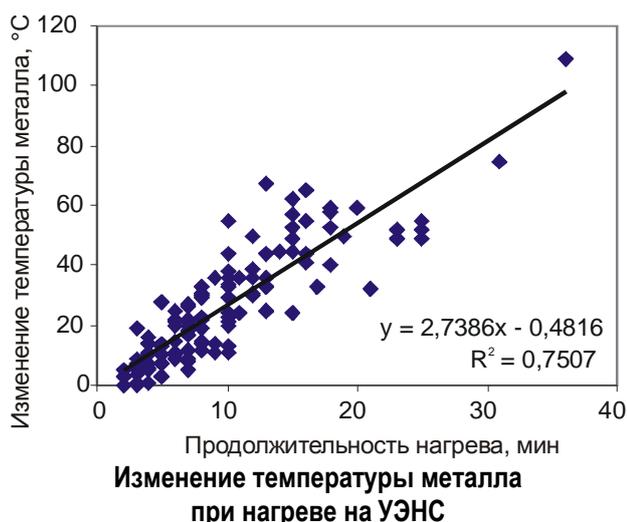
ва. Руководством комбината было принято решение по строительству в ККЦ установки электродугового нагрева стали (УЭНС). В июне 2006 года двухпозиционная установка фирмы VAI FUCHS производительностью 4,2 млн т была введена в эксплуатацию.

Установка состоит из следующих систем, узлов и групп оборудования:

- механизм подъема электродов;
- механизмы подъема крышек;
- водоохлаждаемые крышки ковша;
- устройства для измерения температуры и отбора проб;
- манипулятор для аварийной фурмы;
- стенд для наращивания и хранения электродов.

На УЭНС осуществляются следующие технологические операции:

- нагрев металла электрической дугой;
- продувка металла аргоном для усреднения химического состава и температуры металла по объему сталеразливочного ковша и десульфурация стали;



- измерение температуры и окисленности металла;
- отбор проб металла и шлака.

Введение в эксплуатацию УЭНС дополнительно к действующей установке печь-ковш позволило во время внепечной обработки проводить электродуговой подогрев металла практически всех плавок (до 90%). Оптимизация технологических процессов, протекающих при внепечной обработке с использованием электронагрева, повышает эффективность работы как самой установки, так и всего цеха.

Основными параметрами, определяющими работу УЭНС, являются:

- состав и количество (толщина слоя) шлака;
- скорость нагрева и интенсивность перемешивания;
- температура поступающего на обработку полупродукта.

Таблица 1

**Результаты десульфурации при внепечной обработке стали с применением электронагрева на УЭНС**

Технология	Марка стали	Количество плавок	Показатель	Расход на выпуске, кг			Расход при внепечной обработке, кг				Содержание серы, %		ΔS, %
				CaO	CaF <sub>2</sub>	Al	CaO	CaF <sub>2</sub>	Al	ABK	приход	готов.	
С использованием извести при внепечной обработке с электронагревом	Ст3сп, Ст3пс, Ст2пс, Ст2сп, St37-2, A36-2	35	мин	1000	442	300	247	–	40	184	0,020	0,005	5
			макс	2555	1262	800	2200	–	250	750	0,077	0,035	88,3
			сред.	1872	669	422	636	–	112	474	0,031	0,018	38,7
	08Ю, 08пс, 08пс-ж, SAE1006, St12, St2	91	мин	996	425	300	119	101	40	423	0,014	0,005	4
			макс	4482	1001	800	2012	317	250	1768	0,047	0,028	82,7
			сред.	2468	624	581	715	350	132	701	0,027	0,019	28,8
	09Г2С, 15ХСНД, 10ХСНД, 17Г1С	18	мин	400	550	300	298	–	130	200	0,013	0,006	17,4
			макс	3062	730	500	1500	–	150	1145	0,029	0,019	72,7
			сред.	2275	649	369	863	–	143	394	0,020	0,011	42,5
Без присадки извести при внепечной обработке с электронагревом	Ст3сп, Ст3пс, Ст2пс, Ст2сп, St37-2, A36-2	114	мин	990	330	300	–	–	–	335	0,011	0,006	3,7
			макс	3162	997	600	–	–	–	966	0,033	0,029	67,8
			сред.	2284	654	403	–	–	–	533	0,024	0,017	28,6
	08Ю, 08пс, 08пс-ж, SAE1006, St12, St2	129	мин	892	456	150	–	–	–	246	0,016	0,009	3,8
			макс	4067	833	800	–	–	–	1162	0,028	0,025	60,8
			сред.	2277	555	505	–	–	–	528	0,022	0,019	16,2
	09Г2С, 15ХСНД, 10ХСНД, 17Г1С	61	мин	689	251	300	–	–	–	190	0,013	0,004	3,6
			макс	2999	721	647	–	–	–	1909	0,033	0,027	80
			сред.	2265	601	407	–	–	–	472	0,022	0,014	35,3

Для поддержания оптимального количества шлака и регулирования его состава в ковше при обработке на УЭНС на агрегатах доводки стали (АДС-1 и АДС-2) выделили по бункеру-дозатору для извести. В случае необходимости известь присаживается в ковши во время обработки.

В соответствии с техническими характеристиками установки максимальная скорость нагрева металла на самой мощной, первой ступени – 4°С в минуту. Фактические результаты работы установки по нагреву показаны на рисунке.

Средняя продолжительность нагрева составляет 9,5 мин, что позволяет увеличить температуру металла в среднем на 25°С.

Место расположения установки в цехе позволяет начинать обработку плавок, выпущенных из конвертера № 2, на УЭНС в позиции «А» без перестановки ковша и после проведения электронагрева, отдавать их для дальнейшей обработки на другие агрегаты доводки. При перестановке ковшей с конвертерных сталевозов

можно производить электронагрев металла на УЭНС на позиции «Б» как с любого конвертера, так и с других агрегатов доводки. Это позволяет гарантированно отдавать на МНЛЗ металл с указанной температурой.

В данной работе рассмотрены такие вопросы, как увеличение эффективности десульфурации металла с использованием электронагрева и, как следствие, повышение его качества. С целью увеличения эффективности десульфурации металла известь во время доводки присаживалась в ковши на агрегатах доводки стали (АДС). Выполнен анализ 400 плавов, на которых проводилась десульфурация на установке электродугового нагрева. На всех плавках производилась присадка извести на выпуске в составе ТШС в среднем в количестве до 2,5 т.

Плавки были разбиты на 2 группы. В первую группу вошли плавки, обрабатываемые на АДС с отдачей в ковш порции извести и нагревом на УЭНС, во вторую – группу плавки с нагревом на УЭНС, но без присадки извести. Обрабатываемый металл был поделён по группам марок (низкоуглеродистые, углеродистые, низколегированные).

На низкоуглеродистом сортаменте (08Ю, 08пс, SAE1006) среднее содержание серы по приходу на внепечную обработку составляло 0,027%, после отдачи извести в количестве 715 кг (в среднем) и нагревом на УЭНС содержание серы снижалось до 0,019%. Степень десульфурации составила 28,8%. На аналогичном сортаменте без использования извести и последующего электронагрева содержание серы по приходу – 0,022%, в готовом – 0,019%. Степень десульфурации – 16,2%.

На группе углеродистых марок стали (Ст2сп, Ст37-2, А36-2) среднее содержание серы перед обработкой на УЭНС составляло 0,031%, после отдачи на извести в количестве 636 кг и проведения электронагрева – 0,018%. Степень десульфурации составила 38,7%. Без отдачи извести и последующего нагрева соответственно 0,024 и 0,017%. Степень десульфурации – 28,6%.

На низколегированном сортаменте (09Г2С, 15ХСНД, 10ХСНД, 17Г1С) среднее содержание серы по приходу на внепечную обработку составляло 0,020%. После проведения электронагрева с присадкой извести в количестве 863 кг содержание серы снижалось до 0,011%. Степень десульфурации – 42,5%.

На аналогичном сортаменте без использования извести и последующем нагревом соответственно – 0,022 и 0,014%. Степень десульфурации – 35,3%.

Подробные данные по работе представлены в табл. 1.

Выполнен анализ влияния технологии внепечной обработки с использованием электронагрева на макроструктуру металла. Проанализировано 57 плавов текущего производства марок типа 08Ю, на которых производилась оценка макроструктуры непрерывно-литых слябов. Для определения влияния электронагрева на макроструктуру металла плавки были разбиты на 3 группы. В первую группу вошли плавки, которые не подвергались электронагреву и обрабатывались на АДС, во вторую группу – плавки, которые обрабатывались на установке электронагрева стали, в третью группу выделили плавки, обработанные на УЭНС, на которых температура металла при выпуске из конвертера была не больше 1630°C. Как видно из полученных данных, снижение температуры металла на повалке в результате применения электронагрева в целом положительно влияет на качество металла. Средний балл точечной неоднородности снижается с 1,45 до 1,38. Средний суммарный расход по чистому алюминию составил 1302 кг против 1340 кг. Данные по работе представлены в табл. 2.

Наилучшие результаты достигаются в третьей группе, при выплавке которой выполнялись требования технологических инструкций по снижению температуры металла на выпуске. В этом случае балл точечной неоднородности составляет 1,25 при среднем расходе алюминия на плавку

Таблица 2

Результаты опытных плавов

Вариант технологии	Количество плавов	T <sub>пов</sub>	УЭНС				Расход алюминия на плавку				ТН
			Длительность	Нагрев	ΔT	Ст. десульфурации	АВ87АВ95	АВК	Al чуш	Σ	
Плавки без проведения электронагрева на УЭНС	32	1652	-	-	-	20,6	675	775	118	1340	1,45
Плавки, обработанные на УЭНС	25	1647	23	13	38	29,5	620	751	60	1302	1,39
Плавки, обработанные на УЭНС и с T <sub>пов</sub> <1630°C	12	1622	27	19	66	31,5	657	741	-	1298	1,25

1298 кг. Также во второй и третьей группах отмечена более высокая степень десульфурации 29,5 и 31,5% против 20,6% в первой группе.

Введение в эксплуатацию в ККЦ, дополнительно к УПК, установки УЭНС обеспечило при внепечной обработке проведение электродугового подогрева металла практически всех плавов. Это позволило снизить температуру сливаемого из конвертера металла до 1630°C. Возможность заканчивать продувку с низкой температурой расплава позволила увеличить количество заваливаемого в конвертер металлолома на 20 т (с 95...105 до 115...125 т). С пуском УЭНС в 1,5 раза (с 18,5 до 12,1%) сократилось количество плавов, подвергаемых химическому нагреву. Применение электронагрева в целом положительно влияет на качество металла. Средний балл точечной неоднородности снижается с 1,45 до 1,39, а на плавках, сливаемых с температурой не более 1630°C, – до 1,25.

Выявлено, что при температуре металла на выпуске 1630°C продолжительность электронагрева составляет в среднем, 10 мин. При длительности внепечной обработки 30 мин обеспечивается удаление не менее 25% серы. Оптимальный суммарный расход извести в ковш, необходимой для проведения электронагрева и эффективного удаления серы, – 2,7–3,0 т.

Данная технология позволяет снизить затраты на производство конвертерной стали, повысить качество металла.

УДК 621.74

А.В. Сарычев, А.Б. Великий, В.В. Павлов, А.Х. Валиахметов, К.В. Казятин, Ю.В. Лукьянова

## ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОКРЕМНИСТЫХ МАРОК СТАЛИ В ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ЦЕХЕ ОАО «ММК»

Основной проблемой при производстве непрерывно-литой заготовки из металла с низким содержанием кремния (менее 0,03%) является его разливка на МНЛЗ, где вследствие большого содержания кислорода в металле (это отличительная черта «кипящего» металла) возникают порывы корочки заготовки, что приводит, как правило, к аварийной остановке МНЛЗ.

Поэтому основной задачей при разработке технологии производства непрерывно-литой заготовки из низкокремнистой стали является снижение содержания кислорода в ней.

В ОАО «ММК» эта задача осложнена отсутствием в ЭСПЦ вакууматора, обработка металла на котором является весьма распространенным мероприятием для снижения уровня содержания кислорода в стали, особенно за рубежом.

Исходя из отсутствия технологии вакуумирования металла, основным мероприятием по снижению уровня содержания кислорода в металле является его раскисление, то есть обработка материалами, имеющими большее сродство к кислороду. В условиях производства «кипящей» стали марки Св08А для сварочных электродов проблема глубокого раскисления металла усугубляется тем, что химический состав сталей по содержанию кремния (не более 0,03%),

марганца (0,35–0,50%), алюминия (не более 0,01%) не позволяет использовать в полном объеме раскислители на основе этих элементов.

С целью выбора оперативного критерия содержания кислорода был проведен анализ зависимости содержания кислорода в металле от его окисленности, определяемой на установке «печь-ковш» прибором «Селох». Результаты анализа (рис. 1) показали, что эта зависимость является значимой и окисленность металла может быть критерием содержания кислорода в металле.

По литературным данным содержание кислорода в спокойном металле составляет не более 0,01%. Таким образом, исходя из рис. 1, для по-

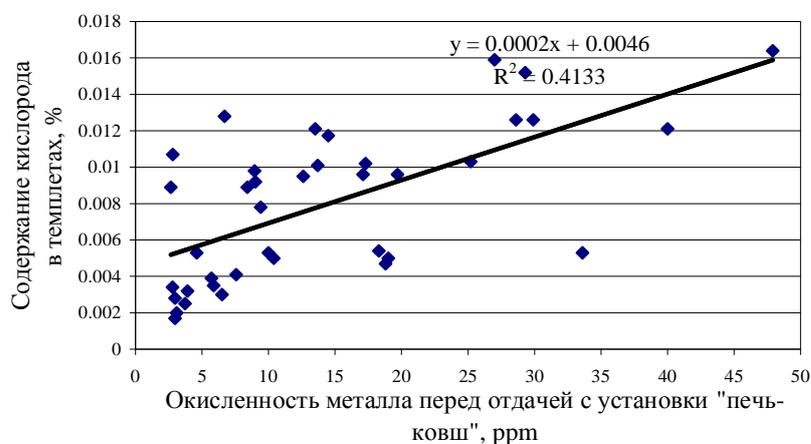


Рис. 1. Зависимость содержания кислорода в темплетах от окисленности металла перед отдачей с установки «печь-ковш»

лучения «псевдокипящего» металла оптимальная окисленность должна быть не более 20 ppm.

На первом этапе разработки технологии производства кипящей стали с оптимальным для разливки содержанием кислорода в металле были предприняты попытки найти наиболее оптимальные материалы с точки зрения получения низкого содержания кислорода в металле при раскислении стали в двухванном сталеплавильном агрегате. С этой целью за пять минут до начала выпуска металла из печи в ванну присаживали 1–1,5 т разных материалов раскислителей. За критерий принимали показания окисленности металла по приходу на установку «печь-ковш». Результаты показаны на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что наилучший результат раскисления металла достигнут при использовании смеси из силикомарганца и углеродсодержащего материала УМ-5, окисленность металла в среднем уменьшается на 33 ppm.

Раскисление металла в сталеразливочном ковше на выпуске металла из двухванного сталеплавильного агрегата производится расчетным количеством ферромарганца (с низким содержанием кремния). На начальном этапе металл раскисляли алюминием в количестве 600–800 кг на плавку, при этом содержание алюминия в готовой стали составляло 0,020–0,040%.

Основной проблемой при данном варианте технологии является зарастание стаканов при разливке стали на МНЛЗ включениями глинозёма.

По имеющимся данным (литературным и из опыта других заводов) для создания условий уменьшения зарастания стаканов применяется обработка металла кальцием. При этом создается более легкоплавкая эвтектика на основе окислов алюминия и кальция, что резко снижает вероятность «налипания» тугоплавких окислов алюминия на стенки стаканов.

Определение вида соединения Са в металле не

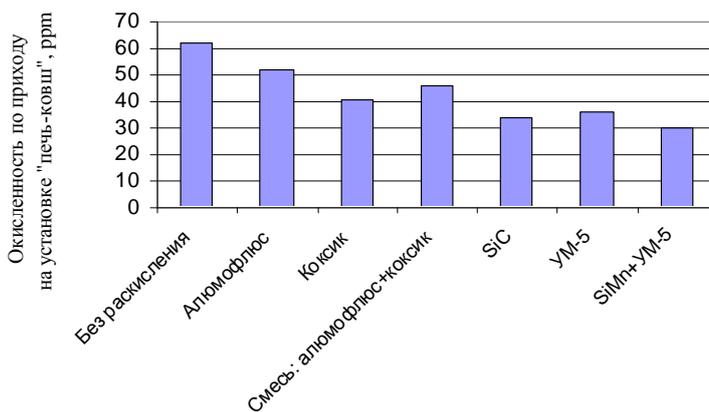


Рис. 2. Влияние предварительного раскисления металла разными материалами на окисленность по приходу на установку «печь-ковш»

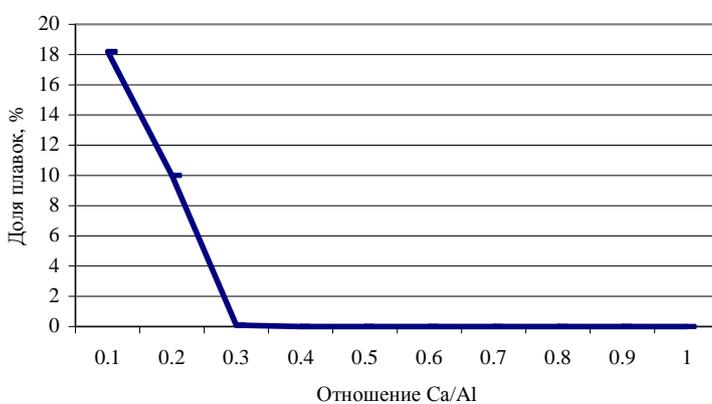


Рис. 3. Влияние отношения Са/Al на «зарастание» стаканов

представляется возможным, поэтому опытным путем определяли оптимальное отношение Са/Al в металле. На рис. 3 представлена зависимость разливаемости металла от отношения Са/Al.

Таким образом, для условий ОАО «ММК» оптимальное соотношение Са/Al в готовом металле составляет более 0,3; т.к. усвоение Са в металле нестабильно, то принято решение иметь отношение Са/Al в пределах 0,3–0,6. Более высокое отношение не является экономически эффективным.

Сравнительный анализ химического состава и механических свойств стали, полученной по разным технологиям, представлены в таблице.

**Сравнительный анализ химического состава и механических свойств (средние значения) сварочной проволоки марки стали Св08А**

Технология	Химический состав металла, %				Механические свойства		
	Количество плавков	C	Si	Mn	Количество партий	Временное сопротивление, Н/мм <sup>2</sup>	Относительное сужение поперечного сечения после разрыва, %
ДСА* – изложницы	87	0,07	0,01	0,41	290	346,6	75,8
ДСА–МНЛЗ	50	0,08	0,02	0,44	156	392,2	73,3
ТУ 14-1-4760-89		н.б. 0,10	н.б. 0,03	0,35–0,45		н.б. 420	н.м. 60

\*ДСА – двухванный сталеплавильный агрегат.

Как видно из **таблицы**, полученные механические свойства соответствуют требованиям ТУ 14-1-4760-89.

Разработанная технология производства «псевдокипящего» металла позволила:

- получить требуемый химический состав металла;
- разливать металл на сортовых МНЛЗ;
- получить требуемые механические свойства;
- выполнить заказы потребителей.

УДК 621.74

В.Ф. Дьяченко, Д.В. Юречко, А.Б. Великий, Ю.М. Желнин, А.Г. Алексеев, А.С. Казаков

## **ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ НОВОЙ СЛЯБОВОЙ МНЛЗ № 5 С ВЕРТИКАЛЬНЫМ УЧАСТКОМ В ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ЦЕХЕ ОАО «ММК»**

Процесс непрерывной разливки стали начал получать промышленное развитие в середине прошлого столетия. Бурному его распространению и широкому внедрению способствовал экономический рост, наблюдаемый в большинстве промышленно развитых стран мира, что обусловило быстрое внедрение многих высокоэффективных технологических процессов и стимулировало развитие новых технологических построений в черной металлургии.

В большинстве стран мира доля стали, разливаемой на МНЛЗ, превышает 90–95%. Ожидается, что практически полное оснащение предприятий черной металлургии машинами непрерывной разливки стали произойдет примерно к 2020 году.

В электросталеплавильном (бывшем мартеновском) цехе ОАО «ММК» до конца 2004 г. использовалась устаревшая технология разливки стали в изложницы. С целью повышения эффективности производства, в соответствии с инвестиционной программой реконструкции ОАО «ММК», было принято решение о замене разливки в изложницы на оборудование, отвечающее современным требованиям. Это позволило установить в июле–октябре 2004 г. две сортовых машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ № 1 и 2) производства фирмы «VAI». За короткий период новые машины были выведены на предусмотренную проектную мощность.

В существовавшей схеме производства, включавшей два двухванных сталеплавильных агрегата, агрегат печь-ковш, агрегат доводки стали и две сортовых МНЛЗ № 1 и 2, дальнейшее повышение производительности старого цеха без существенной реконструкции не представлялось возможным, поэтому вторым этапом обновления мартеновского цеха явилась замена ДСА на две современные дуговые электропечи аналогичной емкостью, с увеличенной вдвое – до 4 млн т стали суммарной годовой производительностью, что и было сделано в апреле–сентябре 2006 г.,

когда были введены в эксплуатацию новые ДСП № 1 и 2, в разработке которых главным подрядчиком выступила фирма «VAI». Дополнительно, для выполнения требований к подготовке металла перед непрерывной разливкой запущен агрегат печь-ковш № 2. После этих преобразований мартеновский цех был переименован в электросталеплавильный (ЭСЦ).

Таким образом, ввод новых дуговых электропечей позволил повысить мощности сталеплавильных агрегатов до 4 млн т стали при существовавшей производительности сортовых машин в 2 млн т. С целью дальнейшего повышения качества непрерывно-литой заготовки и гибкости производственного процесса в ЭСЦ в августе 2006 г. введена в эксплуатацию принципиально новая для ОАО «ММК» слябовая МНЛЗ с вертикальным участком, которой, учитывая уже имеющиеся в ККЦ четыре слябовые машины непрерывного литья заготовок, был присвоен пятый номер.

Комплекс оборудования МНЛЗ № 5 был спроектирован ООО «Уралмаш-МО» и включал как новое оборудование, поставляемое этой фирмой, так и ранее демонтированное, при реконструкции МНЛЗ № 2 и 3 кислородно-конверторного цеха ОАО «ММК».

В результате была построена двухручьева машина криволинейного типа с вертикальным кристаллизатором, многоточечным загибом и выпрямлением непрерывного слитка. Выбор схемных и конструктивных решений оборудования МНЛЗ № 5 был подчинен обеспечению требований к качеству производимой продукции.

Наличие вертикального участка МНЛЗ, включающего прямой кристаллизатор и часть поддерживающего роликового аппарата, способствует всплытию неметаллических включений, вследствие чего уменьшается их скопление на внутренней поверхности оболочки слитка и снижается общее содержание неметаллических включений в непрерывно-литой заготовке.



Рис. 1. Г-образный стенд сталеразливочного ковша



Рис. 2. Вертикальный кристаллизатор МНЛЗ № 5

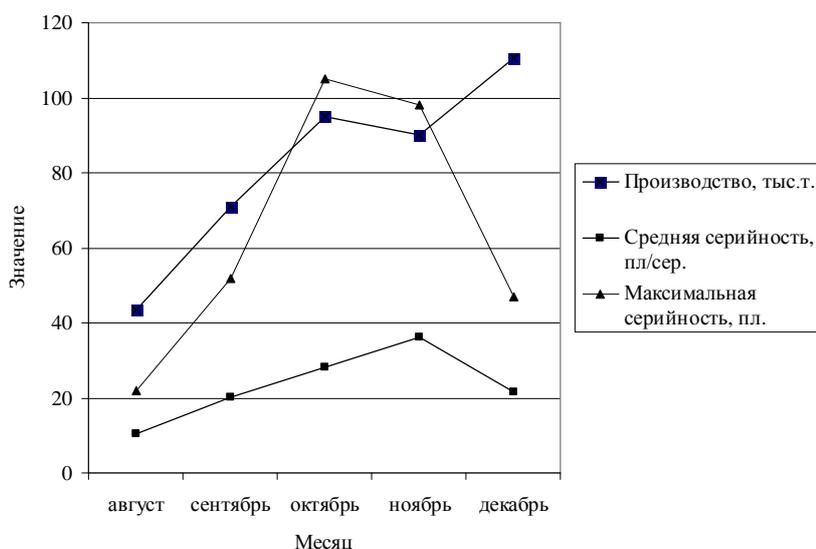


Рис. 3. Показатели работы МНЛЗ № 5 в 2006 г.

Прямой кристаллизатор обеспечивает равномерное соприкосновение кристаллизующейся оболочки слитка с медными стенками кристаллизатора. Благодаря этому обеспечивается равномерный теплоотвод и прирост кристаллизующейся корочки слитка, что, в свою очередь, способствует улучшению качества поверхности слитка и повышает безопасность относительно прорывов.

Равномерное расположение приводных роликов по роликовой зоне в совокупности с системой управления электроприводами обеспечивает минимизацию нагрузки на слиток от усилия вытягивания.

Новыми в МНЛЗ № 5 является «верхняя» часть машины, включающая Г-образный стенд сталеразливочного ковша (рис. 1), телегу промежуточного ковша и сам промковш, кристаллизатор (рис. 2), вертикальный участок и зону загиба, пульт управления, затравки и механизмы их заведения и т.д.

В качестве остальных роликовых секций используются демонтированные секции с МНЛЗ № 2 и 3 ККЦ.

В конце июля 2006 г. после окончания строительства и испытаний необходимого оборудования машина непрерывного литья заготовок была введена в промышленную эксплуатацию.

С момента запуска в 2006 г. на МНЛЗ № 5 было разлито 2324 плавки, средняя серийность составила 21,9 пл./серии. Максимальное количество плавков в одной серии составило 105 плавков при длительности разливки около семи суток, что сопоставимо с показателями непрерывной работы слябовых машин ККЦ. Разливались кипящие марки стали, спокойные и полуспокойные, углеродистые и низколегированные марки.

В процессе освоения технологии непрерывной разливки, обеспечивающей безаварийную работу и получение слябов требуемого ка-

чества, были внесены изменения в конструкцию роликового аппарата и систему вторичного охлаждения заготовок. Были проведены исследования влияния типа применяемой шлакообразующей смеси на стабильность процесса разливки, что позволило выбрать и использовать оптимальные составы ШОС.

Проведенные работы позволили стабилизировать работу оборудования МНЛЗ (рис. 3) и достичь длительности непрерывной разливки, сопоставимой с машинами кислородно-конвертерного цеха. Разливка стали на МНЛЗ с измененной

схемой конструкции ЗВО и использованием скорректированных расходов воды позволила снизить долю отсортировки горячекатаного листа более чем в четыре раза.

Таким образом, к 2007 г. была стабилизирована работа оборудования слябовой МНЛЗ, что позволило проводить непрерывную разливку большими сериями. В 2007 г. на машине устанавливается система прогнозирования подвисаний фирмы «Техноап», что также должно способствовать снижению нештатных ситуаций при разливке.

---

## ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.771

А.В. Шаргунов, С.Н. Горшков, С.В. Денисов, А.В. Титов, О.В. Казаков, В.Г. Костюнин

### ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОКАТА В ПРОЦЕССЕ ПРАВКИ В АПР-2 ЛПЦ-4 ОАО «ММК»

Агрегаты поперечной резки (АПР) листового проката относятся к вспомогательному (адью-стажному) оборудованию, на которых производят правку и порезку рулонной широкополосной стали. Во время правки полосы в роликоправильных машинах происходят хотя и незначительные, но пластические деформации, которые приводят к изменению конечных механических свойства проката.

19 сентября 2005 г. был сдан в эксплуатацию агрегат поперечной резки № 2 фирмы «Fimi» в ЛПЦ-4 ОАО «ММК», в состав которого входят две листоправильные машины. Первая листоправильная машина имеет 15 рабочих роликов диаметром 80 мм, вторая 17 рабочих роликов диаметром 55 мм. Обе машины оснащены опорными роликами.

Для оценки влияния правки в ЛПМ на механические свойства горячекатаного металла исследовали следующие группы горячекатаного проката: сталь марки СтЗсп обыкновенного качества, конструкционная сталь марки 20(ЮА) обыкновенного качества, низколегированная конструкционная сталь марки 09Г2С, низколегированная конст-

рукционная сталь марки 10ХСНД. При этом свойства определяли до и после правки полосы в ЛПМ. Результаты исследований представлены в табл. 1–4 и на рис. 1–4.

Значительная разница в перекрытии роликов на одной и той же толщине обусловлена разной

Таблица 2

**ФМС проката из стали марки 20 (ЮА) в зависимости от величины перекрытия роликов**

Партия	Толщина листа, мм	Перекрытие роликов, мм		Изменение ФМС проката			
		ЛПМ-1	ЛПМ-2	$\sigma_t$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_4$ , %	НВ, ед.
18695	3	-3,5	-	н.д.	+5	-1,0	нет
18829	3	-3,1	-	+10	+17	-	нет
27785	4	-0,8	-	+7,5	+16	-3,0	нет
37925	4	-0,7	-	+18,0	+3,5	-2,0	нет
3586	6	+3,6	-	нет	+7,5	-5,5	нет

Таблица 3

**ФМС проката из стали марки 09Г2С в зависимости от величины перекрытия роликов**

Партия	Толщина листа, мм	Перекрытие роликов, мм		Изменение ФМС проката		
		ЛПМ-1	ЛПМ-2	$\sigma_t$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_4$ , %
28577	4	-0,9	-	+12,0	+11,5	-1,0
16089	4	-	-0,7	+17,0	+2,5	-1,0
16119	4	-	-1,6	+10,0	+20,0	-3,0
37925	5	+0,4	-	+17,0	+5,0	-2,0

Таблица 4

**ФМС проката из стали марки 10ХСНД в зависимости от величины перекрытия роликов**

Партия	Толщина листа, мм	Перекрытие роликов, мм		Изменение ФМС проката		
		ЛПМ-1	ЛПМ-2	$\sigma_t$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_4$ , %
206575-5	4	-	-0,9	+5,0	+2,5	-2,0
212865-7	4	-0,7	-	+27,5	+10,0	-2,0

Таблица 1

**ФМС проката из стали марки СтЗсп в зависимости от величины перекрытия роликов ЛПМ**

Партия	Толщина листа, мм	Перекрытие роликов, мм		Изменение ФМС проката		
		ЛПМ-1	ЛПМ-2	$\sigma_t$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_4$ , %
16796	2	7,4	0,6	+35	+20	-3,0
7102	2	7,4	0,6	+42,5	+10	-3,5
7513	2	7	1,5	+40	+10	-3,5
3933	3	2,6	1,1	+17,5	+5	-1
7099	3	1,1	1,4	+12,5	+7,5	-2
35907	3	3	-	+5	+2,5	-6,5
27986	3	3,2	-	+7	+21	-7,8
21376	3	1,8	-	+7,5	+7,5	-3,5
32233	4	0	-	+2,5	+12,5	-2
13415	5	0,3	-	+20	+10	-1
108158-7	6	2,2	-	+2,5	+12,5	нет

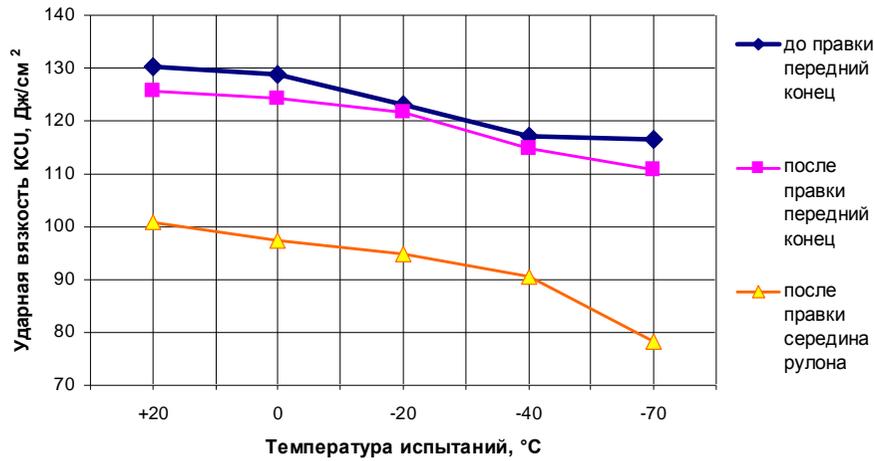


Рис. 1. Изменение ударной вязкости KCU на прокате из стали марки 09Г2С при различных температурах испытания

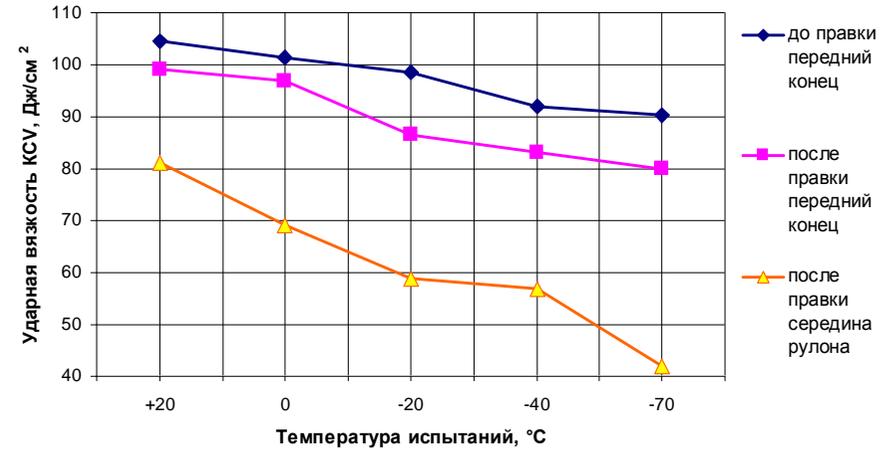


Рис. 2. Изменение ударной вязкости KCV на прокате из стали марки 09Г2С при различных температурах испытания

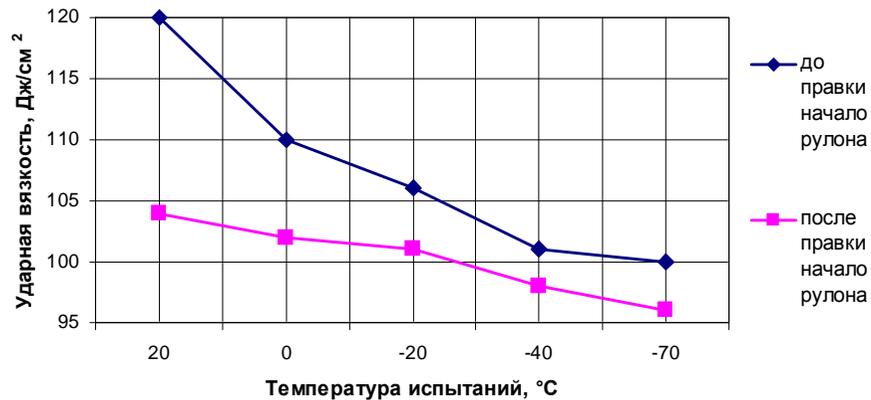


Рис. 3. Изменение ударной вязкости KCU на прокате из стали марки 10ХСНД при различных температурах испытаний

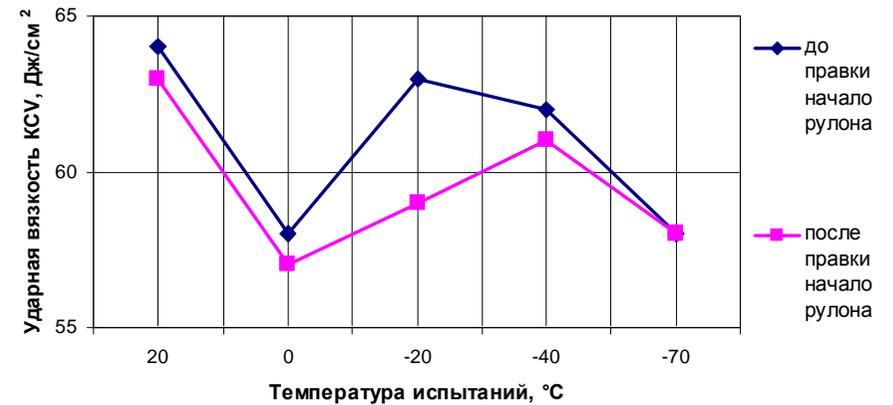


Рис. 4. Изменение ударной вязкости KCV на прокате из стали марки 10ХСНД при различных температурах испытаний

исходной неплоскостностью рулонов. Повышенная исходная неплоскостность требует применения больших перекрытий роликов в ЛПМ, а также применения правки в ЛПМ с меньшим диаметром роликов (ЛПМ-2).

Одновременная правка листов толщиной 2 мм в двух ЛПМ (партия 16796, 7102 и 7513) приводит к значительному увеличению  $\sigma_T$  от 35 до 42 Н/мм<sup>2</sup> и  $\sigma_B$  от 10 до 20 Н/мм<sup>2</sup>, при этом удлинение снижается на 3,5%.

Правка проката в двух ЛПМ толщиной 3 мм приводит к большему увеличению  $\sigma_T$  относительно режима правки в ЛПМ-1 (партия 3933, 7099), что обусловлено дополнительной правкой в ЛПМ-2 с меньшим диаметром роликов. При этом следует добавить, что на толщине 3 мм наблюдается различное по величине увеличение  $\sigma_B$  от 2,5 до 21 Н/мм<sup>2</sup> что является следствием применения больших перекрытий до 3,2 мм в ЛПМ-1 (партия 27986).

Анализ механических свойств показывает, что правка проката из стали марки 20(ЮА) изменяет механические свойства следующим образом: прочностные характеристики проката увеличиваются (предел текучести до 18 МПа, предел прочности до 17 МПа) пластические характеристики снижаются (относительное удлинение до 6%), при этом твердость проката не меняется.

Анализ механических свойств показывает, что правка проката изменяет механические свойства следующим образом. Прочностные характеристики проката увеличиваются (предел текуче-

сти до 17 МПа, предел прочности до 20 МПа) пластические характеристики снижаются (относительное удлинение до 3%).

На рис. 1 и 2 представлены результаты изменения ударной вязкости КСЧ и КСВ до и после применения правки в ЛПМ проката из стали марки 09Г2С.

Анализ полученных результатов показал, что правка листов приводит к снижению значений ударной вязкости до 11,5 Дж/см<sup>2</sup>. Уровень значений ударной вязкости после проведения правки для середины рулона меньше, от 20 до 40 Дж/см<sup>2</sup>.

Анализ механических свойств показывает, что правка проката изменяет механические свойства следующим образом: прочностные характеристики проката увеличиваются (предел текучести на 5–27,5 МПа, предел прочности на 2,5–10 МПа) пластические характеристики снижаются (относительное удлинение на 2%).

На рис. 3 и 4 представлены результаты изменения ударной вязкости КСЧ и КСВ до и после применения правки в ЛПМ на прокате из стали марки 10ХСНД.

Таким образом, при производстве широкополосной горячекатаной стали, поставляемой в листах, должно учитываться изменение ФМС в процессе правки. Полученные данные могут использоваться для принятия оперативных корректирующих действий при текущем производстве листового проката.

УДК 621.771

В.М. Салганик, Т.В. Коляда, А.И. Брусьянина

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ПОВЕРХНОСТИ ХОЛОДНОКАТАНОГО МЕТАЛЛА

Холоднокатаный листовой прокат относится к высококачественной металлопродукции. Ее потребители, особенно автозаводы, выдвигают все более жесткие требования к такому металлу, в частности к качеству его поверхности. Для их удовлетворения возникает необходимость в разработке и применении новых научно обоснованных технологических подходов и решений.

В исследованиях процесса холодной прокатки значительное место уделяется изучению влияния различных технологических факторов на появление дефектов поверхности металла. В частности, в условиях ЛПЦ-5 ОАО «ММК» поставили задачу выявления параметров, оказывающих ключевое воздействие на образование дефекта «излом». Ак-

туальность работы обусловлена достаточно частым появлением этого трудноустраняемого дефекта поверхности.

«Излом» проявляется в виде темных шероховатых полос и разветвленных линий, расположенных преимущественно под углом 45° к направлению прокатки или дрессировки, которые образуются под действием локальных напряжений, превышающих предел текучести металла (рис. 1) [1].

Данный дефект появляется на отдельных участках полосы вследствие пластической деформации поверхностных слоев и представляет собой линии, отличающиеся от материала полосы по цвету, а зачастую и по толщине [2].



Рис. 1. Внешний вид дефекта «излом»

Основными факторами, влияющими на возникновение и развитие «излома», считают [3]:

- неудовлетворительный поперечный профиль подката;
- натяжение полосы при смотке, превышающее установленные нормы;
- неплоскостность полосы после холодной прокатки;
- низкая шероховатость полосы;
- режимы термообработки;
- условия размотки рулона на дрессировочном стане.

Влияние каждой из этих причин по отдельности широко описано в литературе [4–6], но совместное воздействие различных факторов на образование дефекта «излом» изучено еще недостаточно.

Наиболее исследована вероятность возникновения изломов на полосе, связанная с видами эпюр удельных натяжений, отражающих одно-стороннюю краевую, некраевую и, особенно, локальную неплоскостность [7].

Полосу, имеющую заданную поперечную разнотолщинность (поперечный профиль), необходимо прокатывать с определенным распределени-

ем удельных натяжений для выравнивания межвиткового давления по высоте рулона. Но в литературе информация по этому вопросу отсутствует.

Проводили исследование совместного влияния поперечного профиля горячекатаного подката и шероховатости холоднокатаного отожженного недрессированного проката по параметру Ra на появление дефекта «излом».

В ходе работы оценивался поперечный профиль горячекатаной полосы, оптимальной формой которого считается «чечевица» [8]. Проводились замеры шероховатости по параметру Ra в трех точках по ширине холоднокатаного металла: край, середина, край. А также с двух его поверхностей: верхней и нижней. Величина микроизнашивания неодинакова по длине бочки рабочих валков: наиболее сильно изнашиваются участки, расположенные у кромок прокатываемой полосы. Наблюдается также разница в значениях шероховатости проката снизу и сверху. Параметр Ra снизу меньше, чем сверху из-за неодинаковых условий смазки верхнего и нижнего рабочих валков. Также в рамках исследования велось наблюдение за топографией дефекта «излом».

Был набран массив данных, который позволил сделать разведочный статистический анализ с использованием программы «Statistica».

Так как дефект сложно описать в относительных переменных, то его описывали в интервальных переменных:

101 (случай, когда «излом» наблюдался);

102 (случай, когда «излом» не наблюдался).

Все значения меньше 101 – это случаи 100 % появления дефекта на полосе, а больше 102 – его отсутствия. Внутри этого интервала (от значения 101 к значению 102) вероятность исчезновения дефекта возрастает согласно некоторому закону, для удобства взяли линейную зависимость (рис. 2).

Для определения тесноты связи между переменными вычислили матрицу корреляции (табл. 1).

Зависимость наблюдается между параметрами «излом» и шероховатость металла, а также «излом» и выпуклость горячекатаного подката. Коэффициенты их парной корреляции значимы с доверительной вероятностью 95%.

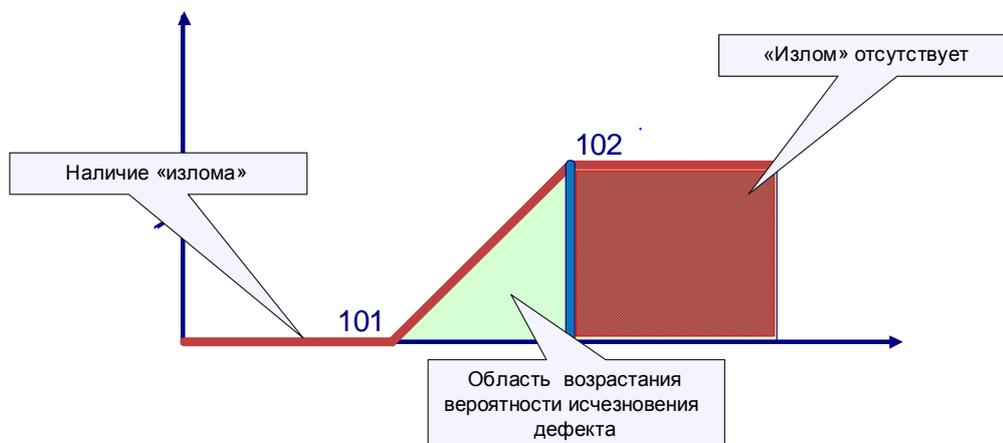


Рис. 2. Представление дефекта «излом» в интервальных переменных

**Матрица корреляции выпуклости горячекатаного подката, шероховатости по середине полосы и дефекта «излом», расположенного по центру полосы**

Параметр	Выпуклость, мм	Ra по середине, мкм	Излом по середине
Выпуклость, мм	1,0000	-0,1117	0,3263
	$\rho = \text{---}$	$\rho = 0,504$	$\rho = 0,046$
Ra по середине, мкм	-0,1117	1,0000	0,6037
	$\rho = 0,504$	$\rho = \text{---}$	$\rho = 0,000$
Излом по середине	0,3263	0,6037	1,0000
	$\rho = 0,046$	$\rho = 0,000$	$\rho = \text{---}$

Диапазон значений параметров, в которых получена регрессионная зависимость:

$$X_1 = 0-0,10 \text{ мм}; X_2 = 0,5-1,7 \text{ мкм.}$$

$$Y_1 = 100,1022 + 7,3377X_1 + 1,0795X_2, \quad (1)$$

где  $Y$  – вероятность появления дефекта «излом» по середине полосы;  $X_1$  – выпуклость профиля горячекатаной полосы;  $X_2$  – шероховатость по середине полосы по параметру Ra.

Значимыми оказались все коэффициенты в уравнении (уровень значимости  $p < 0,05$ ). Но при этом шероховатость оказывает большее влияние на образование дефекта «излом» по середине полосы, чем параметр выпуклость, т.к.  $\rho_{Ra} = 0,000003$  меньше  $\rho_{\text{выпуклость}} = 0,001754$  (табл. 2 и 3).

При чечевице меньше 0,02 мм вероятность возникновения дефекта «излом» самая высокая. А при значении Ra больше 1,3 мкм – самая низкая (рис. 3 и 4).

Для наглядности отображения взаимного влияния этих двух причин на возможность появления рассматриваемого дефекта была построена диаграмма линий уровня (рис. 5). Очевидно, что вогнутый поперечный профиль горячекатаного подката недопустим, равно как и шероховатость холоднокатаной полосы ниже 0,6 мкм (независимо от значений Ra и чечевицы соответственно, на металле будет образовываться дефект – светлая зона на диаграмме). Наименьшая вероятность возникновения «излома» возникает при одновременном значении выпуклости 0,04–0,10 мм и Ra > 1,0 мкм (темная зона). Таким образом, получены рациональные сочетания значений исследуемых величин.

Повышенные требования предъявляют к подкату для холоднокатаного проката по клиновидности поперечного сечения [8]. Значительная разница толщины кромок горячекатаных полос усложняет настройку стана холодной прокатки, приводит к образованию неплоскостности, которая, в свою очередь, сказывается на появлении дефекта «излом».

Проводился анализ совместного влияния клиновидности горячекатаного подката

и шероховатости металла по кромке на возникновение «излома».

Коэффициент корреляции Пирсона  $r$ , который отражает степень линейной зависимости между переменными, показал существование связи между клиновидностью и наличием дефекта, а также между шероховатостью

полосы по кромке и «изломом» (статистический уровень значимости  $p < 0,05$ ) (табл. 4).

Диапазон параметров, в которых получена регрессионная зависимость:

$$X_3 = 0 - 0,10 \text{ мм}; X_4 = 0,7 - 1,4 \text{ мкм.}$$

$$Y_2 = 101,2277 - 11,5181X_3 + 0,7711X_4, \quad (2)$$

где  $Y_2$  – вероятность появления дефекта «излом» на кромке полосы;  $X_3$  – клиновидность профиля горячекатаной полосы;  $X_4$  – шероховатость по краю полосы по параметру Ra.

Знаки при коэффициентах в уравнении регрессии показывают, что чем больше значение клиновидности горячекатаного подката и меньше шероховатости по кромке, тем появление «излома» на металле более вероятно (табл. 5 и 6). Значимыми оказались все коэффициенты в уравнении регрессии. Но, исходя из значений  $p$ -уровня, можно сделать вывод о преобладающем влиянии поперечного профиля подката на возникновение дефекта по краю полосы ( $\rho_{\text{клин}} = 0,002113$  меньше  $\rho_{Ra} = 0,043002$ ) (рис. 6, 7).

Таблица 2

**Результаты регрессионного анализа**

Параметр	Значение
Коэффициент множественной корреляции R	0,72207
Коэффициент детерминации R <sup>2</sup>	0,52138
Нормированный R <sup>2</sup>	0,49403
Рассчитанное значение критерия Фишера Fp	19,06373
Табличное значение критерия Фишера Ft	3,466794851
Уровень значимости p	0,00000
Стандартная ошибка	0,35591
Значимость коэффициента корреляции	ДА

Таблица 3

**Результаты регрессионного анализа**

Параметр	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t	Уровень значимости p
Y-пересечение	100,1022	0,221249	452,4421	0,000000
Выпуклость, мм	7,3377	2,165759	3,3881	0,001754
Ra по середине, мкм	1,0795	0,195964	5,5085	0,000003

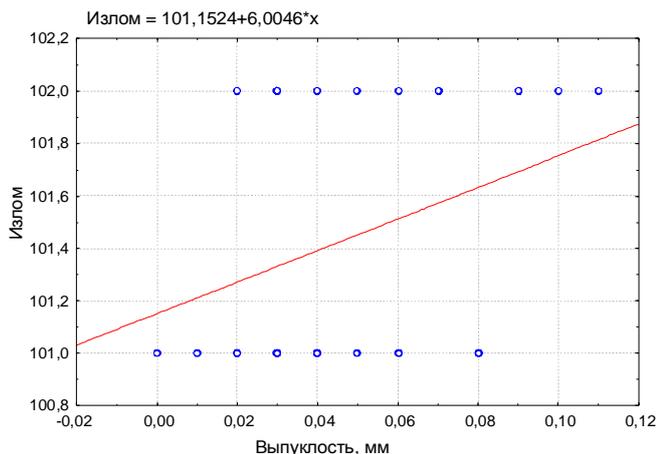


Рис. 3. Диаграмма рассеяния параметров выпуклость и «излом»

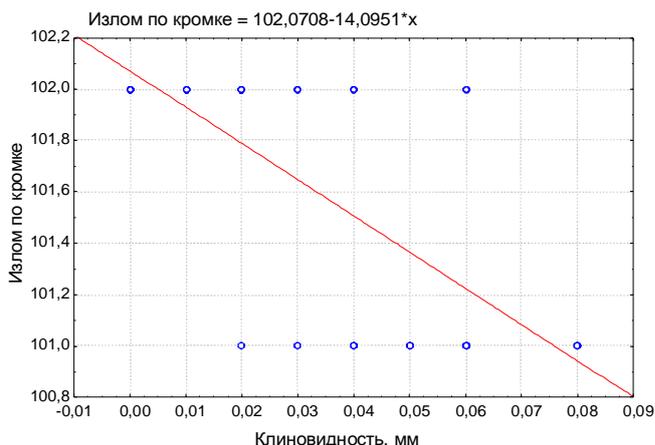


Рис. 6. Диаграмма рассеяния параметров «клиновидность» и «излом»

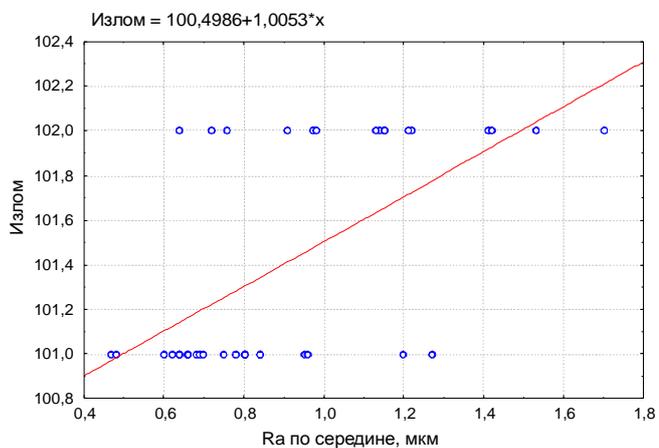


Рис. 4. Диаграмма рассеяния параметров Ra и «излом» по середине полосы

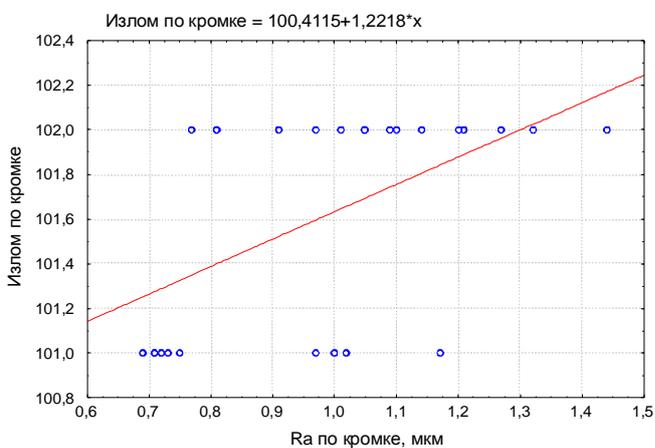


Рис. 7. Диаграмма рассеяния параметров Ra по кромке и «излом»

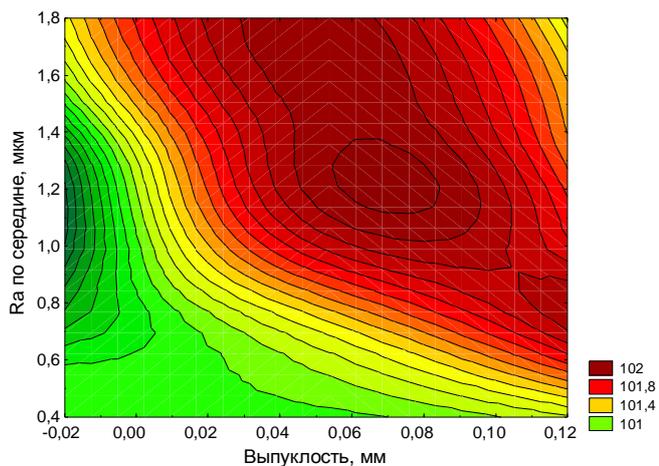


Рис. 5. Диаграмма линий уровня

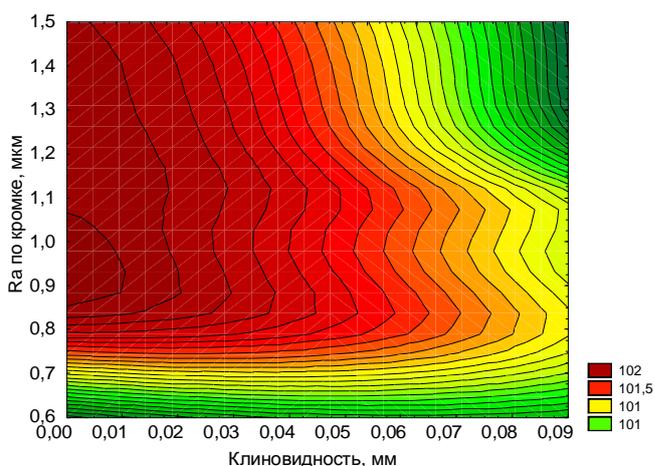


Рис. 8. Диаграмма линий уровня

Таблица 4

**Матрица корреляции клиновидности, шероховатости по кромке и дефекта «излом»**

Параметр	Клиновидность, мм	Ra по кромке, мкм	Излом по кромке
Клиновидность, мм	1,0000	-0,3616	-0,6543
	$\rho = \text{---}$	$\rho = 0,069$	$\rho = 0,000$
Ra по кромке, мкм	-0,3616	1,0000	0,5242
	$\rho = 0,069$	$\rho = \text{---}$	$\rho = 0,006$
Излом по кромке	-0,6543	0,5242	1,0000
	$\rho = 0,000$	$\rho = 0,006$	$\rho = \text{---}$

Таблица 5

**Результаты регрессионного анализа**

Параметр	Значение
Коэффициент множественной корреляции R	0,72336
Коэффициент детерминации R <sup>2</sup>	0,52325
Нормированный R <sup>2</sup>	0,48180
Рассчитанное значение критерия Фишера F <sub>p</sub>	12,62178
Табличное значение критерия Фишера F <sub>t</sub>	3,466794851
Уровень значимости p	0,00020
Стандартная ошибка	0,35715
Значимость коэффициента корреляции	ДА

Таблица 6

**Результаты регрессионного анализа**

Параметр	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t	Уровень значимости p
Y-пересечение	101,2277	0,412109	245,6334	0,000000
Клиновидность, мм	-11,5181	3,326550	-3,4625	0,002113
Ra по кромке, мкм	0,7711	0,359951	2,1421	0,043002

позволит:

- оперативно прогнозировать качество продукции на стадии производства;
- производить своевременную корректировку технологии производства для предотвращения появления дефекта «излом»;
- снизить экономические потери производства за счет уменьшения переводов продукции в пониженную сортность.

Для оценки взаимного влияния параметров была построена диаграмма линий уровня (рис. 8). При значении Ra менее 0,8 мкм, а также клиновидности более 0,04 мм весь металл будет с дефектом на поверхности (светлая зона на диаграмме), в то время как сочетание значений Ra более 0,8 мкм и разницы толщины кромок меньше 0,04 мм наиболее подходит для получения годной продукции (темная зона).

Значимость проведенной работы определяется возможностью получения поверхности холоднокатаных листов, соответствующей международным стандартам путем варьирования рассмотренных технологических факторов в установленных диапазонах.

Известным фактом является наследственность формы поперечного сечения при холодной прокатке. Таким образом, изменить и исправить «недостатки» сформировавшегося профиля горячекатаного металла не представляется возможным. Но, зная величину выпуклости подката и опираясь на полученные диаграммы линий уровня, можно обеспечить необходимую шероховатость для предотвращения сваривания металла по середине полосы при отжиге.

Следует отметить, что при клиновидном подкате диапазон влияния микрогеометрии сужается, поэтому в некоторых случаях (при разнотолщинности кромок более 0,04 мм) целесообразней использовать другие меры воздействия для исключения этого трудноустраняемого дефекта (режим отжига, натяжение полосы и прочее).

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что при известных величинах выпуклости и клиновидности, исходя из изменения шероховатости поверхности бочки рабочих валков в процессе перевалочной кампании, можно рационально назначить металл на холодную прокатку, не нарушая монтажности, для снижения вероятности появления «излома».

Работа над определением взаимного влияния параметров на возникновение дефекта «излом» продолжается, впоследствии массив опытных данных будет дополняться и анализироваться.

Внедрение результатов этого исследования

**Библиографический список**

1. Классификатор дефектов / Центральная лаборатория ОАО «ММК».
2. Мазур В.Л., Добронравов А.И., Чернов П.П. Предупреждение дефектов листового проката. Киев: Техника, 1986. 141 с.
3. Улучшение качества поверхности холоднокатаных полос / Настич В.П., Чернов П.П., Божков А.И. и др. // Производство проката. 2003. № 3. С. 9–15.
4. Влияние режимов холодной прокатки и микрогеометрии валков на шероховатость холоднокатаных полос / Э.А. Гарбер, П.Б. Горелик, Е.В. Дилигенский др. // Производство проката. 1999. № 6. С. 7–10.
5. Настич В.П., Чернов П.П., Божков А.И. и др. Улучшение качества поверхности холоднокатаных полос // Производство проката. 2003. № 2. С. 11–15.

6. Улучшение качества поверхности холоднокатаных полос / Настич В.П., Чернов П.П., Божков А.И. и др. // Производство проката. 2003. № 3. С. 9–15.  
 7. Профилирование валков листовых станов / А.А. Будакова, Ю.В. Коновалов, К.Н. Ткалич и др. Киев: Техніка, 1986. 190 с.

УДК 621.771

С.Н. Горшков, С.В. Денисов, А.В. Шаргунов, А.В. Титов, Г.Н. Посаженников, В.В. Галкин

## РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НА СТАНЕ 2500 Г.П. ПРОКАТА ИЗ СТАЛИ МАРКИ 20 ПО ГОСТ 4041-71 И ТС 14-101-791-2004

До января 2004 года прокат из стали марки 20 толщиной 8,0...10,0 мм по ГОСТ 4041-71 и ТС 14-101-791-2004 при несоответствии механических свойств после горячей прокатки (обеспечение твердости не более 127 НВ) согласно ГОСТ 4041-71 подвергался последующей термической обработке (нормализации в проходной печи ЛПЦ-4).

В январе 2004 года (приказ ОАО «ММК» № 70 от 26.01.2004 г.) печь нормализации в ЛПЦ-4 была демонтирована.

Для выполнения заказов на данный металлопрокат с гарантией механических свойств, в условиях отсутствия средств термической обработки, на основе ранее проведенных исследований в условиях ОАО «ММК» [1–3] и других металлургических предприятиях [4–6] была разработана и предложена новая технология, особенностями которой являются снижение массовой доли следующих элементов: С=0,17...0,20%, Si=0,17...0,27% и Mn=0,35...0,45%; корректировка температурно-деформационных режимов прокатки (Т<sub>з</sub>, Т<sub>кп</sub>, Т<sub>см</sub>, толщина раската перед чистовой группой, скорость и ускорение), последеформационной выдержки и схемы ускоренного охлаждения полос на отводящем рольганге.

Отработку технологии производства металлопроката из стали марки 20 по ГОСТ 4041-71 и ТС 14-101-791-2004 можно разбить на три этапа.

Отличительные особенности этапов отработки технологии заключались в следующем:

1 этап – Тсм:

для толщины 8,0 мм – 655...685°C;  
 для толщин 8,1...10,0 мм – 635...665°C,  
 охлаждение полос на отводящем рольганге осуществляли с секции № 15;

2 этап – Тсм:

для толщины 8,0 мм – 660...700°C;  
 для толщин 8,1...10,0 мм – 650...690°C,  
 охлаждение полос на отводящем рольганге осуществляли с секции № 21;

3 этап – Тсм:

для толщины 8,0 мм – 670...710°C;  
 для толщин 8,1...10,0 мм – 670...700°C,  
 охлаждение полос на отводящем рольганге осуществляли с секции № 27.

На каждом этапе проводились опытные прокатки, в ходе которых фиксировались: химический состав стали, температурные и скоростные режимы прокатки, а также порядок включения секций установки ускоренного охлаждения.

Таблица 1

Химический состав стали марки 20, %

Этап освоения	Содержание	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	N2	Al	Mo	V
1	Минимальное	0,17	0,20	0,38	0,008	0,009	0,02	0,02	0,03	0,004	0,032	0,003	0,002
	Максимальное	0,20	0,25	0,55	0,022	0,019	0,04	0,07	0,07	0,007	0,053	0,007	0,010
	Среднее	0,182	0,219	0,435	0,015	0,014	0,028	0,031	0,052	0,005	0,046	0,004	0,005
2	Минимальное	0,17	0,20	0,40	0,009	0,007	0,01	0,02	0,02	0,004	0,038	0,003	0,003
	Максимальное	0,19	0,25	0,57	0,025	0,021	0,04	0,04	0,07	0,007	0,066	0,005	0,015
	Среднее	0,178	0,224	0,469	0,016	0,014	0,021	0,031	0,047	0,005	0,048	0,004	0,009
3	Минимальное	0,17	0,19	0,40	0,011	0,008	0,01	0,01	0,02	0,004	0,037	0,002	0,003
	Максимальное	0,18	0,27	0,52	0,025	0,019	0,04	0,08	0,10	0,007	0,055	0,011	0,015
	Среднее	0,172	0,218	0,448	0,017	0,014	0,022	0,029	0,041	0,005	0,046	0,004	0,007

Таблица 2

Технологические параметры прокатки и охлаждения полос из стали марки 20 толщиной 8 и 10 мм

Этап освоения	Толщина раската, мм	Толщина полосы, мм	T <sub>з</sub> , °C	T <sub>кп</sub> , °C	T <sub>см</sub> , °C	A, м/с <sup>2</sup>	Скорости по клетям чистовой группы, м/с					
							5	6	7	8	9	10
1	30	8,0	1100–1145	845–875	655–690	0,01	1,23	1,66	2,07	2,60	3,14	3,56
	30	10,0	1110–1150	830–860	630–670	0,01	1,05	1,34	1,60	1,97	2,34	2,61
2	30	8,0	1070–1110	840–870	655–695	0,01	1,06	1,47	1,86	2,32	2,76	3,20
	30	10,0	1100–1145	830–860	660–700	0,01	1,08	1,41	1,65	2,02	2,33	2,58
3	30	8,0	1120–1150	835–865	675–710	0,01	1,08	1,48	1,86	2,32	2,80	3,10
	30	10,0	1120–1145	820–855	665–705	0,01	1,03	1,36	1,63	1,96	2,23	2,43

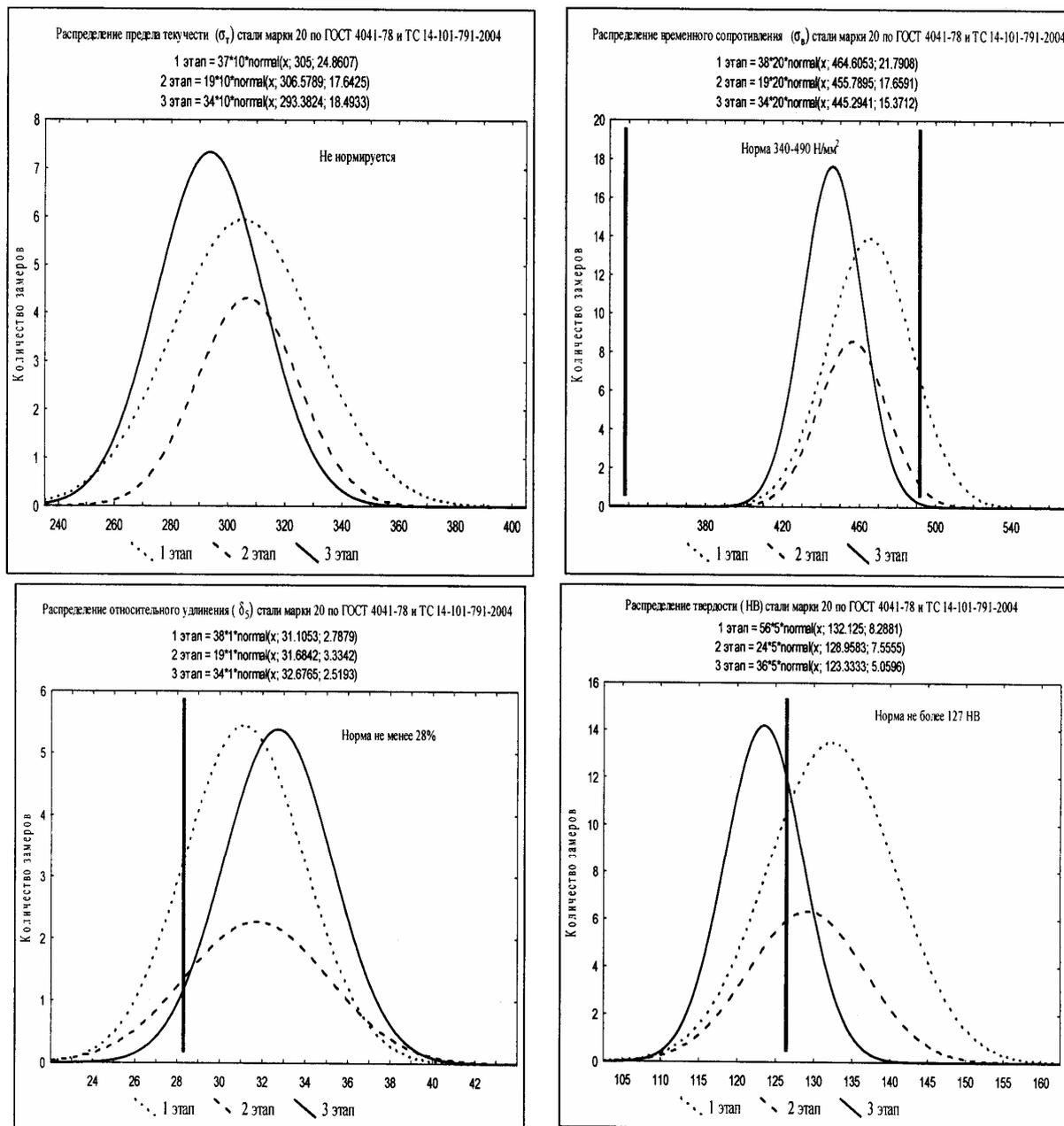


Таблица 3

Параметры охлаждения полос из стали марки 20 толщиной 8 и 10 мм

Этап освоения	Толщина полосы, мм	Точка начала душирования, с (№ секции)	Количество коллекторов межклетьевого охлаждения, шт.	Секции душирующей установки, шт.	
				верхние	нижние
1	8,0	12,3 (№ 15)	3	6	10
	10,0	16,8 (№ 15)	4	10	14
2	8,0	16,3 (№ 21)	3	6	9
	10,0	20,2 (№ 21)	4	8	10
3	8,0	25,9 (№ 27)	3	5	6
	10,0	33,1 (№ 27)	4	6	7

Химический состав и технологические режимы прокатки полос из стали марки 20 приведены в табл. 1, 2.

При прокатке полосы в чистовой группе производилось охлаждение в межклетевых промежутках. Параметры охлаждения полос на центральном рольганге и межклетевых промежутках представлены в табл. 3.

Распределение механических свойств (предела текучести, временного сопротивления, удлинения и твердости) в зависимости от этапа приведены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, с увеличением последеформационной выдержки проката из стали марки 20 при остальных примерно одинаковых условиях прокатки происходит снижение прочностных и повышение пластических характеристик металла.

Так, при увеличении последеформационной

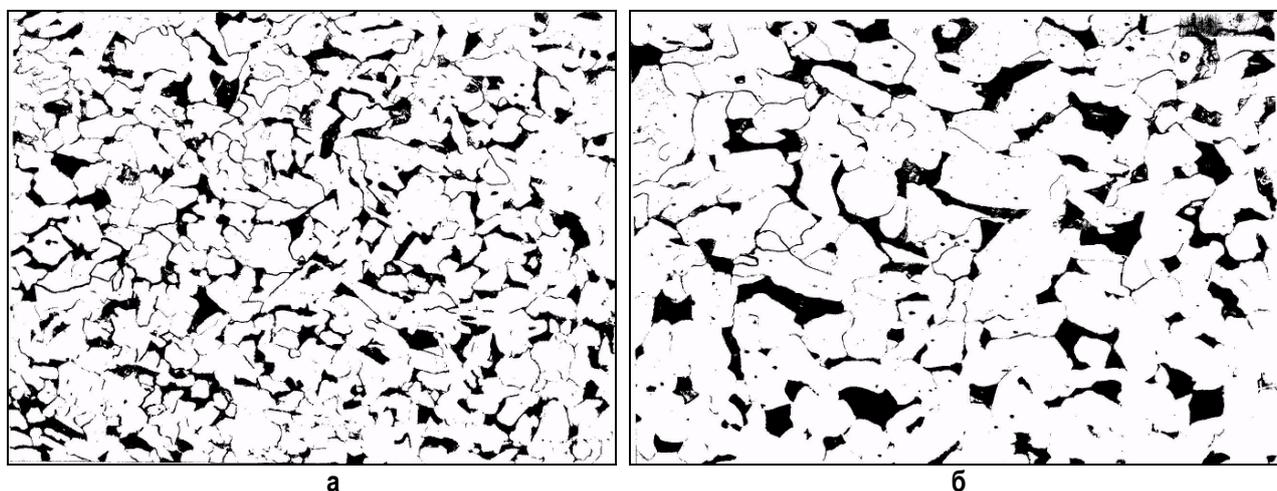


Рис. 2. Микроструктура стали марки 20 толщиной 8 мм при увеличении х400: а – ускоренное охлаждение с 15 секции; б – ускоренное охлаждение с 27 секции

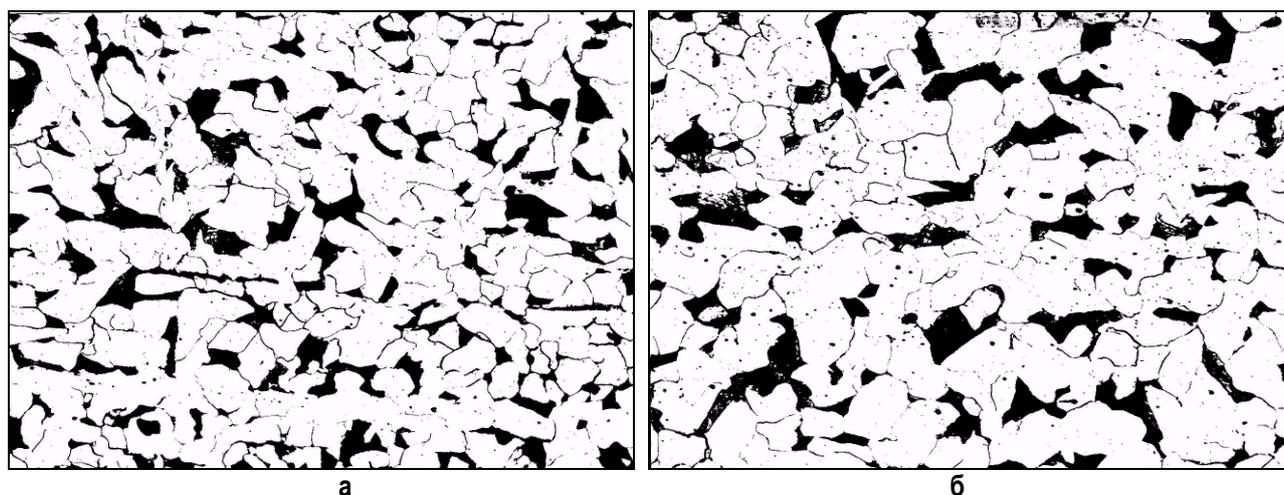


Рис. 3. Микроструктура стали марки 20 толщиной 10 мм при увеличении х400: а – ускоренное охлаждение с 15 секции; б – ускоренное охлаждение с 27 секции

## Результаты оценки микроструктуры

Толщина, мм	Точка начала душирования, с (№ секции)	Величина зерна феррита, балл		Загрязненность неметаллических включений, балл		Полосчатость, балл	Видманштетт, балл	Дисперсность перлита, балл
		Середина	Поверхность	Сульфиды	Строчечные оксиды			
8	12,3 (№ 15)	7–8	7–8	5	1–2	1	1–2	1–4
8	25,9 (№ 27)	7–6	7–8	5	4–5	1–2	0–1	1–3
10	16,8 (№ 15)	7–6	7–8	4–5	2	1–2	1	1–3
10	33,1 (№ 27)	6–7	7–8	3–4	2	1–2	1	1–3

выдержки на 13,6...16,4 с для проката толщиной 8 и 10 мм соответственно происходит снижение: временного сопротивления на 11,6 Н/мм<sup>2</sup>; предела текучести на 19,4 Н/мм<sup>2</sup>, твердости на 8,8 единицы НВ, при этом относительное удлинение повышается на 1,5%.

Следует отметить, что химический состав стали марки 20 на всех этапах обработки технологии характеризуется высокой стабильностью практически по всем элементам (см. табл. 1).

Кроме того, для исследования влияния последеформационной выдержки на микроструктуру проводили отбор проб для металлографических исследований. Результаты исследований представлены в табл. 4 и на рис. 2, 3.

Сравнивая требования нормативных документов (ГОСТ 4041-71, ТС 14-101-791-2004) с фактическим уровнем физико-механических свойств проката (см. рис. 3, 4), видно, что предложенная технология с ускоренным охлаждением с 27 секции удовлетворяет требованиям НД. Кроме того,

обеспечивается более высокая однородность механических свойств проката.

## Заключение

Для производства стали марки 20 по ГОСТ 4041-71 и ТС 14-101-791-2004 с получением гарантированных механических свойств в горячекатаном состоянии необходимо:

- ограничить содержание химического состава в следующих диапазонах: С=0,17...0,20%, Si=0,17...0,27% и Mn=0,35...0,45%;
- выдерживать заправочную скорость прокатки в чистовой группе клетей для толщины полосы 8,0...10,0 мм не более 200 м/мин (3,3 м/с);
- выдерживать температуру конца прокатки полос в диапазоне: для толщины 8,0 мм – 835...865°C; для толщин 8,1...10,0 мм – 825...855°C;
- выдерживать температуру смотки полос в диапазоне: для толщины 8,0 мм – 670...710°C; для толщин 8,1...10,0 мм – 670...700°C;
- охлаждение полосы на отводящем рольганге осуществлять не ранее чем с секции № 27.

## Библиографический список

1. Разработка и корректировка режимов автоматического охлаждения полос на отводящем рольганге стана 2000 / М.А. Молостов, Н.Н. Карагодин и др. // Совершенствование технологии в ОАО «ММК»: Сб. трудов ЦЛК. Вып. 4. Магнитогорск, 2000. С. 120–135.
2. Технология горячей прокатки полос после модернизации установки ламинарного охлаждения на отводящем рольганге стана 2500 горячей прокатки ОАО «ММК» / Денисов С.В., Горшков С.Н., Шаргунов А.В., Посажеников Г.Н., Галкин В.В. // Металлург. 2007. № 1. С. 53–55.
3. Разработка технологии горячей прокатки полос с учетом реконструкции установки ламинарного охлаждения на отводящем рольганге стана 2500 горячей прокатки / Карагодин Н.Н., Денисов С.В., Посажеников Г.Н., Горшков С.Н. // Материалы межзаводской школы по обмену опытом специалистов листопрокатного производства ОАО «ММК», ОАО «НЛМК», ОАО «СеверСталь» (14–23 июня 2006 г.). М.: ООО «Корпорация «Чермет», 2006. С. 18–25.
4. Коцарь С.Л., Белянский А.Д., Мухин Ю.А. Технология листопрокатного производства. М.: Металлургия, 1997. 272 с.
5. Охлаждение полос при горячей прокатке на непрерывных широкополосных станах / Е.В. Смирнов, Б.А. Гунько и др. // Сталь. 1980. № 5. С. 388–394.
6. Влияние режимов ускоренного охлаждения на свойства и структуру полосового проката / Л.В. Коваленко, А.А. Азаркевич, И.В. Франценюк и др. // Сталь. 1978. № 10. С. 951–955.

Г.А. Куницын, Э.М. Голубчик, П.Н. Смирнов

## ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОКАТАНОЙ ЛЕНТЫ ИЗ ГОРЯЧЕКАТАНОГО ПОДКАТА МНОГОКРАТНОЙ ШИРИНЫ

В последние годы резко возросли требования к качеству проката черных металлов, поскольку ужесточилась конкурентная борьба на мировом рынке производителей стали при одновременном повышении требований потребителей к качеству. Это приводит к тому, что к продукции, используемой в различных отраслях народного хозяйства (автомобилестроении, строительстве, судостроении, а также в производстве товаров народного потребления), предъявляются жесткие требования к геометрии листового проката, одним из показателей которой является точность по толщине, в которую входят как продольная, так и поперечная разнотолщинность.

В настоящее время большая часть горячекатаного полосового проката толщиной 1,5–7 мм с широкополосных станов горячей прокатки служит исходной заготовкой (подкатом) для полосовых станов холодной прокатки. Таким образом, в технологической цепочке производства холоднокатаной полосовой стали горячая прокатка занимает одно из ключевых мест. Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует, что точность, качество поверхности и свойства холоднокатаного проката, а также технико-экономические показатели работы станов холодной прокатки зависят, прежде всего, от соответствующих параметров подката. Например, установлено, что искажение поперечного профиля (дефекты формы) горячекатаного подката оказывает решающее влияние на плоскостность холоднокатаных полос и эффективность процесса холодной прокатки. В действующих стандартах и технических условиях на полосовый прокат, в том числе и на горячекатаный подкат, в качестве характеристики точности поперечного профиля принята **поперечная разнотолщинность**, определяемая как разность между наибольшим и наименьшим значениями толщины, измеренными в одном поперечном сечении. При этом обычно

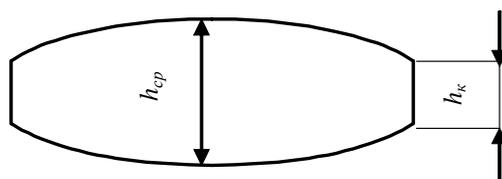


Рис. 1. Идеальный поперечный профиль проката

предполагают, что поперечный профиль горячекатаного подката является двояковыпуклым («чечевицеобразным») и симметричным относительно продольной оси (рис. 1). В связи с этим о поперечной разнотолщинности подката судят по результатам измерений толщины вдоль ширины проката в нескольких (пяти, иногда в семи) равноудаленных точках, за вычетом утоненных прикромочных участков шириной 40–50 мм с каждой стороны:

$$\Delta h = h_{cp} - h_k,$$

где  $h_{cp}$ ,  $h_k$  — толщина средней части и кромок поперечного профиля подката.

По технологическим соображениям такая форма поперечного профиля подката (см. рис. 1) является идеальной, поскольку моменты, создаваемые поперечными силами трения в процессе холодной прокатки, уравниваются, что обеспечивает поперечную устойчивость полосы и предупреждает или минимизирует ее поперечный изгиб. Однако получить горячекатаный подкат с таким поперечным профилем чрезвычайно трудно или практически невозможно [1]. Поэтому изменение толщины полосы в поперечном направлении, т. е. форма поперечного профиля подката, имеет стохастический характер и существенно отличается от формы поперечного профиля, показанного на рис. 1.

Дефекты формы поперечного профиля горячекатаного подката вызывают значительную неравномерность деформации при последующей холодной прокатке как по ширине, так и по толщине полосы. При холодной прокатке неравномерность деформации по ширине и толщине полосы, вызванная несоответствием поперечного профиля горячекатаного подката профилю активных образующих рабочих валков, приводит к частичному сглаживанию дефектов формы поперечного профиля горячекатаного подката и к появлению неплоскостности. В то же время холодная прокатка полос с ярко выраженной разнотолщинностью нарушает стабильность процесса, уменьшает стойкость валков, снижает производительность и ухудшает качество получаемой продукции. Кроме того, неплоскостность холоднокатаных полос приводит к свариванию витков при отжиге проката в колпаковых печах, затрудняет транспортиро-

вание рулонов проката, а также дрессировку и порезку готовой продукции [2, 3].

В настоящее время в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» освоено производство холоднокатаной продукции из горячекатаного подката двух- и многократной ширины при изготовлении жести в ЛПЦ-3 и стальной ленты в ЛПЦ-8, при производстве которых особенно остро наблюдается проблема повышенной разнотолщинности, как поперечной, так и продольной. Под **прокатом (подкатом) многократной ширины** (ПМШ) будем понимать стальной прокат, предназначенный для переработки в холоднокатаную полосу (ленту) с предварительным продольным роспуском широкой горячекатаной полосы на узкие полосы.

Например, в процессе переработки тонкого широкого горячекатаного подката «двойной» ширины с регламентируемой формой поперечного сечения, предназначенного для последующего изготовления жести, после его продольного роспуска на две равные по ширине полосы, в каждой из них будет явно выраженная клиновидная форма поперечного сечения. Прокатка такого клиновидного подката на непрерывных станах холодной прокатки приводит к появлению трудноразрешимых технологических проблем, особенно при производстве жести толщиной 0,25 мм и менее, в частности, многочисленным порывам, снижению скорости прокатки и т.д. Именно этот факт сдерживает развитие прокатки широкого горячекатаного подката для жести «двойной ширины» на металлургических предприятиях. А применение производства узких полос в качестве подката для жести существенно (практически в 2 раза) снижает производительность широкополосных станов горячей прокатки. Еще в большей степени данная проблема получения качественной продукции проявляется при производстве холоднокатаной ленты.

Рассмотрим случаи, возникающие в процессе продольного роспуска горячекатаного подката многократной ширины с традиционной «чечевицеобразной» формой (см. рис. 1) с исходной поперечной разнотол-

щинностью на узкие полосы равной ширины (рис. 2):

а) при роспуске на две по ширине полосы в каждой из них будет наблюдаться исходная поперечная разнотолщинность горячекатаного подката (рис. 2, а). При этом в каждой из полос появляется клиновидность, причем разнонаправленная;

б) при роспуске на три полосы в двух крайних будет наблюдаться максимальная исходная поперечная разнотолщинность с максимальной клиновидностью, а в средней полосе разнотолщинность будет минимальной (либо отсутствует полностью) с минимальной клиновидностью (рис. 2, б);

в) при роспуске на четыре полосы в крайних полосах поперечная разнотолщинность будет ярко выражена с максимальной клиновидностью, а центральные полосы будут иметь незначительную разнотолщинность (рис. 2, в);

г) при роспуске на пять полос (и более) разнотолщинность и клиновидность будет возрастать от центральных полос, где наблюдается практически прямоугольная форма полосы, до максимальных исходных значений в полосах, расположенных близи краевых участков исходной широкой полосы (рис. 2, г).

Следует учесть, что к параметрам поперечной разнотолщинности добавляется значение продольной разнотолщинности, в результате чего полосы, распушенные из одного широкого ру-

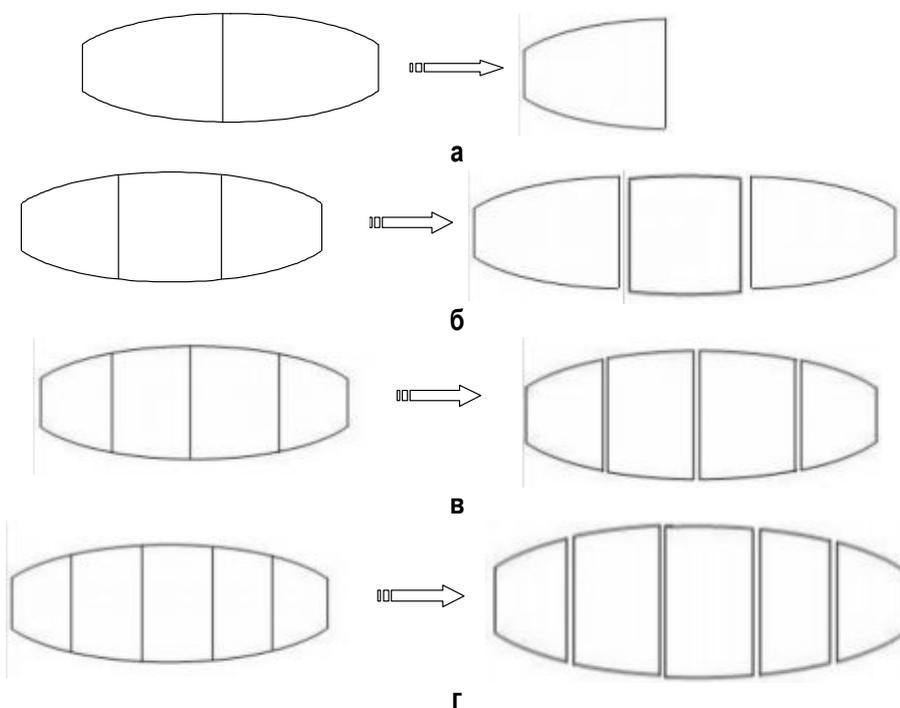


Рис. 2. Возможная форма поперечного сечения широкой полосы после ее продольного роспуска на узкие полосы:

а – на две части; б – на три части; в – на четыре части; г – на пять частей

лона, будут иметь значительный разброс по разнотолщинности и клиновидности, тем больший, чем выше кратность продольного роспуска и ближе к кромочному участку расположена данная полоса. Это приводит к тому, что при переработке горячекатаного рулонного подката, например в холоднокатаную ленту заданного типоразмера из одного и того же рулона, в готовой ленте будет наблюдаться существенный разброс значений геометрических параметров. При этом, чем меньше значения ширины и толщины конечной ленты, тем в большей степени будет проявляться эта разница. В результате, переработка такого подката многократной ширины вызывает значительные трудности в последующей технологической цепочке.

Таким образом, необходимо в настоящее время, с одной стороны, обеспечивать на стадии горячей прокатки оптимальный профиль и форму горячекатаного полосового проката многократной ширины, что достигается посредством применения при горячей прокатке современных технических средств и автоматизированных систем управления. С другой стороны, следует вести поиск путей снижения поперечной разнотолщинности в процессе холодной прокатки ПМШ.

На сегодняшний день способы управления формой полос в ходе прокатки достаточно хорошо классифицированы и описаны в технической литературе. Также имеются отдельные исследования по управлению поперечным профилем в процессе горячей прокатки. Они отличаются по принципу действия, надежности, диапазону и точности регулирования, быстродействию, уровню капитальных затрат на реализацию и эксплуатацию, а также по другим показателям [4]. Наиболее распространенными можно считать следующие способы воздействия: 1) гидравлические нажимные устройства, противоизгиб и дополнительный гиб, дополнительно к которому (или в сочетании с ним) для более эффективного воздействия на профиль и форму полосы, применяются системы теплового профилирования, оснащенные быстродействующими отсеченными клапанами, позволяющими оперативно управлять охлаждающими форсунками и дискретно воздействовать на профиль бочки рабо-

чих валков; 2) скрещивание рабочих и опорных валков и осевая сдвижка, обеспечивающие высокое качество поверхности полосы, возможность реализации беспрограммной прокатки, при сокращении числа перевалок; 3) на стадии горячей прокатки применение систем ламинарного охлаждения полосы типа «водяная завеса» на отводящем рольганге с соответствующими системами регулирования технологических параметров, которые позволяют эффективно управлять температурой смотки, скоростью охлаждения и таким образом достичь заданных механических и технологических параметров полосы.

Основные способы по снижению продольной разнотолщинности холоднокатаных лент и полос, являющейся одним из основных показателей их качества, заключаются в широком использовании различного рода систем автоматического регулирования и в применении многовалковых рабочих клетей с валками малого диаметра [5]. Вместе с тем, реализация данных технических решений связана со значительными удельными капитальными затратами и повышенными эксплуатационными расходами.

Альтернативным вариантом в этом случае является использование процессов асимметричной прокатки, обеспечивающих снижение подпирающего эффекта сил внешнего трения, уменьшение модуля жесткости прокатываемых лент и, как следствие, снижение наследственной составляющей их продольной разнотолщинности [6, 7]. В то же время такой недостаток, как передача момента прокатки в основном только ведущим рабочим валком снижает технологические возможности процессов асимметричной прокатки с точки зрения интенсификации режимов обжатий, а это, в свою очередь, ограничивает диапазон их возможного использования.

Таким образом, в настоящее время в научнотехнической литературе не приводятся данные о результатах исследования процесса производства холоднокатаной ленты из подката многократной ширины. Кроме того, практически не описаны способы управления поперечной разнотолщинностью в процессе холодной прокатки. Данный вопрос требует всестороннего изучения.

#### **Библиографический список**

1. Божков А.И., Настич В.П. Плоскостность тонколистового проката. М.: «СП Интермет Инжиниринг», 1988. 264 с.
2. Василев Я.Д., Дементенко А.В. Исследование точности поперечного профиля горячекатаного подката // Производство проката. 2002. № 8. С. 16–21.
3. Франценюк И.В., Франценюк Л.И. Современное металлургическое производство. М.: Металлургия, 1995. 528 с.
4. Управление качеством тонколистового проката / В.Л.Мазур, А.М.Сафьян, И.Ю.Приходько, А.И.Яценко. М., 2006. 165 с.
5. Мартин Ж.П. Контроль качества и ошибки измерения профиля проката на стане горячей прокатки рентгеновским профилимером // Труды Второго конгресса прокатчиков, Череповец, 27–30.10.1997 г. М.: АО Черметинформация, 1998. С. 119–124.

6. Технология процессов прокатки и волочения. Листопркатное производство: Учебник / М.М.Сафьян, В.Л. Мазур, А.М. Сафьян и др. Киев: Вища шк., 1988. 351 с.
7. Синицын В.Г. Несимметричная прокатка полос и лент. М.: Металлургия. 1984. 249 с.

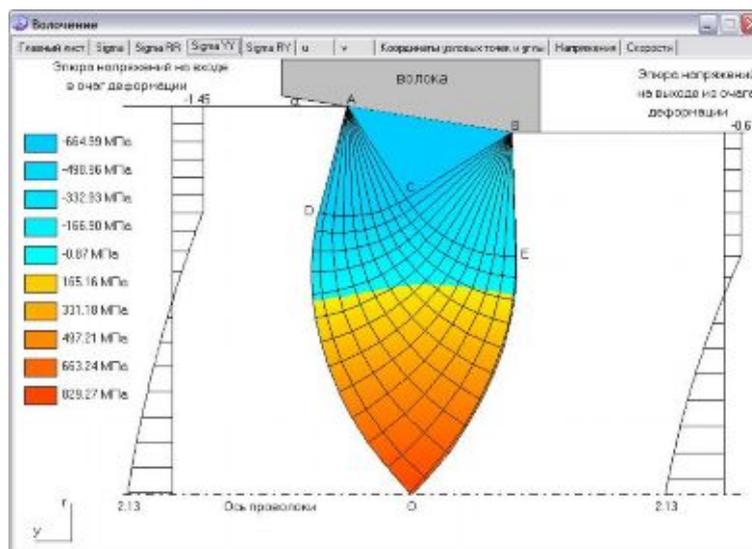
УДК 621.778

А.Д. Носов, А.Г. Корчунов, В.В. Андреев, В.Н. Лебедев, В.Е. Семенов, Е.А. Слабожанкин

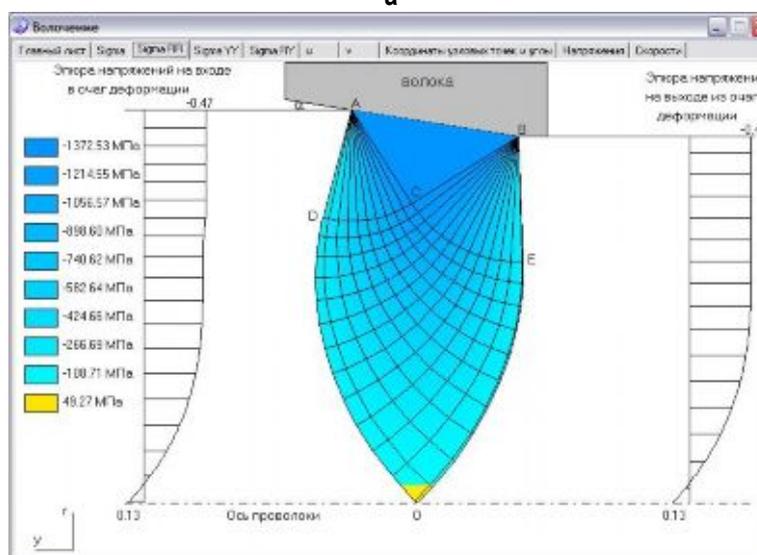
## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ВОЛОЧЕНИЯ КАЛИБРОВАННОЙ СТАЛИ\*

Калиброванная сталь является одним из наиболее рентабельных и высоколиквидных видов продукции отечественной металлургической отрасли. ОАО «ММК-МЕТИЗ» входит в число ведущих производителей качественной калиброванной стали и постоянно наращивает свое присутствие на рынке за счет расширения марочного сортамента и повышения эксплуатационных свойств готовой продукции. Производство калиброванного металла в условиях завода характеризуется широким диапазоном типоразмеров, получаемого из подката с различным структурным состоянием и механических свойств. Характерной особенностью при этом является применение малых от 5 до 20% степеней деформации при обработке крупных диаметров исходного подката. В реальных условиях это приводит к неравномерности течения поверхностных и центральных слоёв металла в очаге деформации, что определяет особенности распределения деформаций и напряжений по сечению калиброванной стали. Возможности управления характером течения металла в процессе волочения весьма ограничены и трудно реализуемы на практике. Один из резервов повышения качества калиброванной стали заключается в изучении напряженного состояния в очаге деформации.

В настоящей работе приводятся результаты моделирования режимов волочения калиброванной стали на основе анализа напряженного состояния в очаге деформации методом линий скольжения. Современная вычислительная техника и программные процедуры открывают новые возможности



а



б

Рис. 1. Визуализация полей напряжений в очаге деформации: а – поле продольных напряжений  $\sigma_{yy}$ ; б – поле радиальных напряжений  $\sigma_r$  (при  $\epsilon = 12\%$ , полуугол волокна –  $6^\circ$ ,  $f = 0,06$ )

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

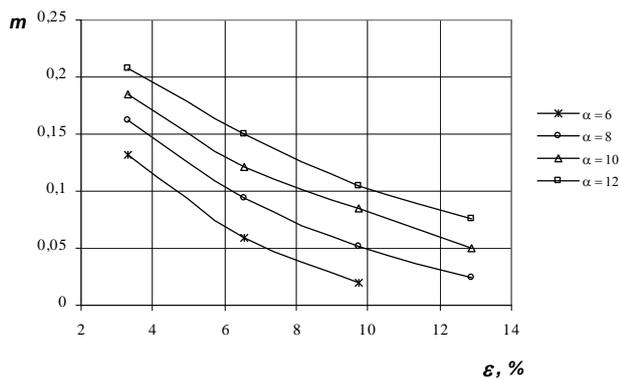


Рис. 2. Зависимость коэффициента  $m$  от степени деформации и полуугла канала волокна

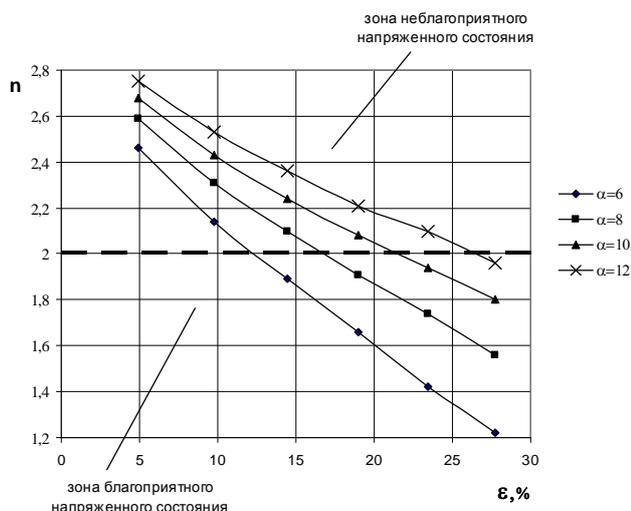


Рис. 3. Зависимость коэффициента  $n$  от степени деформации и полуугла канала волокна

в моделировании и изучении напряженного состояния методом линий скольжения. Большой объём графических построений и математических операций, необходимый при расчете, может быть быстро выполнен с использованием специально разработанных компьютерных программ.

Исследование режимов волочения калиброванной стали в монолитной волоке осуществлялось с учетом общепринятых допущений на основании способа решения осесимметричных задач теории пластичности, предложенного Г. Генки и развитого отечественными учеными Л.М. Качановым, Г.Э. Аркулисом, Х.И. Копыловским [1].

Для автоматизации вычислений, построения и визуализации полей напряжений в очаге деформации при волочении было разработано программное обеспечение «Автоматизированный расчет напряженного состояния методом линий скольжения при волочении» [2].

Программный продукт позволяет оперативно моделировать и оценивать уровень напряженного

состояния при волочении в зависимости от технологических факторов обработки: степени деформации, механических свойств металла, параметров волочильного инструмента, условий трения, а также показывать визуальную картину распределения напряжений в очаге деформации (рис. 1).

Путем вычислительных экспериментов с использованием программы было установлено количественное влияние технологических факторов волочения в области применяемых на практике их вариаций, на вероятность возникновения неблагоприятного напряженного состояния с преобладанием напряжений растяжения в очаге деформации.

Такое напряженное состояние в зависимости от механических свойств материала, его структуры, степени деформации при волочении и параметров рабочего инструмента может привести к снижению сопротивления металла к разрушению, понижению твердости во внутренней области изделия и явлению «разрыхления» [3]. Это может отрицательно сказаться на стабильности процесса дальнейшей переработки калиброванной стали и качестве получаемой из нее продукции.

Для прогноза вероятности возникновения неблагоприятного напряженного состояния при волочении программный продукт предусматривает расчет коэффициентов, оценивающих рациональность назначаемых режимов обработки.

Коэффициент  $m$  характеризует протяженность зоны напряженного состояния всестороннего растяжения в радиальном направлении:

$$m = \frac{r_p}{R_0},$$

где  $r_p$  – текущий радиус калиброванной стали в очаге деформации, до которого действуют радиальные растягивающие напряжения;  $R_0$  – начальный радиус подката до волочения.

Было установлено, что с уменьшением степени деформации и увеличением угла конической волоки коэффициент  $m$  увеличивается (рис. 2), а напряженное состояние продукта волочения становится неблагоприятным для последующей обработки.

Коэффициент  $n$  характеризует отношение максимального растягивающего напряжения на оси калиброванной стали к величине константы пластичности материала:

$$n = \frac{\sigma_{1\max}}{k},$$

где  $\sigma_{1\max}$  – максимальное растягивающее напряжение в очаге деформации;  $k$  – константа пластичности материала.

Условием вероятности возникновения неблагоприятного напряженного состояния при волочении являются значения  $m > 0$  и  $n > 2$  (рис. 3).

Результаты моделирования использованы для

анализа действующих и проектирования рациональных режимов волочения калиброванной стали в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ».

#### **Библиографический список**

1. Аркулис Г.Э. О распределении напряжений в очаге деформации при волочении круглых прутков// Изв. вузов. Черная металлургия. 1969. № 3.
2. Автоматизированный расчет напряженного состояния методом линий скольжения при волочении: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006614009 от 22.11.2006.
3. Аркулис Г.Э., Копыловский Х.И. Влияние условий волочения на образование трещин в проволоке // Сталь. 1970. № 3.

# ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ

УДК 621.771

Л.С. Иванова, В.И. Белякова, В.Л. Корнилов, В.Ю. Божевалев, Ф.В. Капцан

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВКИ ИМПОК-1Б В ЛИНИИ АГРЕГАТА НЕПРЕРЫВНОГО ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ ЦЕХА ПОКРЫТИЙ ОАО «ММК»

Стратегической целью ОАО «ММК» в области качества является выпуск высококачественной металлопродукции, конкурентоспособной на мировом рынке и удовлетворяющей запросы и ожидания потребителей.

Конкурентоспособность продукции на мировом рынке применительно к стальному металлопрокату определяется высоким качеством и надежностью механических свойств.

В ОАО «ММК» контроль механических свойств металлопроката проводится разрушающими и неразрушающими методами (НМК).

Недостатки разрушающих методов испытаний, выборочность, трудоемкость, продолжительность изготовления и испытаний, потери металла и электроэнергии, исключаются при внедрении неразрушающих методов контроля.

Магнитный метод неразрушающего контроля, проводимый в ОАО «ММК» контактными приборами типа ИМА и КИПФ и бесконтактными приборами типа ИМПОК, позволяет по магнитной характеристике, коррелируемой с механическими свойствами, определять показатели качества металлопроката.

Применение приборов НММК бесконтактного типа, одним из которых является ИМПОК, позволяет проводить контроль магнитных параметров в автоматическом режиме и оценивать уровень механических свойств по всей длине полосы металлопроката.

Высокие достоверность и надежность неразрушающего метода контроля (НМК) можно обеспечить только путем его автоматизации, включая обработку информации посредством вычислительной техники и выдачи документа с заключением о качестве.

В 2004 г. ОАО «ММК» совместно с ИТЦ «Аусфер» в цехе покрытий (ЦП) был введен в действие агрегат непрерывного горячего цинкования (АНГЦ) с автоматизированной системой контроля технологии, обеспечивающей процессы

порулонного оперативного контроля технологии производства горячеоцинкованного металлопроката, и установкой неразрушающего контроля бесконтактного типа ИМПОК-1Б с программно-техническим комплексом, обеспечивающим автоматическую обработку показаний и проведение сплошного НМК.

Порядок подготовки к проведению контроля, порядок проведения контроля, обработка результатов осуществляются в соответствии с требованиями ГОСТ 30415 и сведены в алгоритм (рис. 1).

Установка ИМПОК-1Б начала работать с 1 июня 2004 года. Сразу же начался набор информационного массива (ИМ). Набор и обработка ИМ проводились в соответствии с ГОСТ 30415-96 «Неразрушающий контроль механических свойств и микроструктуры металлопродукции магнитным методом» и ОСТ 10-1-34-90 «Статистический приемочный контроль качества по корреляционной связи между параметрами».

Корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязей механических характеристик, удлинения при дроссировке (УД), элементов плавочного химического состава и показаний ИМПОК-1Б (N) для горячеоцинкованного металлопроката из стали марки 08пс групп назначения ОН, ХП, ПК толщиной 0,5–1,2 мм, поставляемого по ГОСТ 14918-80, дал значимые коэффициенты корреляции и реальную возможность проведения сплошного НМК по уравнениям множественной корреляции, приемочным числам и нормам годности взамен разрушающих приемочных испытаний готовой продукции АНГЦ.

Уравнения множественной корреляции обеспечивают определение следующих расчетных величин нормируемых характеристик и получать их распределение по длине рулона (рис. 2):

- предел текучести;
- относительное удлинение.

Уравнения взаимосвязей и нормы годности зачисляются в единую корпоративную систему норма-

тивно-справочного сопровождения ОАО «ММК», что позволяет проводить автоматизированную оценку качества продукции. Контроль качества продукции осуществляется в две стадии. Первая стадия заключается в оценке соответствия технологических режимов нормативам и оценке результатов неразрушающего контроля. На второй стадии происходит назначение разрушающих испытаний в объеме, установленном нормативными актами, а также испытаний единиц продукции, произведенной с нарушением технологии. На основании полученных результатов формируется паспорт качества продукции (рис. 3).

Для контроля уровня технологии и методики проведения неразрушающих испытаний не менее 10% партий подвергаются параллельным разрушающим и неразрушающим испытаниям. Выделение контролируемых партий производится корпоративной системой управления технологией и качеством продукции автоматически. Автоматизированные рабочие места контролеров ОКП позволяют осуществлять мониторинг технологического процесса и неразрушающих приемочных испытаний в режиме, близком к реальному времени.

Для проверки уравнений был сформирован массив из контролируемых партий и проведен анализ остат-

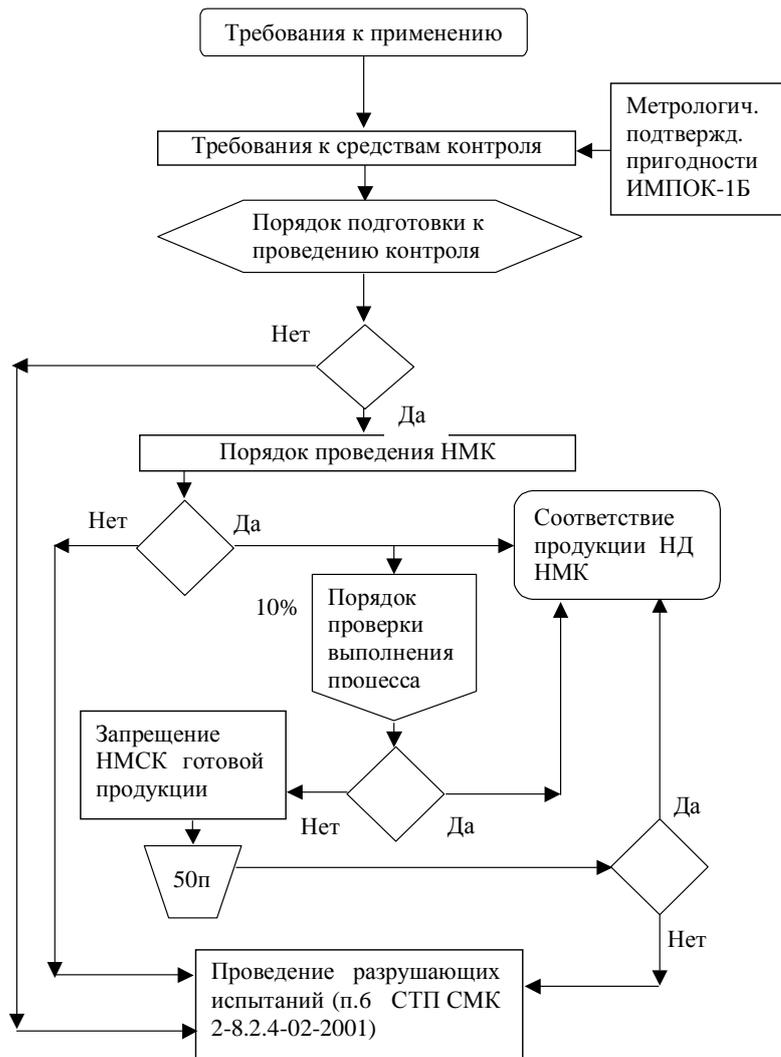


Рис. 1. Алгоритм разработки НМК готовой продукции АНГЦ ЦП

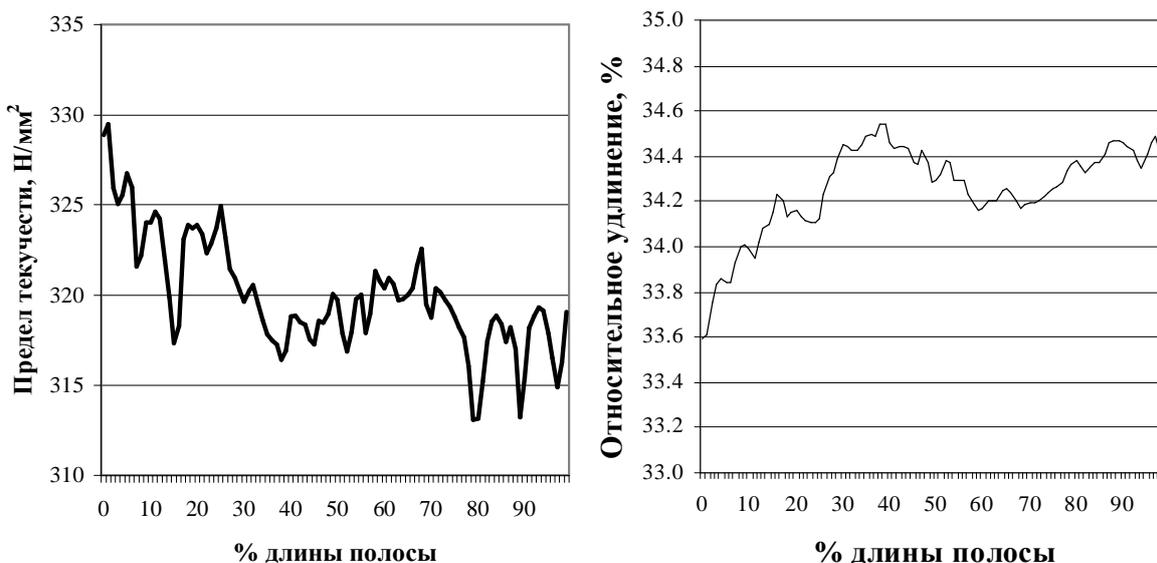


Рис. 2. Распределение механических свойств по длине рулона горячеоцинкованного металлопроката

НД	Марка стали	Назначение	Толщина, мм	Уравнения регрессии	Основной массив		Массив контрольных партий				
					Количество	Среднее значение Y	Количество	Среднее значение Y1	0.5*Сост.	Y-Y1	
ГОСТ 14918-80	08ПС	ХП	0,5	$\delta_4 = 39,66 - 0,00091 \cdot N$	270	33,2	67	34,1	2,6	0,9	
		УД > 0,11		$\sigma_t = 290,26 + 0,01059 \cdot N - 54,929 \cdot \text{УД}$	269	344	67	342,1	19,2	1,9	
		ПК		$\delta_4 = 41,43 - 0,0007 \cdot N - 10,818 \cdot \text{Мп}$	285	33	60	33,3	2,5	0,3	
		УД > 0,30			$\sigma_t = 283,69 + 0,0128 \cdot N - 54,753 \cdot \text{УД}$	285	353	60	358,4	20,6	5,4
		ХП	0,6	$\delta_4 = 46,054 - 0,0017 \cdot N$	121	34,1	19	34,5	2,5	0,4	
		УД > 0,11		$\sigma_t = 259,165 + 0,0128 \cdot N - 26,271 \cdot \text{УД}$	121	338	19	336,1	21,3	1,9	
		ПК		$\delta_4 = 44,35 - 0,0011 \cdot N - 5,93 \cdot \text{УД}$	152	33,6	20	34,4	2,2	0,8	
		УД > 0,11			$\sigma_t = 271,3 + 0,0135 \cdot N - 62,21 \cdot \text{УД}$	152	339	20	348,5	20,8	9,5
		ХП	0,7-0,8	$\delta_4 = 43,5 - 0,0013 \cdot N$	491	34,8	75	35,4	2,5	0,6	
		УД > 0,11		$\sigma_t = 277,8 + 0,0084 \cdot N - 37,37 \cdot \text{УД} + 1047,4 \cdot \text{Р}$	509	330	75	332,5	18,7	2,5	
		ХП	1,4	$\delta_4 = 43,3 - 0,0013 \cdot N$	150	36	14	36	2,3	0	
		УД = 0,3-1,4				$\sigma_t = 271,4 + 0,0094 \cdot N - 28,15 \cdot \text{УД}$	150	301	14	303,2	13,95

ков (рассчитана разность между фактическими и расчетными значениями параметров (см. таблицу). Из таблицы видно, что средние значения остатков (Y-Y1) не превышают половины значений средних стандартных отклонений (0.5\*Сост) анализируемых параметров, следовательно корректировка уравнений не требуется.

В октябре 2004 года началось опытно-промышленное опробование программно-технического комплекса к установке ИМПОК-1Б для проведения неразрушающих приемочных испытаний горячеоцинкованного металлопроката в линии АНГЦ ЦП, а в январе 2005 г. около 30% сортамента АНГЦ ЦП было фактически аттестовано по результатам НМК. Динамика внедрения НМК в линии АНГЦ ЦП приведена на рис. 4.

Внедрение неразрушающего метода контроля в линии АНГЦ позволяет снизить трудоемкость и сократить продолжительность испытаний, уменьшить потери металла на отборе проб, проводить порулонные испытания механических свойств и гарантировать потребителю механические свойства по всей длине рулона, что соответствует политике качества комбината и повышает конкурентоспособность ОАО «ММК» на мировом рынке.

Экономический эффект при внедрении сплошного НМК от сокращения потерь металла

на отбор проб для разрушающих испытаний в 2006 году составил 1,9 млн руб.

Паспорт качества рулона №

Дата/время:

Дата/время	2006-07-13 01:06:52	Назначение	ХП
Смена	1	Вид поверхности	МТ
Бригада	3	Класс покрытия	2
Мастер производства		НД	ГОСТ 14918-80
Мастер ОКП		Отжиг покрытия	нет
Контролер		Дрессировка	да
№ заказа		Правка растяжением	нет
Партия	5369	Пассивация	да
Плавка	0215051	Подрезка кромки	нет
Марка стали	08пс	Промасливание	нет

	№	Толщина		Ширина		Вес		Длина	
		Норматив	Факт	Норматив	Факт	Факт	Факт		
Подкат	0215051-6,6		0,68		1 250		21,44 + 21,44		3 050
Рулон	5369-5	0,70	0,70	1 250	1 250	7,50 / 7,53			1 121

Параметр	Норматив, Мин./Макс.	Показатель градиента нормальной составляющей поля остаточной индукции, А/м <sup>2</sup>			Оценка качества	
		Мин.	Среднее	Макс.	В допуске, %	Оценка
ИМПОК	4 000 / 10 000	6 127,32	6 340,74	6 849,56	-	-

Параметр	Норматив, Мин./Макс.	Мин.	Среднее	Макс.	В допуске, %	Оценка
Отн.Удл.	24 / 45	34,60	35,26	35,53	100	ОК
Пред.Текуч.	257 / 430	323,81	327,38	332,70	100	ОК

Оценка на рулон: годен

Рис. 3. Паспорт качества горячеоцинкованного рулона

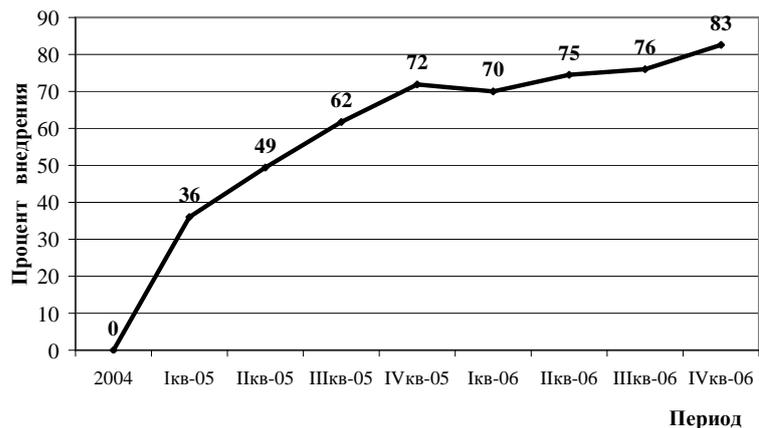


Рис. 4. Динамика внедрения НМК в линии АНГЦ ЦП

# НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 621.178.1.05

В.В. Бахметьев, В.М. Колокольцев, А.С. Савинов, П.С. Лимарев

## РАСЧЕТ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ НА УДАРНО-АБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС

История развития различных отраслей машиностроения показывает, что в большинстве случаев основной причиной снижения долговечности деталей машин, механизмов и инструмента является изнашивание. В результате изнашивания сокращается эффективное время их работы и расходуются огромные средства на ремонт, восстановление и замену изношенных деталей. Конечная цель изучения изнашивания – повышение износостойкости и продление срока службы машин и инструмента.

Различие условий, в которых работают пары трения при эксплуатации машин, обуславливает, в свою очередь, проявление принципиально различных видов изнашивания.

Наиболее интересным видом с точки зрения исследования является ударно-абразивное изнашивание. Оно происходит при ударе по твердым частицам, способным поражать поверхность контактирования путем образования на ней лунок – следов прямого динамического внедрения этих частиц. Качественным признаком ударно-абразивного изнашивания является специфическая по-

верхность, представляющая собой сочетание лунок, разделенных перемычками. На поверхности, подверженной ударно-абразивному изнашиванию, нет направленной шероховатости в виде рисок, а следовательно, нет относительного перемещения твердых частиц вдоль этой поверхности.

В процессе работы ударно-абразивному изнашиванию подвергаются инструменты, работающие в нефтяной и горной промышленности, машиностроении, строительстве. Процесс изнашивания происходит при соударении инструмента непосредственно с абразивом в виде горной породы, грунта, массы песка или металлической поверхностью другой детали, на которой имеется абразив в месте контакта.

В механизме ударно-абразивного изнашивания проявляется малоцикловая усталость микрообъемов металла, вызванная повторным приложением динамической нагрузки при упругом и упругопластичном контактах. В основе механизма изнашивания лежат прямое динамическое внедрение в металл твердой частицы и связанная с ним деформация, завершающаяся разрушением микрообъемов металла и образованием частиц износа. Твердая частица, внедряясь в поверхность изнашивания, стремится сдвинуть металл перемычек путем повторного деформирования или хрупкого изнашивания в зависимости от его твердости. В таких условиях взаимодействия твердой частицы с поверхностью изнашивания срез становится ведущим процессом образования частиц износа, а сопротивление срезу или отрыву – основным критерием износостойкости.

Для оценки рассматриваемого вида изнашивания была спроектирована установка, представленная на рис. 1. При ее создании учитывалась методическая необходимость в максимальном приближении характера нагружения испытуемых образцов к реальным условиям работы деталей машин.

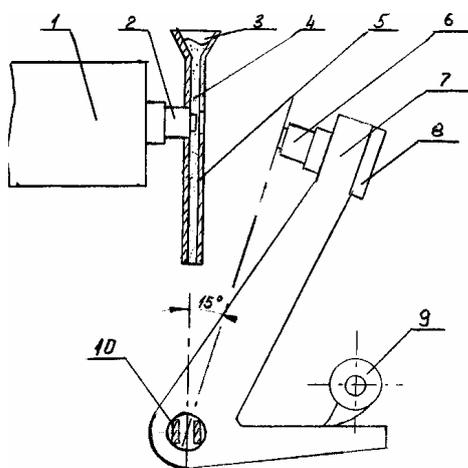


Рис. 1. Схема испытательной установки

Установка работает по принципу принудительного многократного соударения образца с контробразцом, между поверхностями которых в момент соударения подается слой абразива из дозирующего устройства.

Ударный механизм содержит приспособления для крепления образца 1 и грузов 2, с помощью которых регулируют скорость удара образца 1 о сменный вкладыш 3 наковальни 4 с погрешностью не более 2,5%, а также устройство, содержащее сменные торсионы 5, обеспечивающие задание энергии удара с погрешностью не более 2,5% при закручивании торсиона на угол не менее 15°, и ударник 6 с заданным моментом инерции относительно оси. Угол наклона ударника на заданный угол обеспечивается при помощи кулачка 7.

Привод должен обеспечивать частоту соударений образца 1 и сменного вкладыша 3 наковальни 4 в количестве 100 мин<sup>-1</sup> с погрешностью поддержания заданной частоты не более 1 мин<sup>-1</sup>.

Бункер 8 с направляющим каналом 9 предназначен для подачи потока частиц абразивного материала 10 в зону соударения. Неподвижная наковальня должна иметь массу не менее 50 кг. Сменный вкладыш, устанавливаемый в наковальне, выполняют из стали 45 по ГОСТ 1050-74 твердостью HV 640–675 (закалка 840°C в воде, температура отпуска 100°C).

Эталонные образцы выполняют из стали 45Л по ГОСТ 1050-74 с твердостью HV=598–622 (закалка 840°C в воде, температура отпуска 200°C).

Сменные вкладыши наковальни и образцы из эталонного и испытываемого материалов изготавливают по 3-му классу точности.

Непараллельность закрепленных в установке и взаимно прижатых рабочих поверхностей сменного вкладыша наковальни и испытываемого образца – не более 0,05 мм.

Абразивный материал – карбид кремния черный по ГОСТ 3647-71, зернистостью 0,03 мм и с относительным содержанием влаги не более

0,15% по массе используют для общей сравнительной оценки износостойкости материалов при стандартных режимах испытаний.

Для оценки износостойкости применительно к конкретным условиям изнашивания допускается использовать абразивный материал, соответствующий воздействию материалу при эксплуатации изделия.

Износ образцов определяют взвешиванием их с погрешностью не более 0,0002 г до и после испытаний. Потеря массы образца вследствие износа при испытаниях должна составлять не менее 0,005 г.

Для промывки образцов перед испытаниями и взвешиванием используют бензин или ацетон по ГОСТ 2768-79.

В пределах одной серии испытаний технология изготовления образцов должна быть одинаковой.

При общей сравнительной оценке износостойкости материала проведение эксперимента регламентируется следующими параметрами ГОСТ 23.207-79 «Метод испытаний машиностроительных материалов на ударно-абразивное изнашивание»:

энергия удара $E_{yд}$	4,9 Дж;
скорость бойка в момент соударения $V$	1 м/с;
частота соударений $n$	100 мин <sup>-1</sup> .

При этом энергия удара  $E_{yд}$  напрямую зависит от потенциальной энергии бойка, получаемой при скручивании торсионной пружины установки.

Так как крутящий момент и жесткость стержня не меняются по длине пружины, то потенциальную энергию торсиона при кручении можно найти из следующей формулы [1]:

$$U_{пруж} = \frac{M_{кр}^2 L}{2GI_p}, \quad (1)$$

где  $M_{кр}$  – внутренний сосредоточенный момент, возникающий при скручивании торсиона, кН·м;  $L$  – длина торсиона, м;  $G$  – модуль сдвига, коэффициент, учитывающий сопротивление материала деформации при кручении, МПа;  $I_p$  – полярный момент инерции, м<sup>4</sup>.

Торсионная пружина может рассматриваться как балка с заземленным концом (рис. 2), поэтому внутренний момент  $M_{кр}$ , исходя из метода сечений [2], будет распределен равномерно по всей длине пружины и численно равен внешнему  $M_{внешн}$ .

Учитывая, что боек под действием силы  $P$  переместится на абсолютный угол закручивания  $\varphi$ , а длина бойка  $a$ , то внешний момент будет равен [1]

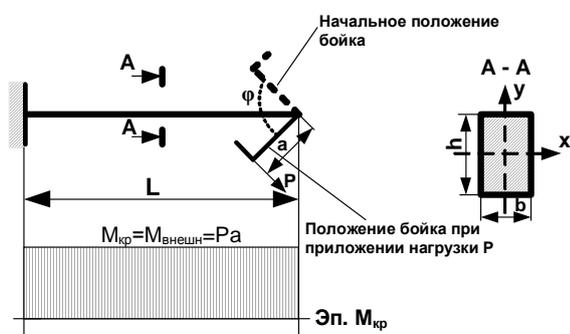


Рис. 2. Расчетная схема нагружения бойка ударно-абразивной установки

$$M_{внешн} = Pa. \tag{2}$$

Полярный момент инерции торсиона, имеющего в поперечном сечении форму прямоугольника высотой  $h$  и шириной основания  $b$  (см. рис. 2), можно рассчитать по формуле [1]

$$I_p = I_x + I_y, \tag{3}$$

где  $I_x$  и  $I_y$  – осевые моменты инерции относительно центральных осей  $x$  и  $y$  соответственно,  $m^4$ .

В данном случае осевые моменты инерции находятся по формуле [3]

$$I_x = \frac{bh^3}{12}; \tag{4}$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12}. \tag{5}$$

Иногда при проектировании установки значение модуля сдвига  $G$  не совпадает со справочными данными. В этом случае значение модуля сдвига необходимо проверить по следующей формуле [2]:

$$G = \frac{M_{внешн}L}{\varphi \cdot I_p}, \tag{6}$$

где  $\varphi$  – абсолютный угол закручивания (см. рис. 2), рад.

Полная энергия бойка, полученная при приложении к нему усилия  $P$ , состоит из потенциальной энергии скрученной пружины  $U_{пруж}$  и потенциальной энергии плеча  $a$ . При ударе данная энергия переходит в потенциальную энергию сжатия образца, отбойника и энергию, затраченную на пластическую деформацию. При этом полная энергия бойка в момент удара есть регламентированный параметр энергии  $E_{уд}$ , (Дж).

То есть

$$E_{уд} = U_{пруж} + U_{изг}^{бойка} = U_{деф}^{обр} + U_{деф}^{отб} + U_{пл.деф}, \tag{7}$$

где  $E_{уд}$  – регламентированная ГОСТ 3.207-79 энергия удара бойка;  $U_{изг}^{бойка}$  – потенциальная энергия при изгибе плеча бойка;  $U_{деф}^{обр}$  – потенциальная энергия при деформации образца;  $U_{деф}^{отб}$  – потенциальная энергия при деформации отбойника;  $U_{пл.деф}$  – энергия, затраченная на пластическую деформацию.

Вследствие того, что крутильная жесткость пружины  $GI_p$  много меньше жесткости плеча бойка при изгибе  $EI$ , потенциальной энергией изгиба плеча бойка можно пренебречь.

Так как величина энергии, затраченной на пластическую деформацию, мала по сравнению с потенциальной энергией системы «боек-отбойник», то данную потерю энергии можно приравнять к нулю. Исходя из данных допущений формула (7) примет вид:

$$E_{уд} = U_{пруж} = U_{деф}^{обр} + U_{деф}^{отб}. \tag{8}$$

При соударении отбойника и бойка сила воздействия на образец меняется от максимального значения  $F_{max}$  в момент соприкосновения с отбойником до нулевого  $F_0=0$  в момент получения образцом максимальной потенциальной энергии деформации  $U_{деф}^{обр}$ , откуда среднее значение воздействия усилия на образец равно

$$F_{cp} = \frac{F_{max} + F_0}{2} = \frac{F_{max}}{2}, \tag{9}$$

где  $F_{cp}$  – среднее усилие воздействия на образец, Н;  $F_{max}$  – максимальное усилие на образец, Н;  $F_0$  – усилие при получении системой «боек-отбойник» максимальной потенциальной энергии, Н.

Так как силы, воздействующие на боек и отбойник, равны между собой, то полную деформацию системы «боек-отбойник» найдем по формуле [2]

$$\Delta l_{сист} = \frac{F_{cp}L_{обр}}{E_{обр}S_{обр}} + \frac{F_{cp}L_{отб}}{E_{отб}S_{отб}}, \tag{10}$$

где  $\Delta l_{сист}$  – полная деформация системы при сжатии, м;  $L_{обр}$ ,  $L_{отб}$  – соответственно длина образца и отбойника от свободного конца до места защемления, м;  $E_{обр}$ ,  $E_{отб}$  – соответственно модуль упругости образца и отбойника, МПа;  $S_{обр}$ ,  $S_{отб}$  – соответственно площадь поперечного сечения образца и отбойника,  $m^2$ .

Учитывая, что энергия торсионной пружины полностью переходит в работу, выполненную при деформации системы, а направление вектора усилия удара бойка совпадает с направлением перемещения деформации образца, то работу, выполненную бойком при сжатии стержня, найдем по формуле [4]

$$A_{уд} = F_{cp} \cdot \Delta l_{сист} = U_{пруж}, \tag{11}$$

где  $A_{уд}$  – работа, выполненная бойком при ударе, Дж.

Откуда

$$\Delta l_{сист} = \frac{U_{пруж}}{F_{cp}}. \tag{12}$$

Приравняв выражение (10) и (12), нетрудно найти результирующую силу удара бойка:

$$F_{cp} = \sqrt{U_{пруж} \left( \frac{L_{обр}}{E_{обр} S_{обр}} + \frac{L_{отб}}{E_{отб} S_{отб}} \right)^{-1}} \quad (13)$$

Полная энергия системы складывается из потенциальной энергии сжатия образца и отбойника (8):

$$U_{пот}^{сист} = U_{деф}^{обр} + U_{деф}^{отб}, \quad (14)$$

где  $U_{пот}^{сист}$  – полная энергия системы «боек–отбойник», Дж.

При условии, что удар приходится в центре тяжести поперечного сечения стержня, потенциальную энергию деформации при сжатии образца и отбойника можно рассчитать по формулам [2]:

$$U_{деф}^{обр} = \frac{\Delta l_{обр} \cdot E_{обр} \cdot S_{обр}}{2L_{обр}}; \quad (15)$$

$$U_{деф}^{отб} = \frac{\Delta l_{отб} \cdot E_{отб} \cdot S_{отб}}{2L_{отб}}, \quad (16)$$

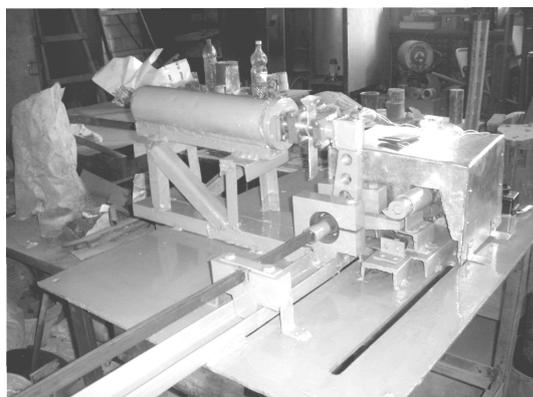


Рис. 3. Установка для определения ударно-абразивной износостойкости металлов и сплавов

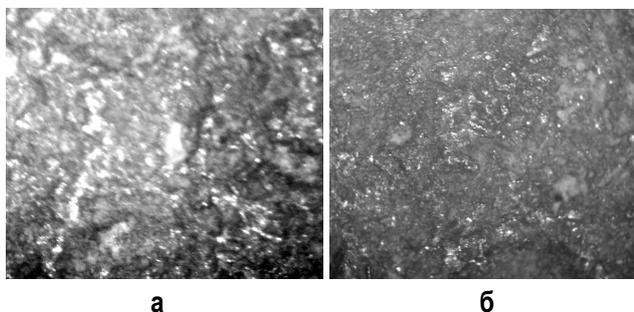


Рис. 4. Фотографии поверхности разрушения стальных образцов после испытаний магнезитом (а) и кварцевым песком (б)

где  $\Delta l_{обр}$ ,  $\Delta l_{отб}$  – абсолютное уменьшение длины образца и отбойника при ударе соответственно, м.

Искомые деформации рассчитаем по формулам [1]:

$$\Delta l_{обр} = \frac{F_{cp} L_{обр}}{E_{обр} S_{обр}}; \quad (17)$$

$$\Delta l_{отб} = \frac{F_{cp} L_{отб}}{E_{отб} S_{отб}}. \quad (18)$$

Подставив значения, полученные по формулам (15)–(18), в формулу (14), найдем  $U_{пот}^{сист}$ .

Полная потенциальная энергия сжатия системы равна кинетической энергии бойка в момент удара

$$U_{пот}^{сист} = U_{кин}^{бойка}, \quad (19)$$

где  $U_{кин}^{бойка}$  – кинетическая энергия бойка, Дж.

Следовательно [4],

$$U_{пот}^{сист} = \frac{m_{бойка} v_{бойка}^2}{2}, \quad (20)$$

где  $m_{бойка}$  – масса бойка, кг;  $v_{бойка}$  – скорость бойка в момент удара, м/с.

Из формулы (20) нетрудно рассчитать скорость бойка и сравнить ее с регламентированной.

$$v_{бойка} = \sqrt{\frac{2U_{пот}^{сист}}{m_{бойка}}}. \quad (21)$$

Все полученные расчеты позволяют выбрать необходимые параметры проектируемой установки, что дает возможность проводить испытания образцов с хорошей достоверностью.

На основе представленных расчетов спроектирована и изготовлена установка, общий вид которой приведен на рис. 3.

На изготовленной установке проведены испытания образцов из литейных сталей на ударно-абразивный износ при воздействии двух различных абразивов – магнезита и кварцевого песка. Полученные результаты представлены в таблице, а фотографии поверхности разрушения – на рис. 4.

Полученные результаты подтвердили правильность вышеизложенных расчетов и возможность использования установки для получения достоверных результатов испытаний.

Проведенные испытания показали, что наиболее высокую ударно-абразивную износостойкость имеет сплав следующего химического состава: С=0,5, Мп=14, Тi=0,15, Nb=0,2, В=0,006.

**Результаты испытаний стали на ударно-абразивный износ**

Химический состав*	Ки, уд**		HRC	
	Маг-незит	Кварцевый песок	до испытаний	после испытаний
C=0,9, Mn=14, Ti=0,05, Nb=0,4, B=0,006	2	1,72	17	20
C=0,5, Mn=18, Ti=0,05, Nb=0,2, B=0,006	1,63	1,42	15	18
C=0,9, Mn=18, Ti=0,05, Nb=0,2, B=0,003	1,81	1,54	19	23
C=0,5, Mn=14, Ti=0,15, Nb=0,2, B=0,006	2,3	1,99	22	25
C=0,9, Mn=14, Ti=0,15, Nb=0,2, B=0,003	1,77	1,61	18	21
C=0,5, Mn=18, Ti=0,15, Nb=0,4, B=0,003	1,83	1,76	17	19

\* Также сплавы содержали Si до 0,5%, S до 0,006%, P до 0,04%

\*\* Коэффициент износостойкости сплавов при ударно-абразивном износе

Изучение поверхности разрушения образцов позволяет сделать вывод, что на формирование ее рельефа большое влияние оказывает твердость

абразивного материала. Рельеф поверхности разрушения при воздействии магнетита характеризуется глубокими лунками, что обусловлено более глубоким проникновением частиц. При использовании в качестве абразива кварцевого песка рельеф поверхности разрушения представляет собой совокупность мелких неглубоких лунок. Такой вид рельефа характерен для стальных образцов, изношенных в присутствии абразивных материалов, незначительно превышающих по твердости материал образцов. Недостаточная твердость абразивного материала не позволяет ему глубоко внедряться в поверхность, и по этой причине величина износа незначительна.

развивного материала не позволяет ему глубоко внедряться в поверхность, и по этой причине величина износа незначительна.

**Библиографический список**

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. М.: Высш. шк., 1975. 654 с.
2. Степин П.А. Сопротивление материалов. М.: Интеграл-Пресс, 1997. 320 с.
3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Гостехиздат, 1960. 376 с.
4. Олофинская В. П. Техническая механика. М.: Форум-Инфра-М, 2005. 349 с.

УДК 621.771

В.Ф. Дьяченко, Ю.В. Жиркин, С.И. Платов, Е.И. Мироненков

**ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ РАБОЧИХ ВАЛКОВ СТАНА 2000 ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ОАО «ММК»**

В условиях рыночной экономики для достижения высокой эффективности листовой прокатки особое значение приобретают проблемы обеспечения экономически целесообразного уровня надежности оборудования.

Среди путей решения указанной проблемы важное место занимает эффективная работоспособность подшипниковых узлов рабочих валков станов горячей прокатки.

В чистовой группе клетей № 7–13 стана 2000 горячей прокатки для смазывания подшипниковых узлов рабочих валков применяется минеральное масло Mobil Vascoline 146, класс вязкости 460. Доставка смазочного материала в узлы трения осуществляется автоматизированными системами смазывания «масло-воздух».

От эффективности уплотнительных устройств зависят свойства смазочных материалов, которые, в свою очередь, являются одним из главных факторов, определяющих ресурс подшипниковых узлов рабочих валков. При проведении исследования эффективности уплотнительных устройств важно выяснить характер изменений свойств сма-

зочных материалов, находящихся непосредственно в подшипниковом узле. Мониторинг свойств минерального масла, используемого в подушках рабочих валков, проводился с 2005 по 2006 год.

С этой целью брали пробы масла (исходного, после фильтрации, после смешивания с воздухом) из всех четырех подшипниковых узлов рабочих валков для всех клетей чистовой группы стана и выполняли соответствующие испытания.

При испытаниях определяли: вязкость минерального масла, содержание воды, кислотное число, количество механических примесей.

Результаты испытаний показали следующее: во всех подушках рабочих валков отработанное масло содержит воду, что свидетельствует о недостаточной эффективности уплотнительных устройств.

Наряду с содержанием воды в масле находятся и механические примеси, причем их количество возрастает при переходе от 7 к 13 клетки.

Таким образом, характер нарастания количества механических примесей коррелируется с возрастанием частоты вращения валков.

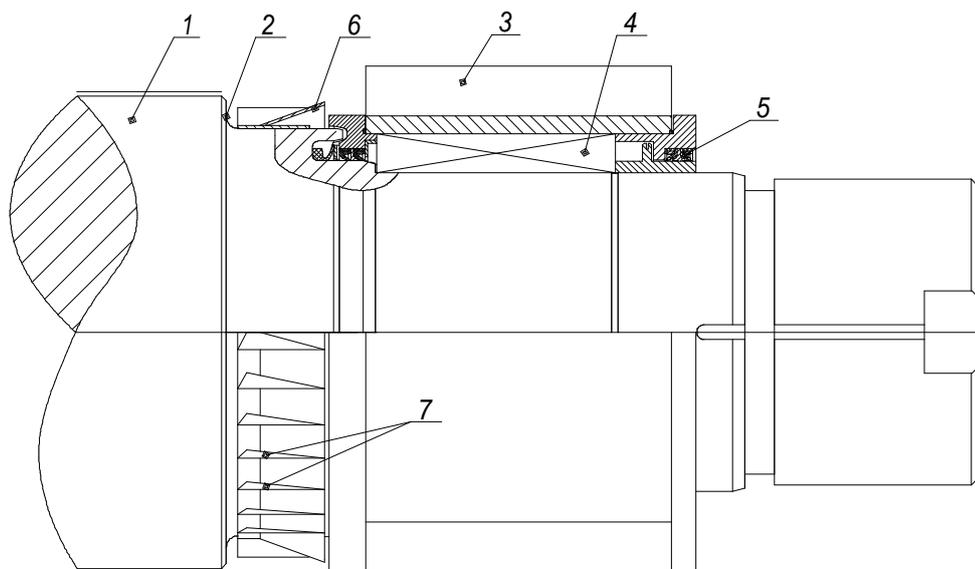


Рис. 1. Общий вид валкового узла с крыльчатобразным пылевлагоотбойником:

1 – валок рабочий; 2 – шейка валка рабочего; 3 – подушка подшипника; 4 – подшипник качения; 5 – манжетное уплотнение; 6 – крыльчатобразный пылевлагоотбойник; 7 – лопатки крыльчатобразного пылевлагоотбойника

Изменение вязкости отработанного масла в сторону увеличения (как минимум, на 5%) является следствием его окисления под воздействием высоких температур (больше 60°C), возникающих на контактных поверхностях подшипниковых узлов.

Химический анализ масел (исходного и из подушек рабочих валков) на содержание механических примесей показывает, что в масле подшипниковых узлов находится большее содержание железа, чем в свежем масле и масле после фильтра.

Кроме этого, в состав механических примесей минерального масла входят такие элементы, как кремний, железо, магний, кальций, сера и молибден.

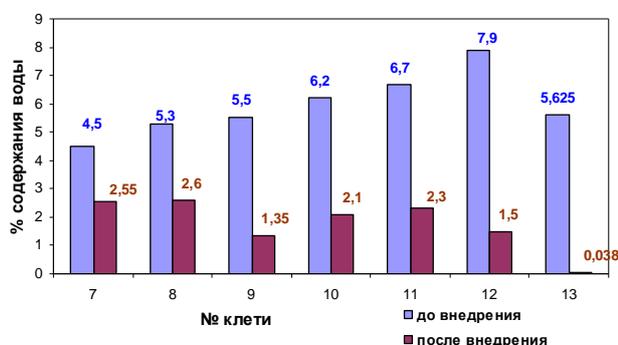


Рис. 2. Сравнительные результаты содержания воды (%) в отработанном масле по клетям

Наличие кальция, кремния и железа указывает на то, что в масло попадают механические примеси (окалина и т.п) вместе с технологической водой. По результатам проб воды из клеток № 7, 9, 13 содержание механических примесей колеблется от 4 до 6,3%.

Для устранения вышеперечисленных явлений и повышения ресурса подшипниковых узлов предлагается модернизация уплотнений рабочих валков стана 2000 горячей прокатки и установка пылевлагоотбойников для дополнительной защиты подушек рабочих валков от попадания воды, пыли, окалины и т.п.

В частности, было предложено установить на рабочие валки защитные устройства – крыльчатобразные пылевлагоотбойники (рис. 1).

Характерной особенностью предлагаемого модернизированного узла является совместное использование специальных уплотнений и крыльчатобразных пылевлагоотбойников.

Принцип действия данного защитного устройства основан на отражении воды и механических примесей во время прокатки металла лопатками 7 крыльчатобразного пылевлагоотбойника 6, установленного на рабочем валке 1.

Предлагаемая модернизация позволяет защитить подшипниковый узел от попадания воды, окалины и обеспечить уплотняющий эффект

Предлагаемая модернизация позволяет защитить подшипниковый узел от попадания воды, окалины и обеспечить уплотняющий эффект

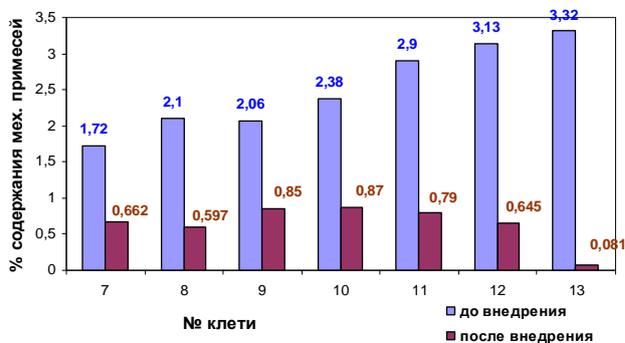


Рис. 3. Сравнительные результаты содержания механических примесей (%) в отработанном масле по клетям

при значительных отклонениях размеров, связанных с износом, а также при перекосах и осевых смещениях.

В 2006 году на чистовой группе клетей стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» были опробованы опытные партии уплотнительных устройств подшипниковых узлов рабочих валков усовершенствованной конструкции. Лабораторные испытания на содержание воды, механических примесей в эксплуатируемом масле из подушек рабочих валков и обработка результатов проведены как до опробования уплотнительных устройств, так и после опробования через месяц эксплуатации.

На рис. 2 и 3 представлены обработанные данные лабораторных испытаний по содержанию в эксплуатируемом масле воды и механических

примесей до внедрения и после внедрения результатов по совершенствованию защиты от попадания воды и механических примесей в подшипниковые узлы рабочих валков чистовой группы клетей стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК». Из рисунков видно, что в зависимости от номера клетки содержание воды и механических примесей в эксплуатируемом масле снижено от 2 до 10 раз, что указывает на общую эффективность уплотнительных устройств.

В настоящее время модернизированные узлы эксплуатируются на чистовой группе клетей стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК». Экономический эффект от повышения ресурса подшипниковых узлов рабочих валков составляет 2 млн 800 тыс. руб.

#### Библиографический список

1. Мироненков, Е.И. Влияние вязкости минеральных масел на температурный режим подшипниковых узлов рабочих валков прокатных станов [Текст] / Е.И. Мироненков, Ю.В. Жиркин и др. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2006. № 1. С. 58–60.
2. Мироненков, Е.И. Исследование изменения свойств смазочного материала в подшипниковых узлах рабочих валков чистой группы клетей стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» [Текст] / Е.И. Мироненков, Ю.В. Жиркин, Е.А. Дудоров // Материалы 64-й научно-технической конференции: Сб. докл. / Магнитогорск. гос. техн. ун-т. Магнитогорск, 2005. С. 277–279.

УДК 621.778

А.М. Чумиков, С.И. Платов, Е.И. Мироненков

## АНАЛИЗ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОРАХ МЕХАНИЗМОВ СКИПОВЫХ ЛЕБЕДОК ДОМЕННОГО ЦЕХА ОАО «ММК»

Известно, что для работы доменной печи требуется бесперебойная подача шихтовых материалов к загрузочному устройству; количество этих материалов, подаваемых на высоту около 60 м от уровня земли, достигает 20000–25000 т в сутки.

К машинам для подачи шихтовых материалов предъявляют весьма жесткие требования, так как задержка в загрузке материалов даже на короткое время влечет за собой перевод печи на «тихий ход» или полную её остановку [1].

В доменном цехе ОАО «ММК» используется скиповый способ подачи шихтовых материалов, при этом эксплуатируются скиповые лебедки с отдельными редукторами (рис. 1).

Управление лебедкой осуществляется командоаппаратом, а контроль скорости и аварийная остановка при превышении скорости – центробежным выключателем. Останавливается лебедка при слабине или обрыве одного из канатов выключателями слабины каната, которые уста-

новлены по обе стороны барабана вдоль нарезной части. Для измерения частоты вращения в лебедках предусмотрен тахогенератор. Установка двух электродвигателей, помимо увеличения надежности, позволяет снизить маховый момент инерции системы.

Смазывание подшипниковых опор редукторов скиповых лебедок в доменном цехе ОАО «ММК» осуществляется от централизованных станций в автоматическом режиме (рис. 2).

Кроме этого, от данных станций смазываются подшипниковые опоры оборудования колошника. Смазочный материал используется с пенетрацией 310–420. Подшипниковые опоры уплотнены сальниковыми набивками. Недостатком уплотнений и автоматизированного смазывания является то, что пластичный смазочный материал вытесняется через уплотнения в корпуса редукторов 3 и 3а (см. рис. 1), попадая, тем самым, в минеральное масло, смазывающее зубчатые передачи редукторов, и

изменяет свойства масел, что нежелательно для тяжело нагруженных скиповых лебедок. Поэтому необходимо найти рациональный способ смазывания подшипниковых опор и эффективные уплотнительные устройства.

В работах Школьников В.М., Анисимова И.Г., Бадыштова К.М., Розенберга Ю.А. [2–4] рассмотрены свойства смазочных материалов, обеспечивающие снижение трения и износа деталей промышленного оборудования. В этих работах отме-

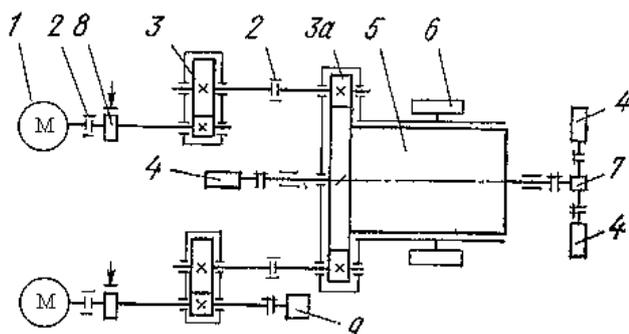


Рис. 1. Кинематическая схема скиповой лебедки доменной печи № 9 ОАО «ММК»:

- 1 – электродвигатель; 2 – зубчатая муфта;
- 3 – редуктор; 3а – зубчатая передача;
- 4 – командоаппарат; 5 – барабан; 6 – выключатель слабины каната;
- 7 – рычажный выключатель;
- 8 – рабочий тормоз; 9 – тахогенератор

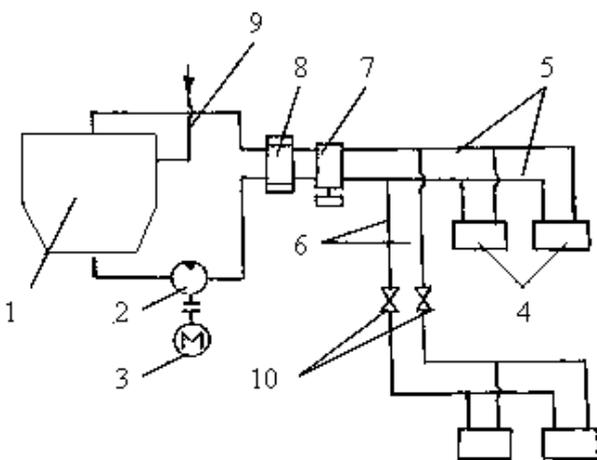


Рис. 2. Централизованная станция смазывания оборудования скиповой лебедки доменной печи № 9 ОАО «ММК»:

- 1 – резервуар; 2 – насос; 3 – электродвигатель;
- 4 – питатель дозирующий; 5 – трубопровод к оборудованию колошника; 6 – трубопровод к оборудованию скиповой лебедки;
- 7 – блок переключения смазочный; 8 – распределитель двухмагистральный; 9 – заправочный трубопровод; 10 – вентиль

чено, что плотность масел  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) непосредственно связана с такими важными свойствами, как вязкость и сжимаемость. При повышении давления плотность масел возрастает вследствие их сжимаемости. Вязкость динамическая  $\eta$  (Па·с) – одно из важнейших свойств, имеющих эксплуатационное значение, общее для большинства масел и зависит от давления. В работах указывается, что при высоком давлении вязкость может потерять свойства жидкости и превратиться в квазипластичное тело, а при снятии нагрузки первоначальная вязкость восстанавливается. Индекс вязкости характеризует вязкостно-температурные свойства масел. Чем выше индекс вязкости, тем лучше вязкостно-температурные свойства. Температура застывания (°С) характеризует подвижность масла при низкой температуре. Характеристикой подвижности служит вязкость при соответствующей температуре. Температура вспышки (°С) характеризует огнеопасность масла и указывает на наличие в нем низкокипящих фракций. Кислотное число характеризует степень очистки масел без присадок, а изменение кислотного числа – стабильность в процессе эксплуатации. Поэтому важно сохранять свойства масел при эксплуатации редукторов скиповых лебедок.

Известно, что пластичные смазочные материалы занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми смазочными материалами. Они представляют собой структурированные коллоидные системы. Их свойства зависят, прежде всего, от особенностей трехмерного структурного каркаса, образующегося из дисперсной фазы, который в своих ячейках удерживает большое количество (80–90%) дисперсной среды. Устойчивость структурированной системы зависит от прочности структурного каркаса, сил взаимодействия между его отдельными частями, между элементами структурного каркаса и дисперсионной средой на границе раздела фаз, числа контактов частиц каркаса в единице объема, электростатических свойств, критической концентрации ассоциации различных мыл и других коллоидно-химических факторов.

На устойчивость структурированной системы влияют физико-химические свойства вещества, из которого построен каркас, химическая природа окружающей его среды и наличие поверхностно-активных веществ, обуславливающих размеры и форму элементов структурного каркаса, а также энергию связей в этой системе.

Волокна мыльного загустителя, отличающегося катионом или анионом, имеют присущую только им форму и размеры. Концентрация дисперсной фазы, присутствие ПАВ и технология

изготовления отражаются на структуре пластичного смазочного материала. Существует взаимосвязь между дисперсностью, анизометричностью кристаллов мыл и реологическими характеристиками пластичных смазочных материалов независимо от природы дисперсной фазы и других факторов. При повышении дисперсности элементов структурного каркаса, увеличении отношения длины к диаметру или ширине кристаллов мыла загущающий эффект дисперсной фазы повышается. Дисперсность и анизометричность кристаллов мыл связаны с характером структурообразования, которое, в свою очередь, зависит от строения молекулы мыла. При повышении дисперсности кристаллов мыла число контактов между элементами структурного каркаса, а также поверхность соприкосновения с дисперсной средой увеличивается. Создаются благоприятные условия для разного рода энергетических связей в системе образования прочных коллоидных структур. Поэтому предел прочности (Па), вязкость (Па·с), коллоидная стабильность (%) пластичных смазочных материалов определяются дисперсностью и анизометричностью волокон, образующих их структурный каркас, энергией связи между его элементами и взаимодействием дисперсной фазы с дисперсной средой.

Пластичные смазочные материалы выделяют в особый класс сложных реологических тел, для которых характерно сочетание хрупкости, обусловленной разрывом жестких связей в каркасе, и пластичности, дающей неограниченно большие деформации без потери сплошности за пределами критической нагрузки. Значение этой нагрузки зависит, главным образом, от прочности структурного каркаса, а вязкость дисперсной среды, как правило, играет незначительную роль.

Характерная особенность пластичного смазочного материала – быстрое восстановление разрушенных связей между частицами дисперсной фазы и приобретение ими свойств твердого тела после снятия нагрузки.

Пластичные смазочные материалы отличаются от масел наличием аномального внутреннего трения. Их вязкость не описывается законом Ньютона и является функцией не только температуры, но и скорости деформации. Вязкость пластичных смазочных материалов резко уменьшается при повышении градиента скорости деформации, что также отличает их от масел.

Установлены показатели качества, обязательные для всех или отдельных видов пластичных смазочных материалов. К первым относят пенетрацию и температуру каплепадения (определяющие воспроизводимость их свойств), внешний вид, со-

держание воды и механических примесей, испытание на коррозию (для оценки пригодности к применению); ко вторым – предел прочности, вязкость, коллоидную, механическую и химическую стабильности, термоупрочнение, испаряемость, содержание органических водорастворимых кислот и свободной щелочи, показатели защитных (от коррозии), противоизносных и противозадирных свойств, адгезию (липкость), растворимость в воде.

При выборе пластичного смазочного материала необходимо учитывать окружающую скорость, лимитируемую через параметр  $d \cdot n$  [5], где  $d$  – внутренний диаметр подшипника, мм;  $n$  – частота вращения, об/мин.

Контактные нормальные напряжения для роликоподшипников определяются из зависимости [5]:

$$\sigma_k = 425 \cdot \left( \frac{R \cdot \sum p}{i \cdot z \cdot l \cdot \cos \alpha} \right)^{\frac{1}{2}},$$

где  $R$  – радиальная нагрузка, МН;  $i$  – количество рядов тел качения;  $z$  – количество тел качения в ряду;  $l$  – длина ролика, м;  $\alpha$  – угол наклона роликов;  $\sum p$  – сумма кривизны ролика и кольца.

$$\sum p = \frac{2}{D_w \cdot (1 - \gamma)}, \quad \gamma = \frac{D_w}{D_o} \cdot \cos \alpha,$$

где  $D_w$  – диаметр ролика, м;  $D_o = \frac{(d + D)}{2}$  – средний диаметр подшипника, м.

Используя справочные данные, с учетом свойств смазочных материалов, наиболее подходящими для подшипниковых опор скиповых лебедок являются пластичные смазочные материалы с пенетрацией при 25°C,  $10^1$  мм менее 250 [2]. Из отечественных пластичных смазочных материалов наиболее подходит по пенетрации и другим рассмотренным свойствам Литол-24 [3]. Способ смазывания – закладной. Для этого понадобится установить перед дозирующими питателями устройства, способные отключать централизованный способ смазывания подшипников качения скиповой лебедки, как показано на рис. 2, поз. 10. Централизованным способом смазывания можно пользоваться как резервным, при открытом положении устройства. Наиболее подходящими уплотнениями в данной схеме смазывания являются фторкаучуковые или полиуретановые, способные надежно защитить подшипниковый узел от утечки пластичного смазочного материала в ванну редуктора, что, в свою очередь, позволит сохранять свойства масел, смазывающих зубчатые зацепления редукторов скиповых лебедок.

В настоящее время прорабатывается вопрос подшипниковых опорах редукторов скиповых по изменению марки смазочного материала в лебедок доменного цеха ОАО «ММК».

#### **Библиографический список**

1. Целиков, А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3 т. Т. 2. Машины и агрегаты доменных цехов: Учебник для вузов [Текст] / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребенник и др. М.: Металлургия, 1987. 440 с.
  2. Ищук, Ю.Л. Состав, структура и свойства пластичных смазок [Текст] / Ю.Л. Ищук. Киев: Наук. думка, 1996. 512 с.
  3. Анисимов, И.Г. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник [Текст] / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А.Бнатов и др.: Под ред. В.М. Школьникова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издат. центр «Техинформ», 1999. 596 с.
  4. Розенберг, Ю.А. Влияние смазочных материалов на надежность и долговечность машин [Текст] / Ю.А. Розенберг. М.: Машиностроение, 1970. С. 9–11.
  5. Жиркин, Ю.В. Надежность, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт металлургических машин [Текст] / Ю.В. Жиркин // Руководство к решению задач и упражнений: Учеб. пособие. Магнитогорск: МГТУ, 1998. 336 с.
-

## ЭНЕРГЕТИКА МЕТАЛЛУРГИИ, ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

УДК 621.316.94: 621.373.0142

Ю.П. Журавлев, Г.П. Корнилов, А.С. Карандаев

### ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА НА ШИНАХ 10 кВ ШИРОКОПОЛОСНОГО СТАНА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

Необходимым условием нормального электроснабжения промышленного предприятия является надежное обеспечение его электроприемников электрической энергией в необходимом количестве и определенного качества, которое регламентируется ГОСТ 13109-97 [1]. При этом основное влияние на качество электроэнергии оказывают электроприемники с нелинейными вольтамперными характеристиками – тиристорные преобразовательные агрегаты, применяемые для питания мощных электроприводов постоянного тока.

Характерным примером являются системы электроснабжения листопрокатных цехов, где от одного источника питания осуществляется электроснабжение «спокойных» нагрузок (насосов гидросбива, вентиляторов и КТП) и клетей прокатного стана, имеющих электропривод по системе «тиристорный преобразователь – двигатель». Поэтому в распределительных сетях цеха наблюдаются колебания и отклонения напряжения, источниками которых являются тиристорные преобразователи (ТП). Кроме того, указанные агрегаты имеют невысокий коэффициент мощности, что вызывает дефицит реактивной мощности в системе.

Как известно, искажения питающего напряжения при работе ТП являются следствием коммутации вентилей, подключенных в соседние фазы, при котором происходит кратковременное короткое замыкание фаз. Форма и амплитуда искажений зависят от схемы выпрямления, мощности преобразователей и параметров питающей сети. Эти искажения имеют периодический характер, что позволяет проводить их гармонический анализ. Наиболее явно такие искажения проявляются в электропитающих сетях станов горячей прокатки, установленная мощность тиристорных электроприводов которых достигает сотен МВт.

Установленная мощность тиристорных ЭП стана 2000 горячей прокатки ЛПЦ-10 ОАО «ММК» превышает 140 мВт, а их энергетические характеристики далеки от оптимальных. В соответствии с техническим проектом для сети 10 кВ стана 2000 были предусмотрены 3 комплекта тиристорных компенсаторов реактивной мощности типа ТКРМ-20/10, каждый из которых содержит тиристорно-реакторную группу мощностью 20 Мвар, а также фильтры 5-й, 7-й, 11-й и 13-й гармоник мощностью по 6,3 Мвар каждый.

Суммарная мощность конденсаторных батарей для стана должна была составлять порядка 90 Мвар, что в соответствии с проектом обеспечивало бы:

- повышение коэффициента мощности ( $\cos \varphi$ ) до уровня 0,93 – на шинах 10 кВ и 0,91 – на шинах 6 кВ;
- снижение колебаний напряжения в сети 10 кВ до  $\delta U \leq 5,0\%$ , а в сети 110 кВ – до величины  $\delta U \leq 1,0\%$ .
- уменьшение несинусоидальности напряжения на шинах 6–10 кВ до величины 4–5%.

Однако при вводе стана в эксплуатацию запроектованные фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ) на шинах 10 кВ, к которым подключены все главные приводы, не были установлены. Отсутствие ФКУ приводит к ухудшению гармонического состава тока и напряжения, увеличению потерь, что в условиях складывающегося дефицита электроэнергии является недопустимым. Дефицит реактивной мощности согласно расчетам превышает 120 Мвар, а несинусоидальность кривой напряжения составляет 16–18%.

С учетом изложенного представляет интерес оценка фактического гармонического состава тока, а также несинусоидальности напряжения на секциях 10 кВ стана 2000 с целью разработки мероприятий по их улучшению. Запись сигналов

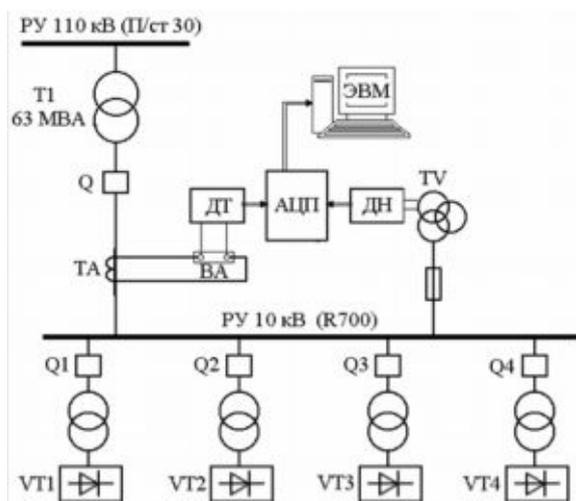


Рис. 1. Схема подключения прибора РЭС-3 для записи осциллограмм токов и напряжений

производилась с помощью регистратора электрических сигналов РЭС-3 с частотой дискретизации 4,5 кГц. Схема подключения прибора приведена на рис. 1. Последующая обработка сигналов осуществлялась в среде Matlab по специально разработанным программам.

На рис. 2 представлены осциллограммы токов и напряжений 1 секции РУ-10 кВ (R 700) ЛПЦ-10. Анализ осциллограмм показал отклонение формы токов и напряжений на всех секциях РУ-10 кВ от синусоидальных в результате преобладания нелинейной нагрузки.

С помощью спектроанализатора были определены наиболее значимые гармоники, присутствующие в кривой тока – это 5-я, 11-я и 13-я гармоники (рис. 3). Принцип работы спектроанализатора основан на быстром преобразовании Фурье исследуемого сигнала на заданном интер-

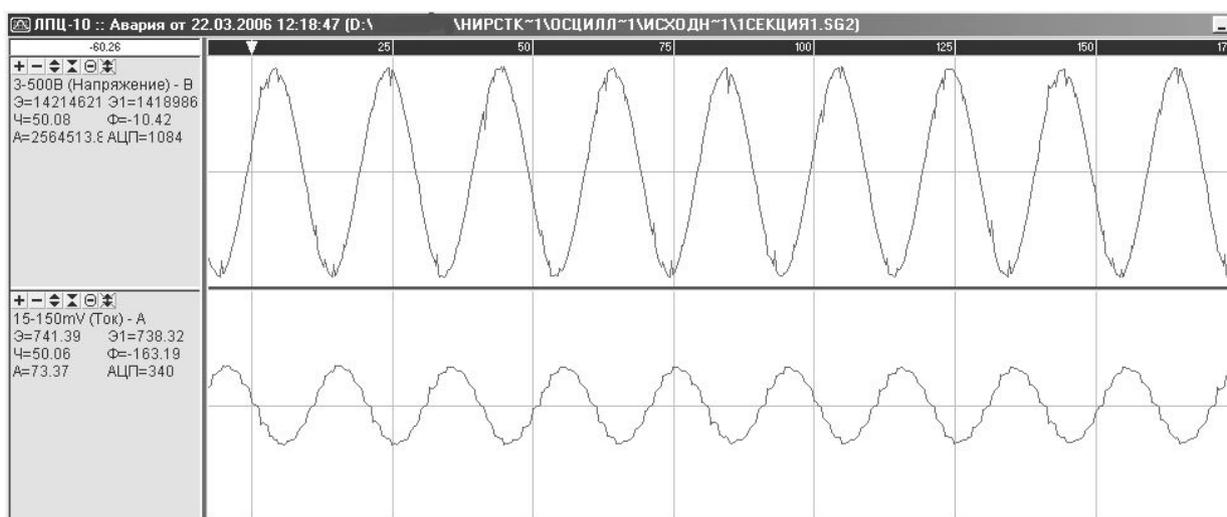


Рис. 2. Осциллограмма токов и напряжений 1 секции РУ-10 кВ ЛПЦ-10

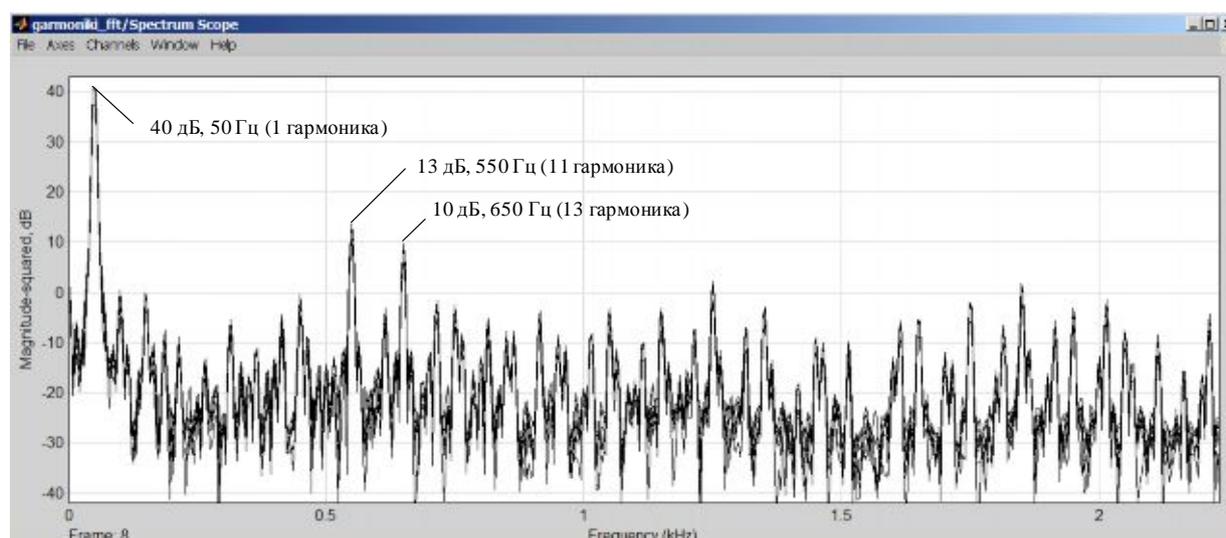
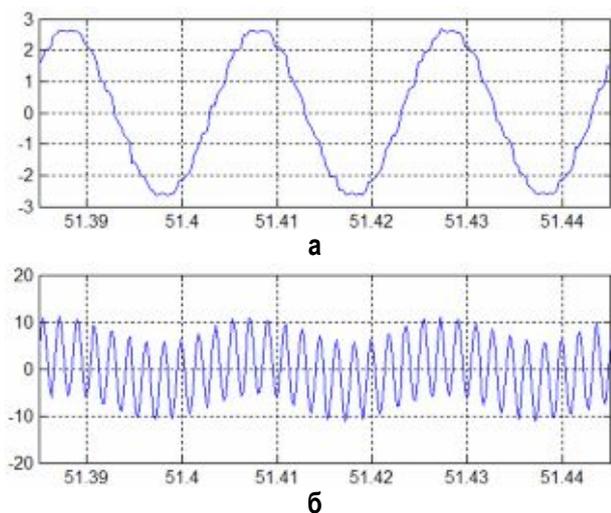


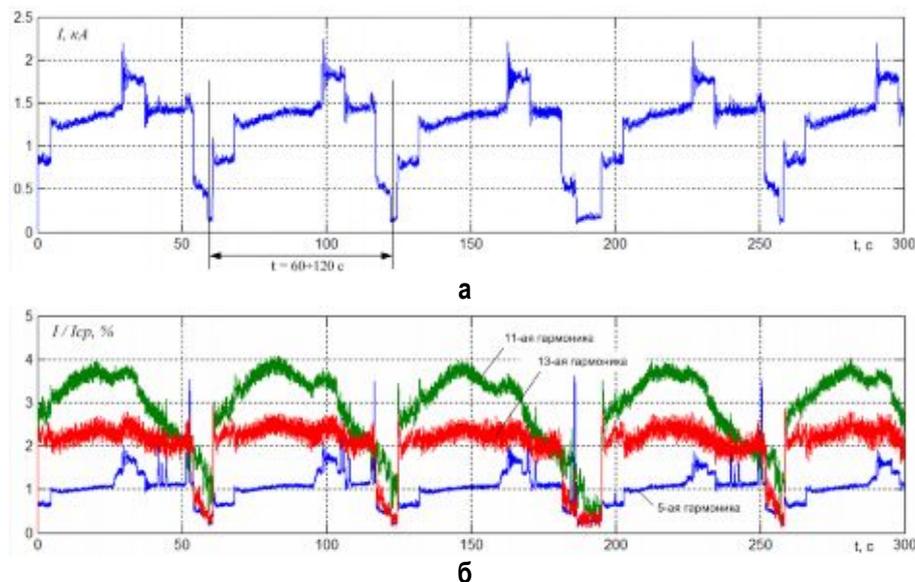
Рис. 3. Спектрограмма токов первой секции РУ-10 кВ



**Рис. 4. Выделение высших гармонических из несинусоидального периодического сигнала:**  
**а – исходный сигнал с частотой 50 Гц;**  
**б – выделенная синусоида 11-й гармоники**

вале, длительность которого составляет 10–15 периодов основной частоты. Использование наложения на исходный сигнал так называемого «окна Хана» позволяет ослабить краевой эффект, возникающий при неравенстве периода основной частоты периоду выборки.

Однако спектроанализатор позволяет лишь выделить наиболее значимые гармоники, но не дает возможности проследить их изменение с течением времени. Для решения этой задачи использовались резонансные фильтры, настроенные на частоту выделяемой гармоники, реализованные в среде Matlab Simulink [2].



**Рис. 5. Осциллограмма действующих значений тока (а) 1 секции РУ-10 кВ и его 5-й, 11-й и 13-й гармонических составляющих (б)**

Работа фильтра по выделению 11-й гармоники иллюстрируется с помощью рис. 4.

На рис. 5, 6 приведены осциллограммы действующих значений тока (а) и его гармонических составляющих (б) на интервалах времени 5 мин и 1 мин для 1 секции РУ-10 кВ. Аналогичные осциллограммы получены для всех четырех секции РУ-10 кВ (секции 1, 2А, 2Б, 3).

Анализ осциллограмм, представленный в [3], позволил выделить следующие положения:

1. В кривых тока основной гармоники наблюдаются циклические изменения с периодом 50–100 с, определяемым технологическим циклом прокатки (меньшие значения – для 1–5 клетей, большие – для выходных клетей).

2. Характер изменения уровня высших гармонических в целом соответствует изменению тока основной гармоники. По всем секциям уровень 5-й гармоники не превышает 1%, 13-й – не более 2% и 11-й – не более 5%. Уровень 7-й гармоники – менее 1%, поэтому в процессе анализа она не исследовалась.

3. На секции № 1 наблюдается явная зависимость между токами 5-й и основной гармоник, однако на некоторых участках диаграммы при сбросе нагрузки возникают выбросы токов 5-й гармоники. При этом на 11-ю и 13-ю гармоники эти набросы нагрузки не оказывают заметного влияния, поведение 11-й, 13-й гармоник отличается большей стабильностью и соответственно выбор и настройка фильтров могут быть произведены по средним значениям токов только этих гармоник.

На основании выполненных исследований предложена комбинированная система управления реактивной мощности и улучшения гармонического состава напряжения путем ступенчатого изменения емкости батарей конденсаторов в составе ФКУ и последующей плавной подстройки тока возбуждения крупных синхронных двигателей черновых клетей.

Перед включением в работу фильтр настраивают в резонанс напряжения изменением числа витков воздушного реактора. Фильтры включаются в сеть через ячейки КРУ и щитовые устройства последовательно в порядке возрастания номеров гармоник.

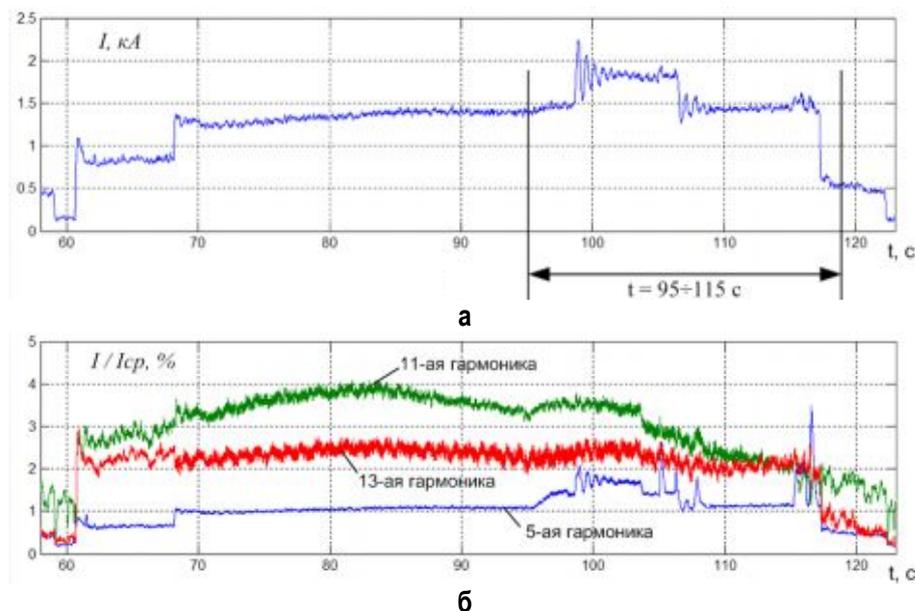


Рис. 6. Фрагмент осциллограммы действующих значений тока 1-й секции РУ-10 кВ (а) и его 5-й, 11-й и 13-й гармонических составляющих (б). Длительность записи 60 с

Вопросы, касающиеся управления реактивной мощностью (в том числе и тиристорных ключей), заслуживают отдельного рассмотрения.

#### Выводы

1. В результате осциллографирования токов и напряжений секций шин 10 кВ ЛПЦ-10 ОАО «ММК» показано существенное влияние резкопеременных нелинейных нагрузок на отклонения, колебания и несинусоидальность напряжения питающей сети. При этом существующие в

цехе компенсирующие устройства не позволяют в полной мере компенсировать реактивную мощность и регулировать уровень напряжения.

2. Для исследования гармонического состава тока и напряжения секций шин 10 кВ предложен оригинальный программно-технический комплекс, обеспечивающий запись и анализ мгновенных значений тока нагрузки и напряжения сети, выполненный на базе регистратора электрических сигналов РЭС-3 и персонального компьютера. В состав программного обеспечения входит пакет Matlab Simulink, который позволяет не только оценивать наличие высших гармонических составляющих, но также отслеживать динамику их изменения в процессе работы электроприемников.

3. Предложена комбинированная система компенсации реактивной мощности и улучшения гармонического состава напряжения путем ступенчатого изменения емкости батарей конденсаторов ФКУ и последующей плавной подстройки тока возбуждения синхронных двигателей черновых клеток стана.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Гультяев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс. СПб.: Питер, 2001.
3. Разработка методов и устройств улучшения энергетических характеристик мощных тиристорных электроприводов в системе промышленного электроснабжения с применением статических компенсирующих устройств: Отчет по НИР / ГОУ ВПО «МГТУ»; Руководитель работы. А.С. Карандаев. № ГР 81100374. Магнитогорск, 2006.

## ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И РЫНОК ПРОДУКЦИИ

УДК 669.4:368.036:338.1

А.А. Морозов, Е.С. Ускова

### СТРАХОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ОАО «ММК»

В настоящее время страховой рынок в России развивается все динамичнее и интенсивней. Множество металлургических предприятий, в том числе таких, как ОАО «ММК» и др., обращаются к участникам страхового рынка, чтобы посредством страховой защиты минимизировать потери при ведении хозяйственной деятельности от имущественных рисков, которым подвержено любое металлургическое предприятие. Грамотно организованное страховое и перестраховочное покрытие позволяет компании снизить финансовые потери при наступлении непредвиденных и внезапных событий (страховых случаев). От того, в каких страховых и перестраховочных компаниях организовано страхование и перестрахование, от того, учтены ли особенности компании (как производственные, так и финансовые) при организации страхования и перестрахования, от того, на каких условиях с качественной точки зрения приняты страховщиками и перестраховщиками имущественные риски и какие деньги (страховая премия) заплачены за данное покрытие, зависит величина возмещаемых потерь, что, в свою очередь, играет главную роль при организации страхового возмещения по каждому конкретному страховому случаю. Страхование как экономический инструмент также актуально для предприятия при взаимоотношениях с другими участниками хозяйственной деятельности, такими как банки и другие финансовые институты, например по вопросам кредитования, поскольку финансовые учреждения хотят быть уверены в возвратности собственных средств и страхование выступает как один из источников, который гарантирует их возвратность.

В качестве примера рассматривается опыт построения ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» системы страховой защиты предприятия с учетом его характерных особенностей. Система страховой защиты имущества ОАО «ММК» входит в комплексную систему управления рисками компании.

В данной статье изложена этапность организации страхования и перестрахования имуществен-

ных рисков предприятия, которая включает в себя ряд последовательных действий, выполнение которых позволяет организовать максимально надежную и эффективную страховую и перестраховочную защиту предприятия, учесть особенности имущественного комплекса комбината и избежать тех неблагоприятных последствий, которые могут возникнуть при организации возмещения потерь от страховых случаев. Представленный порядок организации страхования и перестрахования имущественных рисков используется в практической деятельности ОАО «ММК» и может найти свое применение при организации имущественного страхования на других промышленных предприятиях Российской Федерации.

Страхование имущества как особый вид экономической деятельности связан с перераспределением риска нанесения ущерба имущественным интересам среди участников страхования (страхователей) и опосредованным участием специализированных организаций (страховщиков), обеспечивающих аккумуляцию страховых взносов, образование страховых резервов и осуществление страховых выплат при нанесении ущерба застрахованным имущественным интересам. При этом под перераспределением рисков среди страхователей следует понимать особый процесс, при котором потенциальный риск нанесения ущерба имущественным интересам каждого из страхователей «раскладывается» на всех и, как следствие, каждый из страхователей становится участником компенсации фактически наступившего ущерба. Ключевым в таких отношениях является уплата страхового взноса (страховой премии) страховщику, обеспечивающему организацию перераспределительного процесса.

Использование метода страхования возможно в случаях, когда вероятность наступления рисков может быть оценена и существуют определенные финансовые гарантии со стороны страховщиков о компенсации ущерба.

Особенность операций по страхованию имущества, связанная с перераспределением рисков, раскладкой потенциального ущерба во времени,

делает необходимой формирование организацией, осуществляющей такие операции, страховых резервов. Сущность страховых резервов означает, что поступающие от страхователей страховые взносы не могут рассматриваться страховщиком как доход или прибыль, поскольку текущие страховые взносы должны быть использованы в будущем для осуществления страховых выплат.

Образование страховых резервов как необходимое условие деятельности страхового предприятия позволяет рассмотреть и другую функцию страхования имущества в обществе. Аккумулируемые на достаточно продолжительный период времени страховые резервы в силу того, что потребность в них, как источнике, обеспечивающем наличие средств для страховых выплат возникнет в будущем, являются важным кредитным ресурсом экономики. Действительно, из практики деятельности зарубежных страховых компаний можно сделать вывод о том, что страховые компании являются вторым по размерам после банков инвесторами в различные сектора экономики.

Таким образом, страхование имущества можно рассматривать как особый вид предпринимательской деятельности, связанный с перераспределением риска среди участников страховых отношений (страхователей) и опосредованным участием специализированных организаций (страховщиков), обеспечивающих аккумуляцию страховых взносов, образование страховых резервов и осуществление страховых выплат.

В соответствии со ст. 3 Закона РФ «Об организации страхового дела в Российской Федерации» добровольное страхование осуществляется на основании договора между страхователем и страховщиком. Договор страхования – это юридический факт, порождающий страховое обязательство. Согласно ст. 420 ГК РФ договором признается соглашение двух или нескольких лиц об установлении, изменении или прекращении гражданских прав и обязанностей.

Договоры страхования, как и любые другие гражданско-правовые договора, можно квалифицировать по разным основаниям. Приведем лишь некоторые, наиболее распространенные из них:

- по видам страхования (основой деления выступает объект страхования) делятся на договоры личного и имущественного страхования, договоры страхования ответственности;
- по сроку действия различаются краткосрочные (менее года), среднесрочные (годовые) и долгосрочные (на срок до 5 лет и более). При этом следует отметить особенность некоторых видов договоров, в

частности, договоры страхования жизни заключаются на срок не менее года;

- по субъективному составу.

Интересным представляется деление договоров страхования на договоры на фиксированную сумму (страховую сумму) и договоры от убытков. При страховании от убытков определенная страховая сумма не устанавливается, а лишь уплачивается страховая премия, рассчитанная исходя из ориентировочной страховой суммы на определенный временной период. Применительно к российской практике некоторые страховщики заключают договоры медицинского страхования без указания страховой суммы. Такая позиция имеет свое обоснование, несмотря на то, что в соответствии со ст. 942 ГК РФ страховая сумма является существенным условием договора. Приводятся следующие доводы: на основании статьи 970 ГК РФ правила Главы 48 Кодекса применяются к специальным видам страхования постольку, поскольку они не противоречат специальным законам о таком страховании. Ст. 4 Закона РФ «О медицинском страховании граждан в РФ», определяющая основные положения договора медицинского страхования, страховую сумму как одно из основных условий договора страхования не указывает.

Перестрахование – самостоятельная отрасль страхования – защищает прямого страховщика (цедента) от возможных финансовых потерь, если бы ему пришлось производить выплаты по заключенным договорам страхования имущества, не имея перестраховочного покрытия.

Из-за отсутствия соответствующего законодательного регулирования объем перестраховочного покрытия в каждом конкретном случае определяется в договоре перестрахования с учетом сложившейся практики. Стороны пользуются полной свободой договора, что позволяет им выбрать объем перестраховочного покрытия в соответствии с особыми требованиями прямого страховщика и наиболее удобную и подходящую форму договора.

Перестрахование расширяет финансовые возможности прямого страховщика, позволяя принимать на себя риски, которые в противном случае из-за своего размера или большой вероятности наступления страхового события привели бы к превышению его финансовых и экономических ресурсов. Благодаря перестраховщику прямой страховщик может установить необходимый баланс в своем бизнесе, которому постоянно угрожают три опасности:

1. Риск случайных убытков:
  - колебания страховых выплат;
  - неравномерное поступление заявлений о страховых убытках;

– бедствия и катастрофы, причиняющие чрезмерный ущерб, когда страховщик вынужден оплатить убытки по большому количеству полисов в результате одного и того же страхового случая (кумуляция убытков).

#### 2. Риск перемен:

– колебания стоимости денег могут повлечь изменения в заработной плате и соответственно в размере убытков, риск которых был первоначально застрахован;

– технологическое развитие может привести к тому, что первоначально застрахованные риски не будут соответствовать новым опасностям и оговоренным ставкам премий.

3. Риск ошибок: неверные предположения при расчете ставки премии (например, ошибочное толкование статистических данных).

Основная задача каждой страховой компании – предупреждение этих опасностей и выбор вида перестрахования, обеспечивающего максимальную защиту от них. Именно здесь перестраховщик должен выступать квалифицированным и беспристрастным консультантом.

Сможет ли прямой страховщик повысить свой доход от получения страховых премий в определенных видах деятельности и добиться хороших результатов, нередко зависит от того, на скольких выгодных условиях он заключит соглашение с перестраховщиком.

Профессиональный перестраховщик – это страховая компания, занимающаяся исключительно перестрахованием. В сферу ее деятельности не входит прямое страхование и, следовательно, прямые контакты со страхователями. Перестраховщик может предлагать перестрахование для всех видов покрытия, предоставляемых прямым страховщиком: страхование имущества, страхование ответственности, страхование транспортных средств и т.д. Принцип специализации применяется в исключительных случаях, например (с оговорками) в США.

Что касается организационно-правовой формы, то профессиональные перестраховщики обычно являются акционерными обществами.

В настоящее время в мире действует около 250 профессиональных перестраховщиков. Перестрахованием занимаются и прямые страховщики. Данная деятельность для них косвенная и в годовом отчете отдельно не отражается. Доля их незначительна потому, что они не могут конкурировать с профессиональными перестраховщиками.

По объему перестраховочной деятельности прямые страховщики, занимающиеся перестрахованием, могут быть поделены на 2 группы.

К первой, более многочисленной группе, относятся те, что занимаются перестрахованием только

в отдельных отраслях, нерегулярно и чаще всего лишь на основе соглашений о взаимности. Вторую группу составляют прямые страховщики, систематически предлагающие на рынке услуги по перестрахованию. Последние иногда превращают свои отделы перестрахования в самостоятельные дочерние общества, выступающие на рынке в качестве профессиональных перестраховщиков. В своей деятельности дочерние перестраховочные общества получают финансовую поддержку от головной компании. Поддержка такого рода особенно необходима в начале функционирования дочернего общества и осуществляется порой путем уступки ему со стороны головной компании прав и обязанностей по собственным договорам перестрахования на условиях лучше рыночных.

У прямых страховщиков есть причины заниматься перестраховочной деятельностью, в которой они не могут конкурировать с профессиональными перестраховщиками. Объем перестрахования, предлагаемый прямыми страховщиками, зависит в значительной степени от результатов прохождения договоров перестрахования и от ситуации на рынке. Кроме того, поскольку перестраховочный бизнес гораздо больше подвержен колебаниям, которые могут приносить убытки в течение более долгого периода времени, прямые страховщики, при определенных обстоятельствах, вынуждены заняться вместо перестрахования исключительно своей непосредственной деятельностью, если положение на рынке перестраховочных услуг не соответствует их ожиданиям.

Расширение сферы косвенной деятельности прямых страховщиков немисливо без участия перестраховочных брокеров. Профессиональные перестраховщики устанавливают и поддерживают отношения со своими цедентами самостоятельно (через главный офис, через открытое за рубежом представительство или дочернее общество), в то время как у компаний, выступающих в качестве как прямых страховщиков, так и перестраховщиков, такая система отсутствует. Поэтому они в значительной степени зависят от посредников, предлагающих им заключить договоры перестрахования. На практике профессиональные перестраховщики рассматривают и часто принимают предложения перестраховочных брокеров. Особенно это характерно для зарубежной деятельности, когда цедент наделяет брокера исключительным правом размещения его договоров перестрахования.

Выступая в качестве прямого посредника при заключении договоров между прямым страховщиком и страхователем (особенно в Лондоне и на других рынках морского страхования), пере-

страховочный брокер должен осознавать высокую степень своей ответственности.

Прямые страховщики не имеют специальной информации, касающейся мирового рынка перестраховочных услуг и постоянно совершенствующейся техники перестрахования. Поэтому они должны рассчитывать на профессиональный совет брокера. Однако, как показывает практика, в ряде случаев брокер может быть больше заинтересован в получении вознаграждения, чем в установлении деловых отношений между его партнерами. Не следует также забывать, что перестраховочный брокер получает вознаграждение от перестраховщика, представляя при этом интересы прямого страховщика.

Вознаграждение брокера при пропорциональном перестраховании составляет, как правило, 1–2,5% перестраховочной премии. При факультативном перестраховании и облигаторном перестраховании эксцедента убытка эта ставка выше.

Система страхования и перестрахования имущества в ОАО «ММК» является частью комплексной системы управления рисками.

Порядок организации страхования и перестрахования имущественных рисков в ОАО «ММК» осуществляется в несколько этапов и представляет собой не только организацию и заключение самого договора страхования с российской страховой компанией, но и организацию перестраховочной защиты имущественных рисков предприятия. Данный порядок представляет собой выработанную семилетним опытом работы ОАО «ММК» методику, которая состоит из определенного количества этапов, выполнение которых происходит в строго определенной последовательности.

Первым этапом организации страховой защиты имущественных интересов ОАО «ММК» является определение страховых сумм. С учетом того, что ОАО «ММК» является одним из крупнейших предприятий металлургической отрасли России, его основные средства представляют огромный список всевозможных видов основных средств, начиная от зданий и сооружений, машин и оборудования и заканчивая инструментом и прочим инвентарем. Для организации грамотного страхового и перестраховочного покрытия имущественных рисков ОАО «ММК» в отношении размера страховых сумм ОАО «ММК» привлекает независимую компанию-оценщика, пользующуюся надежной репутацией в области оценочной деятельности. Главной задачей компании-оценщика является определение страховых сумм для всех производственных объектов ОАО «ММК», которые в дальнейшем используются в договоре страхования и перестраховочной документации.

В результате формируется финальный отчет по оценке, данные которого используются в дальнейшем для организации страхования и перестрахования имущественных рисков ОАО «ММК».

Следующим этапом является подготовка технического задания для организации страхования и перестрахования, которое включает в себя основные данные для организации страхования (перечень рисков, страховые суммы, лимиты ответственности, франшизы по видам рисков, дополнительную информацию).

Параллельно подготовке технического задания ОАО «ММК» проводит тендер по выбору страхового брокера. Он включает в себя сбор и анализ информации, содержащей финансовые показатели страховых брокеров за последние 2–3 года, такие как величина собственного капитала, величина текущих активов и пассивов, величина чистой прибыли, величина годового оборота и других показателей. Результатом тендера является выявление победителя и подписание с ним договора на оказание брокерских услуг в сфере страховой деятельности. В тендере участвуют такие известные страховые брокеры, как Willis, Marsh Ltd., Jardine, Heath Lambert Group и другие страховые брокеры, аккредитованные при международном страховом рынке Ллойд.

После проведения тендера по выбору страхового брокера ОАО «ММК» проводит тендеры по выбору российской страховой компании и перестраховщика-лидера.

Следующим этапом является согласование основных условий страхования и перестрахования имущественных рисков ОАО «ММК» и подписание договора страхования имущества между ОАО «ММК» и российской страховой компанией. В договоре отражаются основные условия страхования, которые соответствуют условиям перестрахования, согласованным с перестраховщиками. Применяемые ОАО «ММК» виды страхования, а также перечень страховых и перестраховочных компаний, с которыми сотрудничает комбинат, представлены в **таблице**.

Заключительным этапом процесса организации страховой защиты является контроль соответствия условий страхования и условий перестрахования.

Кроме того, уже второй год ОАО «ММК» применяет страхование ответственности директоров и должностных лиц, которое называется D&O (Directors and Officers liability insurance). По полису D&O страхуется гражданская ответственность – обязанность директора и/или должностного лица возместить ущерб, нанесенный третьим лицам,

компания вследствие непреднамеренных ошибок и упущений.

Предпосылкой развития страхования D&O в России стало приглашение иностранных наемных менеджеров в совет директоров российских компаний, выходящих на западные биржи, в этих случаях:

- менеджер хочет иметь защиту вне зависимости от финансового состояния компании или ее дочерних предприятий;
- полис D&O зачастую предоставляет более широкое покрытие по сравнению с защитой, определенной во внутренних документах компании или трудовом договоре.

При выходе ОАО «ММК» на международный

рынок ценных бумаг возникнет необходимость в расширении страхового покрытия и увеличении лимита ответственности. В рамках проведения ОАО «ММК» IPO возникают следующие риски:

- директора компаний несут личную ответственность за достоверность информации, раскрываемой в ходе IPO;
- возрастает количество собственников, а значит, и вероятность предъявления претензий третьими лицами;
- в случае размещения за рубежом возникает вероятность того, что там также могут быть поданы иски.

Полис D&O для ОАО «ММК» является эффективным инструментом управления вышепере-

### Информация по страхованию имущества и ответственности ОАО «ММК»

Виды страхования	Страховая компания	Перестраховочная компания
<b>1 Имущественное страхование:</b>		
1.1 страхование имущества от огня и др. опасностей, от поломки оборудования	ОАО СК «СКМ»	Munich Re, Swiss Re, AIG Europe SA, Allianz AG
1.2 страхование строительно-монтажных рисков	ОАО СК «СКМ»	Munich Re, Allianz AG
1.3 страхование товаров в обороте	ОАО СК «СКМ»	РГСК «Росгосстрах»
1.4 страхование железнодорожной техники	ОАО СК «СКМ»	ООО «Форум»
1.5 страхование имущества, принятого в аренду и в лизинг	ОАО СК «СКМ», ГСК «Югория», СД «ВСК», ОАО САК «Энергогарант»	
1.6 страхование автотранспортных средств (КАСКО)	ОАО СК «СКМ»	СОАО «НСГ»
<b>2 Обязательное страхование:</b>		
2.1 обязательное страхование ответственности организации при эксплуатации опасных производственных объектов	ОАО СК «СКМ», СОАО «НСГ»	
2.2 обязательное страхование ответственности организации при эксплуатации гидротехнических сооружений	ООО «Росгосстрах-Столица»	
2.3 обязательное страхование ответственности организации при эксплуатации источников атомной энергии	ОАО САК «Энергогарант»	
2.4 обязательное страхование автогражданской ответственности владельцев транспортных средств	ОАО СК «СКМ»	
<b>3 Личное страхование</b>		
3.1 добровольное страхование работников от несчастных случаев на производстве	СОАО «НСГ»	
3.2 добровольное комплексное страхование работников, выезжающих за пределы постоянного места жительства в деловые поездки	ОАО СК «СКМ»	
3.3 добровольное медицинское страхование	ОАО СК «СКМ»	
3.4 обязательное страхование от несчастных случаев работников спецотдела, работников газоспасательной станции	ОАО СК «СКМ»	
3.5 добровольное комплексное страхование работников, выезжающих за пределы постоянного места жительства в служебные командировки	СОАО «НСГ», ООО «Росгосстрах-Столица»	
<b>4 Страхование ответственности директоров и должностных лиц</b>	ЗАО «АИГ страховая и перестраховочная компания»	National Union Fire Insurance Company, USA (компания входит в холдинг AIG)

численными рисками, он имеет расширенное страховое покрытие, которое распространяется на:

- членов единоличного исполнительного органа,
- членов Совета директоров,
- членов Правления,
- руководителей структурных подразделений,
- должностных лиц и руководителей Группы компаний ОАО «ММК».

Застрахована также ответственность самой компании в отношении исков по ценным бумагам, за исключением предъявленных на территории США и Канады.

По мнению специалистов страхового рынка, изложенный порядок организации страхования и перестрахования позволяет обеспечить максимально надежную страховую защиту интересов ОАО «ММК». Выполнение всех предложенных этапов в определенной последовательности позволяет достичь необходимого результата и, как следствие, выплаты основной суммы страховых возмещений при наступлении страхового случая. Система страховой защиты ОАО «ММК» является составной частью комплексной системы управления рисками ОАО «ММК» и эффективным методом снижения производственных и финансовых рисков компании.

#### Библиографический список

1. Шахов В.В. Страхование. М.: «Анкил», 2002. 480 с.
2. Пфайффер К. Введение в перестрахование. М.: «Анкил», 2000. 160 с.
3. Турбина К.Е. Инвестиционный процесс и страхование инвестиций от политических рисков. М.: «Анкил», 1995. 80 с.
4. Глуценко В.В. Управление рисками. Страхование. Железнодорожный: ТОО НПЦ «Крылья», 1999. 336 с.
5. Энциклопедия финансового риск-менеджмента / Под ред. А.А. Лобанова и А.В. Чугунова. М.: Альпина Паблишер, 2005. 786 с.

УДК 004.62.004.65

Д.С. Каплан, Д.Х. Девятов

## **РЕШЕНИЕ РЯДА ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ В КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ОАО «МАГНИТОГОРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»\***

Разработку корпоративной интегрированной системы «Магнитогорский металлургический комбинат» осуществляют три крупнейшие в мире компании, занимающиеся ИТ, – Oracle, Sun Microsystems и «Борлас Ай–Би–Си». Ядром формирующейся ИС является программный комплекс Oracle Applications. Это готовая интеграционная система, охватывающая управление всеми сферами – кадрами, финансами, производством, сбытом и т.д. Система управления персоналом от корпорации Oracle строится на базе модулей: Oracle HRMS, Oracle Payroll, Oracle Time–Management. В апреле 2005 года ОАО «ММК» признано победителем в номинации «Предприятия чертой металлургии» национальной ежегодной премии «ИТ–ЛИДЕР–2005» за выдающийся вклад в развитие информационных технологий в России.

\* В работе принимали участие Феоктистов В.Н., Сахно П.А., Чечулин В.М., Симонов А.В., Михайлов А.В. (ОАО «ММК»); Белявский А.Б., Файнштейн С.И., Егорова Л.Г., Тутарова В.Д., Торчинский В.Е., Зарецкий М.В., Симонов Е.А. (ГОУ ВПО «МГТУ»).

Внедрение КИС на основе широко известной (Enterprise Resource Planning)-системы Oracle E-business Suite в управление предприятием предъявляет высокие требования к уровню автоматизации производственных подразделений. Основными требованиями к АСУ цехового уровня, иначе называемыми MES (Manufacturing Execution System), стали:

1) функциональная полнота – комплексное решение задач оперативного планирования, учета производства, управления складами, технологией и качеством;

2) полная совместимость и интеграция с КИС и другими смежными системами;

3) высокая надежность и «живучесть» системы – предотвращение полного отказа системы при сбоях в работе отдельных компонент за счет дублирования функций, выполняемых смежными модулями;

4) выполнение требований по информационной безопасности в соответствии с принятыми в ОАО «ММК» нормативными актами и правилами.

Комплексный эффект от внедрения MES-систем, интегрированных с ERP, достигается одновременно по нескольким направлениям. Так, например, обеспечение оперативными данными по учету производства с балансировкой на уровне каждой учетной единицы продукции позволяет не только повысить оперативность принятия управленческих решений, но и эффективнее проводить анализ затрат по местам их возникновения (МВЗ). Объединение производственных и экономических данных дает возможность произвести оптимизацию расходных коэффициентов и выявить источники потерь металла.

Одной из главных задач интеллектуального использования информации в КИС является оперативное управление и планирование производственными и управленческими задачами в цехах, управления и в целом в ОАО «ММК». Поэтому после внедрения оболочки информационной системы ОАО «ММК» возникла единственно верная задача: попытаться дать управленческим лицам предприятия решения, полученные математическими методами. Такой проблемой для ряда участков цехов занялись совместно дирекция по информационным технологиям ММК и кафедра вычислительной техники МГТУ. Решение данной проблемы планировалось рассмотреть на примере организации работы склада готовой продукции листопрокатного цеха – 4 (ЛПЦ-4). Описание разработки АРМ диспетчера широкополосного стана 2000 ЛПЦ-10 выполнено в журнале «Сталь» [3].

Задачи краткосрочного планирования зачастую относятся к классу так называемых «труднорешаемых» или NP-полных задач [1]. Все точные алгоритмы, известные для решения NP-полных задач, являются алгоритмами экспоненциального типа, у которых временная сложность экспоненциально растет при увеличении размерности входных данных. Если размерность NP-полной задачи  $\geq 100$ , то при попытке решить такую задачу точным методом возникает явление, известное как «экспоненциальный взрыв». С точки зрения практической реализации краткосрочное планирование является задачей гораздо более сложной, так как приходится учитывать многие параметры производственного процесса, игнорируемые при долгосрочном планировании.

Отсюда следует, что оптимизация краткосрочного планирования требует оперативной переработки больших объемов информации и проведения трудоемких расчетов. Кроме того, аргументированное составление и последующая четкая реализация краткосрочных планов должны основываться на формализованных производст-

венных маршрутах движения продукции (в нашей задаче – металла), в противном случае неизбежны ситуации, когда краткосрочные планы не будут своевременно обеспечены необходимыми ресурсами и, следовательно, окажутся невыполнимыми.

Рассмотрим использование описанных алгоритмов в конкретных задачах, решенных с определенной степенью глубины.

#### Стан 2500, склад готовой продукции

Склад готовой продукции состоит из складов слябов, рулонов и пачек. В данной работе будет рассмотрен склад пачек. Предварительно были собраны исходные данные, отражающие работу этого участка цеха, и определены ограничения и допущения, предлагаемые для применения к разрабатываемому алгоритму размещения готовой продукции.

Для решения задачи оперативного планирования складских операций обратимся к эвристической модели пространства состояний [2], нашедшей широкое применение в робототехнике. С точки зрения робототехники в модели «СКЛАД» исполнителем допустимых операций является подъемный кран грузоподъемностью 10 т, и целью оперативного планирования является составление для исполнителя плана последовательных действий. Для корректного построения модели нам нужно определить:

- начальное состояние задачи;
- допустимые операции (ходы), переводящие задачу из одного состояния в другое, причем каждому ходу сопоставляется некоторая стоимость;
- терминальные (целевые) состояния, по достижении которых задача считается решенной, и выбрать стратегию управления поиском.

Заметим, что цель поиска заключается не в том, чтобы сформировать для исполнителя план перевода задачи из начального состояния в терминальное, а в том, чтобы исполнитель сделал это последовательностью ходов минимальной стоимости.

#### Начальное состояние задачи

Центральным объектом нашей модели является склад. Готовая продукция поступает на склад с одного из R агрегатов резки, причем номер агрегата резки определяет диапазон возможного типоразмера продукции и отгружается в один из тупиков. Непосредственно склад состоит из L параллельных линий ячеек стандартной площади и конфигурации, в разных линиях мо-

жет находиться разное количество ячеек. Кроме того, в каждой линии склада имеется одна особая безразмерная ячейка, называемая изолятором, и каждая линия ячеек имеет один тупик, куда производится отгрузка. Минимальный элемент любой операции размещения / отгрузки – пачка – может находиться в одном из трех состояний: пачка, еще не размещенная на складе; пачка, размещенная на складе в составе не отгруженного заказа; невостребованный остаток.

Пачка обладает следующими признаками: номером агрегата резки; типоразмером: маркой стали, длиной, шириной, толщиной, весом, высотой; назначением (товар, нетовар, экспорт); номером, указывающим на принадлежность некоторому заказу, либо нулем, если пачка является невостребованным остатком.

Если пачка еще не размещена, то она, помимо трех вышеперечисленных признаков, имеет дату размещения на складе и дату отгрузки. Размещенная пачка еще не отгруженного заказа имеет дату отгрузки. Невостребованный остаток имеет нулевую дату отгрузки.

Заказ имеет уникальный номер и состоит не более чем из  $N$  пачек с одинаковыми признаками: агрегатом резки, типоразмером, назначением, датой размещения и датой отгрузки.

Ячейка может быть либо пустой, либо содержать двумерный массив штабелей. Количество штабелей в одной ячейке зависит от типоразмера составляющих их пачек и варьируется от 1 до  $L_{\max}$  по длине ячейки и от 1 до  $W_{\max}$  по ширине.

Штабель – последовательность пачек, уложенных друг на друга. Высота штабеля ограничена числом  $MaxH$ , которое зависит от типоразмера пачек. Штабель, состоящий из 0 пачек, будем называть пустым.

### **Допустимые операции**

Возможны три типа допустимых операций, переводящих склад из одного состояния в другое: размещение, перекладывание и отгрузка. Эти операции производятся либо над отдельной пачкой, либо над стопкой – последовательностью не более  $V$  пачек, уложенных друг на друга. Ограничение на количество пачек в стопке зависит от типоразмера пачек и грузоподъемности крана.

Существуют три разных типа операций размещения.

Текущая пачка / стопка:

- размещается в пустом штабеле;
- укладывается поверх непустого штабеля с учетом ограничения  $H$  на высоту штабеля;
- размещается в изоляторе.

Будем считать допустимым размещение пачек из одного заказа в разных штабелях и разных ячейках.

Операция перекладывания заключается в следующем. Перекладываемая пачка / стопка снимается с верха непустого штабеля и затем размещается согласно пункту 1. Операция отгрузки заключается в следующем.

Отгружаемая пачка / стопка снимается с верха штабеля и удаляется в тупик. Будем считать допустимой операцией отгрузку продукции в тупик непосредственно с агрегата резки, минуя склад. Как уже говорилось, исполнителем допустимых операций является кран. Примем следующее допущение: два крана не могут одновременно производить операции над одной и той же ячейкой и не могут одновременно отгружать один и тот же заказ. Таким образом, сколько бы у нас не было кранов, работающих параллельно и независимо друг от друга, операция размещения / отгрузки одного заказа планируется для одного крана.

### **Терминальные состояния**

При описании терминальных состояний задачи следует учесть, что процесс размещения и отгрузки заказов разворачивается во времени. Будем считать, что у нас есть некоторый расчетный период времени, для определенности, – месяц. Для каждого размещаемого на складе и отгружаемого со склада заказа известна дата (день, месяц, год) выполнения операции, но не известно время суток (час), когда заказ поступит на склад для размещения или, наоборот, будет отгружаться.

Таким образом, информация о том, что и когда будет размещаться /отгружаться, содержится в посуточных списках на весь расчетный период времени. Посуточные списки делятся на списки для размещения и списки для отгрузки. Посуточный список для размещения содержит перечень заказов, которые должны быть привезены с агрегата резки и размещены на складе в текущие сутки, причем каждый заказ представлен списком пачек. Посуточный список для отгрузки содержит перечень заказов, которые в течение суток должны быть отгружены либо со склада, либо с агрегата резки.

Еще раз подчеркнем, что момент поступления и отгрузки заказов в течение суток неизвестен, поэтому оперативное планирование заключается в составлении плана действий по размещению или отгрузке в режиме реального времени, то есть по мере поступления заказов. Таким образом, объектом оперативного планирования является текущий размещаемый / отгружаемый заказ, начальным состоянием задачи является совокупное состояние

агрегатов резки, склада, тупиков до выполнения операции размещения / отгрузки, терминальным – состояние агрегатов резки, склада, тупиков после выполнения операции размещения / отгрузки.

### Стратегия управления поиском

Как известно, все стратегии управления поиском в пространстве состояний делятся на две категории: пробный поиск и безвозвратный поиск. Эвристический поиск [2] является классическим примером пробного поиска, но в то же самое время эвристический поиск, сфокусированный при помощи сильной эвристики, работает в безвозвратном режиме. Поэтому результаты, полученные от применения сильно сфокусированного поиска, в большой степени зависят от удачного или неудачного выбора эвристики. При удачном выборе эвристики безвозвратный поиск является быстрым эффективным алгоритмом,двигающимся к целевому состоянию самым коротким путем, при неудачном – может не достигнуть целевого состояния вообще. Применим безвозвратный эвристический поиск к имеющемуся пространству состояний и построим для него эффективную оценочную эвристическую функцию.

Пусть наша задача находится в каком-то текущем состоянии и у нас имеется конечное множество допустимых операций (ходов), применимых к данному состоянию. Одни ходы будут более эффективны с точки зрения достижения целевого состояния, другие – менее. (Аналогией может служить текущая позиция на шахматной доске и множество ходов, возможных в данной позиции согласно правилам игры.) Всея имеющейся у нас информации из предметной области задачи мы должны придать числовой вид, то есть оценивать эффективность каждого хода / операции одним числом. На каждом шаге из всего множества допустимых операций будем выбирать операцию минимальной стоимости, и изменять ее к текущему состоянию [2].

Понятно, что полученный таким образом план не обязан являться оптимальным планом, так как мы не совершали экспоненциального перебора всех возможных вариантов, но при удачном выборе оценочной эвристической функции мы получим квазиоптимальный план, позволяющий решить поставленные перед нами задачи оперативного планирования.

Прежде чем переходить к выбору эвристической оценочной функции, сформулируем цели и задачи, которые должно преследовать оперативное управление складом. Во-первых, это минимизация времени, потраченного на выполнение операций размещения / отгрузки заказа. Во-вторых, это сис-

тематизация хранения единиц продукции, объединенной в штабеля и ячейки согласно общим признакам.

### Выбор эвристической оценочной функции

Сформулируем принцип, по которому каждой допустимой операции будет приписываться некая стоимость. Он основан на методе штрафных функций, изложенном в работе [3]. Сущность метода заключается в следующем. Стоимость каждой допустимой операции будет складываться как сумма положительных штрафов и отрицательных премий, начисленных по всем параметрам операции.

Рассмотрим в качестве примера вычисление стоимости операции размещения пачки поверх штабеля, находящегося в  $i$ -й ячейке склада.

Пусть  $width1, len1, depth1, steel1, Date1$  – ширина, длина, толщина, марка стали и дата отгрузки размещаемой пачки;  $width0, len0, depth0, steel0, Date0$  – ширина, длина, толщина, марка стали и дата отгрузки верхней пачки  $i$ -го штабеля, если он не пустой;  $cell[i].double$  – признак «сдвоенности», принимающий значение «истина», если ячейка предназначена для размещения 12-метрового листа;  $DopW, DopL, DopD$  – допустимые отклонения по ширине, длине, толщине;  $H0, h1, MaxH$  – высота штабеля, высота размещаемой пачки и ограничение на высоту штабеля.

Тогда стоимость  $Cost$  размещения пачки поверх штабеля равна:

0, если пачка укладывается в пустой штабель;  
 $P1$  – премия, если штабель непустой и типоразмер его верхней пачки совпадает с размещаемым;  
 если типоразмеры пачек не совпали, то стоимость размещения вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} Cost = & F1 * \text{sgn}(width1 - width0 - DopW) + \\ & + F2 * \text{sgn}(len1 - len0 - DopL) + \\ & + F3 * \text{sgn}(depth1 - depth0 - DopD) + \\ & + F4 * \text{sgn}(Date1 - Date0) + \\ & + F5 * \chi("steel \langle \rangle steel0") + \\ & + F6 * \chi("(len1 \leq 6000) AND (cell0[i].double = true)") + \\ & + F7 * \chi("i = 0") + VeryBigF * \text{sgn}(H0 + h1 - MaxH), \end{aligned}$$

где функция знака  $\text{sgn}(width1 - width0 - DopW)$  равна 1, если ширина размещаемой пачки больше ширины верхней пачки + допуск на ширину, иначе 0; функция знака  $\text{sgn}(len1 - len0 - DopL)$  равна 1, если длина размещаемой пачки больше длины верхней пачки штабеля + допуск на длину, иначе 0;

функция знака  $\text{sgn}(\text{depth1} - \text{depth0} - \text{DopD})$  равна 1, если толщина размещаемой пачки больше толщины верхней пачки штабеля + допуск на толщину, иначе 0; функция знака  $\text{sgn}(\text{Date1} - \text{Date0})$  равна 1, если дата отгрузки размещаемой пачки позднее даты отгрузки верхней пачки штабеля, иначе 0; характеристическая функция  $\chi$ , служащая для арифметизации логического высказывания «марки стали не одинаковы»,  $\chi("steel1 \neq steel0")$  равна 1, если логическое высказывание принимает значение «истина», иначе 0; характеристическая функция  $\chi$ , служащая для арифметизации логического высказывания «размещаем пачку длины не более 6 м в двоячную ячейку»,  $\chi("len1 \leq 6000 \text{ AND } (cell0[i] \text{ double} = \text{true})")$  равна 1, если логическое высказывание принимает значение «истина», иначе 0; характеристическая функция  $\chi$ , служащая для арифметизации логического высказывания «размещаем пачку в изоляторе»  $\chi("i = 0")$  равна 1, если логическое высказывание принимает значение «истина», иначе равна 0; функция знака  $\text{sgn}(H0 + h1 - \text{MaxH})$  равна 1, если сумма высоты штабеля и высоты размещаемой пачки превысила ограничение на высоту штабеля, иначе 0;  $F1$  – штраф за размещение широкой пачки поверх узкой;  $F2$  – штраф за размещение длинной пачки поверх короткой;  $F3$  – штраф за размещение толстой пачки поверх тонкой;  $F4$  – штраф за размещение пачки с более поздней датой отгрузки поверх пачки с более ранней датой отгрузки;  $F5$  – штраф за несовпадение марок стали;  $F6$  – штраф за размещение пачки длиной не более 6 м в ячейку, предназначенные для 12-метрового листа;  $F7$  – штраф за размещение пачки в изоляторе;  $VeryBigF$  – очень большой штраф.

Аналогично происходит вычисление стоимости остальных допустимых операций.

Сделаем очень важное замечание о величинах штрафов и премий. Числовые значения штрафов и премий не являются наперед заданными величинами, а играют роль настроечных констант, подбрасываемых во время прогона программы на реальных данных. Меняя значения настроечных констант, мы тем самым меняем систему приоритетов и настраиваем программу под желания пользователя получать решения определенного вида. Поясним сказанное на примерах.

Если штраф за несовпадение марок стали будет больше штрафов за длину, ширину и толщину, то продукция одинаковых марок стали будет группироваться в общие ячейки. Если штрафы за длину, ширину и толщину будут больше штрафа за несовпадение марок стали, то продукция разных марок будет перемешана, но штабеля будут формироваться в виде ровных пирамидок, сужающихся кверху. Если штраф за размещение продукции с более поздней датой отгрузки поверх продукции с более ранней датой будет больше всех остальных штрафов, то при размещении будет совершаться большое число переключений из ячейки в ячейку, зато отгрузка будет происходить быстро, и так далее.

В задачах многокритериальной оптимизации невозможно четко определить, где находится настоящий оптимум, поэтому следует руководствоваться принципом «брать от многих зол как можно меньше» и желаниями пользователя организовать хранение продукции согласно выбранным им критериям.

Подведем некоторые итоги. Мы представили склад в виде модели «пространство состояний» и определили на этом пространстве оценочную функцию, вобравшую в себя все разумные эвристики, как-то: «клади сходное на сходное», «узкое на широкое», «тонкое на толстое», «короткое на длинное», «раннее на позднее». Перечислим те положительные моменты, которые мы получим от выбора такой модели. Всей эвристической информации из предметной области задачи придан единообразный числовой вид. Отказ от жестких ограничений типа «нельзя размещать в одном штабеле разные марки стали» позволяет генерировать приемлемые решения с небольшим числом нарушений, вместо констатации факта, что идеального решения не существует. Отказ от фиксации ячеек под определенные марки стали позволяет для склада небольшой площади группировать продукцию одной марки в общих ячейках, динамически меняя количество таких ячеек и их расположение сообразно быстро меняющейся ситуации. Гибкая система штрафов и премий позволяет настраивать программу согласно критериям, выбранным пользователем.

#### Библиографический список

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. М.: Мир, 1982.
2. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта. М.: Радио и связь, 1985.
3. Алгоритм оперативного планирования посяда металла в печи листопрокатного стана / Каплан Д.С., Девятов Д.Х., Белявский А.Б., Файнштейн С.И., Торчинский В.Е. //Сталь. 2007. № 2. С. 130–133.
4. Майника Н. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. М.: Мир, 1981. 323 с.
5. Файнштейн С.И. Эффективный приближенный алгоритм решения задачи коммивояжера // Сборник трудов Всерос. науч.-техн. конф. Вып. 1. Магнитогорск: ИПЦ 000 Проф-принт, 2005. С. 121–122.

6. Ахо Альфред В., Хопкрофт Джон Э., Ульман Джеффри Д. Структуры данных и алгоритмы. М.: Изд. дом «Вильямс», 2000.
7. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы. М.: Мир, 1984.

УДК 338.45:669

М.В. Буряков, М.В. Бушманова, М.Г. Поликарпова

## АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ (МК) В МИРЕ В РАМКАХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИНТЕГРАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ

С 2002 года российские металлургические компании активно включились в процессы слияний и поглощений. 2006 год для крупного российского бизнеса стал рекордным как по количеству заграничных покупок (54 против 27 в 2005 г.), так и по размеру сумм, заплаченных россиянами (\$10,27 млрд по сравнению с \$4,42 млрд в 2005 г.). Металлургическая и горнодобывающая отрасль впервые в 2006 г. стала крупнейшей по совокупной стоимости сделок M&A, опередив нефтегазовую промышленность, которая заняла второе место (табл. 1) [6].

Но по подсчетам аналитической группы M&A-Intelligence журнала «Слияния и поглощения» российская экономическая экспансия могла бы быть гораздо больше и успешней. В условиях ограниченности возможности приобретения дополнительных активов на внутреннем рынке российским сталелитейным компаниям тщательнее, чем прежде, необходимо изучать имеющиеся за границей возможности. Сегодня российские компании накопили значительный объем финансовых ресурсов, и, учитывая вероятность скорого наступления эпохи дешевоющих сталелитейных активов (связанной с циклическим спадом цен на продукцию отрасли), предприятиям, ставящим себе цель стать заметными игроками на мировом рынке, логично проводить более энергичную политику экспансии [3]:

- во-первых, мировой сталелитейной отрасли в целом необходима большая консолидация: это предотвратит избыток мощностей, усилит позиции сталелитейщиков по отношению к поставщикам (а в некоторых отраслях и к потребителям), которые значительно более консолидированы в мировом масштабе;
- во-вторых, по мере того как консолидация набирает обороты, относительные размеры российских компаний уменьшаются, и остаётся всё меньше привлекательных объектов для слияний или поглощений.

Кроме того, в соответствии с Федеральной целевой программой отраслевого развития и в рамках проекта «Российская металлургия: стратегии и ограничители роста», инициированным в 2006 г. аналитическим центром «Эксперт» и Международным союзом металлургов, было выявлено, что одной из основных задач, оказывающей влияние на конкурентоспособность страны, является решение проблемы отсутствия стабильных производственных взаимосвязей с иностранными металлургическими компаниями. Одним из путей решения обозначенных проблем является разработка и реализация интеграционных проектов с зарубежными предприятиями добывающей и перерабатывающей отрасли.

Интеграция – один из самых распространенных приемов развития, к которому прибегают в настоящее время даже очень успешные компании. Решения, принимаемые в этой области, являются стратегическими и их значение велико как для предприятия, так и в конечном счете для всей экономики страны [5]. Несмот-

Таблица 1

Крупнейшие сделки с участием российских компаний в 2006 г.\*

Объект сделки	Сумма, \$ млрд	Отрасль	Покупатель
Алюминиевые активы СУАП и Glencore	10,2	Металлургия	«Российский алюминий»
96,9% акций ОАО «Удмуртнефть»	3,5	Нефтегазовая	Sinorec совместно с «Роснефтью»
100% акций Oregon Steel Mills	2,3	Металлургия	Evraz Group S.A.
53,7% акций Mazeikiu nafta	1,5	Нефтегазовая	PKN Orlen
54% акций Pyaterochka Holding N.V.	1,2	Торговля	«Альфа-групп»
Активы Marathon Oil Corporation в XMAO	0,8	Нефтегазовая	ОАО «Лукойл»
50% в холдинге, владеющем 22 компаниями Duferco	0,8	Металлургия	Steel Invest&Finance S.A. (50% НЛМК)

\* Источник: M&A – Intelligence.

ря на многочисленность и большие объемы интеграционных сделок в последнее время, эта сфера практической деятельности является одной из самых сложных и мало изученных наукой.

На данном этапе развития статистической науки (российской) отсутствует методика построения единого интегрального индикатора, характеризующего многоаспектную категорию «уровень потенциального развития МК». В одних работах решается вопрос выработки интегрального критериального показателя на базе частных количественных характеристик отдельных элементов состояния развития металлургии отдельных стран, в других работах этот вопрос остается открытым, либо предлагается единственный показатель в качестве количественного критерия развития металлургических комплексов. Но, наш взгляд, представляется, что показатели, отражающие аспекты данной категории, должны быть представлены в виде системы.

Для комплексной оценки потенциального развития МК данные индикаторы были дополнены с помощью привлечения дополнительных информационных источников (данные аналитического центра Heritage Foundation, журнала Wall Street Journal, данные центра международных исследований деловых циклов (CIBCR) в Колумбийском университете, данные коммерческой службы Министерства торговли США (U.S. Commercial Service)). В результате проведенного анализа располагаемой информации была получена система показателей, представленная на рис. 1.

Данные критериальные показатели можно условно разделить на три группы:

- 1–5 составляют группу показателей, характеризующих развитие металлургической отрасли конкретной страны;
- 6–11 составляют группу показателей, характеризующих общеэкономическое развитие конкретной страны;
- 12–15 составляют группу показателей экономической свободы, рассчитанные фондом Heritage Foundation, для конкретной страны.

Касаясь содержания последней группы показателей нужно отметить, что рассчитанные фондом Heritage Foundation и журналом Wall Street Journal данные индексы показывают насколько экономика того или иного государства соответствует либеральным принципам [4]. Данные показатели рассчитываются с 1995 года<sup>1</sup>.

На основе синтеза значений показателей потенциального развития МК различных регионов мира<sup>2</sup> методом расстояний была установлена многомерная оценка рейтинга стран мира. Оценка сходства между объектами сильно зависит от абсолютного значения признака и от степени его вариации в совокупности. Для устранения подобного влияния на процедуру рейтингования значения исходных переменных были пронормированы [2].

Интегральная характеристика высшего (1-го) уровня

Интегральные характеристики 2-го уровня

Расчетно-аналитические, статистические показатели 3-го уровня (базовые)

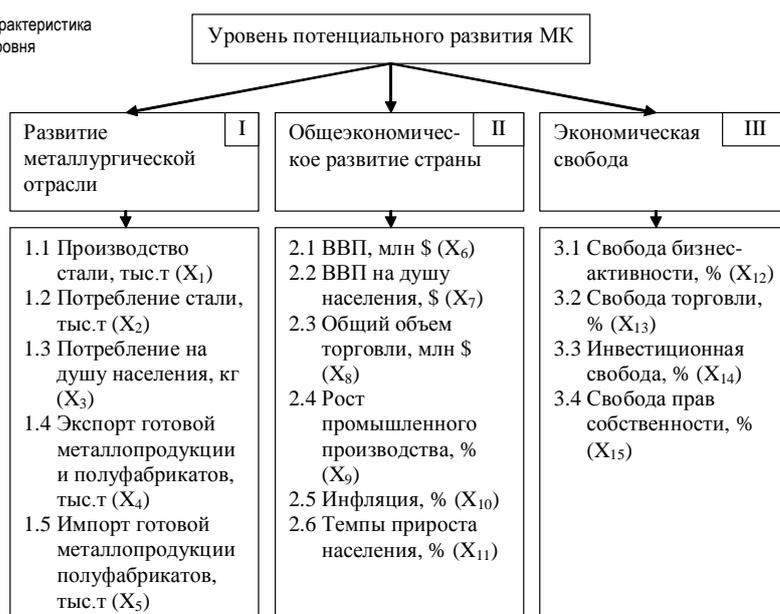


Рис. 1. Иерархическая система статистических показателей уровня потенциального развития металлургических комплексов стран мира

<sup>1</sup> Эксперты Heritage решили внести корректировки в методику выставления оценок экономической свободы. Ранее страны оценивались по шкале от 1 до 5. С 2006 г. оценки выставляются в процентах: 100% – самая свободная страна, 0% – полное рабство. В работе по уточнению методики участвовали эксперты ведущих мозговых центров мира, а также 375 представителей академического мира, бизнеса и международных организаций.

<sup>2</sup> Для анализа были взяты 80 стран, являющиеся основными потребителями или производителями 98% мировой металлопродукции (данные 2006 г.).

Расчет расстояния от исследуемого объекта (региона) до точки эталона производился по формуле [2]

$$\rho_i = \sqrt{\omega_1 (1 - x_{i1}^H)^2 + \omega_2 (1 - x_{i2}^H)^2 + \dots + \omega_{10} (1 - x_{i10}^H)^2}, \quad (1)$$

где  $\rho_i$  – расстояние от точки, обозначающей  $i$ -регион, до точки эталона;  $\omega_j$  – весовые коэффициенты показателей.

Путем метода экспертных оценок<sup>3</sup>, был получен следующий вариант весовых коэффициентов для оценки рейтинга стран мира по уровню потенциального развития МК (табл. 2).

Данные показатели однозначно позиционируют любую страну и характеризуют текущий уровень ее экономического развития и развития металлургического комплекса. Показателям «Валовой внутренний продукт» и «Потребление стали» был присвоен самый высокий весовой коэффициент 0,15, поскольку ВВП является главным индикатором национальной экономики, а потребление стали в регионах мира определяет тенденции развития мировой металлургии, международные хозяйственные связи. Показателю «Производство стали» был присвоен весовой коэффициент 0,10, так как это один из наиболее важных критериев оценки конкурентных преимуществ государства в мировом промышленном обороте. Показателю «Инвестиционная свобода» был присвоен показатель 0,08, так как он показывает, на сколько иностранные инвестиции ограничены барьерами и бюрократической некомпетентностью в данной стране. Остальным показателям, характеризующим развитие металлургической отрасли и общеэкономическое развитие конкретной страны, были присвоены весовые коэффициенты 0,05, а показателям, характеризующим экономическую свободу, – веса 0,04.

В результате была построена рейтинговая оценка уровня потенциального развития МК стран мира. Итоговый рейтинг стран мира (перечни лидеров и аутсайдеров) согласно показателям, характеризующим потенциальный уровень развития МК, представлен в табл. 3.

В соответствии с положением конкретной страны в рейтинге можно судить об интегральной роли ее металлургического комплекса в экономике страны и о потенциальном уровне развития металлургии, что является неотъемлемой частью анализа при принятии проектных решений в сфере интеграции. При этом необходимы показатели, позволяющие отслеживать улучшение или ухудшение потенциального уровня развития МК в стране в динамике как по отношению к себе собой (в предыдущий такт времени) – *автодинамика*, так и по отношению к своему положению среди других стран (*межстрановая динамика*).

Простое приращение (уменьшение) во времени значения рейтинга в действительности может не означать соответственно улучшения (ухудшения) уровня развития МК в данной стране как по отношению к себе собой, так и по своему положению среди других стран: ведь во времени меняются и «страны-эталон», и «страны-конкуренты», и если они меняются более быстрыми темпами, то и авто-, и межстрановая динамика для этой страны будут отрицательной (т.е. будут сигнализировать об относительном ухудшении потенциального уровня развития МК в данной стране), несмотря на некоторое увеличение рейтинга. Поэтому предлагается оценивать автодинамику потенциального уровня развития МК конкретной страны ( $i$ -й страны), опираясь на понятие «взвешенного евклидова расстояния»  $d_i(t)$  от этой страны до эталона [2], а именно

Таблица 2

Весовые коэффициенты для оценки рейтинга стран мира по уровню потенциального развития МК

Показатель	Весовой коэффициент
Производство стали, тыс.т.	0,10
Потребление стали, тыс.т.	0,15
Потребление на душу населения, кг.	0,05
Экспорт готовой металлопродукции и полуфабрикатов, тыс.т.	0,05
Импорт готовой металлопродукции и полуфабрикатов, тыс.т.	0,05
ВВП, млн \$	0,15
ВВП на душу населения, \$	0,05
Общий объем торговли, млн \$	0,05
Рост промышленного производства, %	0,05
Инфляция, %	0,05
Темпы прироста населения, %	0,05
Свобода бизнес-активности	0,04
Свобода торговли, %	0,04
Инвестиционная свобода, %	0,08
Свобода прав собственности, %	0,04

<sup>3</sup> Для нахождения весовых коэффициентов для оценки рейтинга стран мира по уровню потенциального развития МК были опрошены структурные подразделения ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», занимающиеся интеграционной деятельностью.

Таблица 3

Итоговый рейтинг стран мира (перечни лидеров и аутсайдеров) согласно показателям, характеризующим потенциальный уровень развития МК

Страны-лидеры	Страны-аутсайдеры
Китай	Чехия
Соединенные штаты Америки	Ливия
Япония	Ливан
Южная Корея	Эквадор
Великобритания	Сирия
Австралия	Катар
Турция	Македония
Германия	Тунис
Саудовская Аравия	Марокко
Иран	Оман

$$d_i^2(t) = \sum_{j=1}^n w_j(t)(1 - \rho_j)^2. \quad (2)$$

Тогда положительные значения величин

$$\Delta_i(t) \neq d_i^2(t-1) - d_i^2(t) \quad (3)$$

будут свидетельствовать о положительной автодинамике *i*-й страны, т.е. об относительном улучшении потенциального уровня развития МК по отношению к себе самой в предыдущий момент времени.

При измерении *межстрановой динамики* каждой конкретной (*i*-й страны) естественно ориентироваться на динамику положения (ранга) в ряду других стран [2], т.е. на величину

$$\delta_i(t) \neq r(\rho_i(t-1)) - r(\rho_i(t)). \quad (4)$$

Положительные значения  $\delta_i(t)$  свидетельствуют о положительной межстрановой динамике *i*-й страны.

Проанализировав данные показатели динамики по 80 странам за 2006 г., было выявлено, что показатель автодинамики потенциального уровня развития увеличился по 23 странам, а показатель межстрановой динамики – у 29 стран по сравнению с 2005 г. Причем нужно отметить, что у выявленных так называемых «стран-лидеров» наблюдается положительная авто- и межстрановая динамика.

Таким образом, использование данного подхода позволяет оперативно ранжировать страны мира по уровню развития МК, что может служить основой принятия инвестиционных решений в интеграционной деятельности промышленного предприятия металлургической отрасли, основой для выявления типов регионов по уровню потенциального развития металлургии.

Исследование территориальных различий регионов мира методами кластерного анализа позволило выполнить их типологизацию с точки зрения развития металлургических комплексов. Кластерный анализ – это совокупность методов, позволяющих классифицировать многомерные наблюдения, каждое из которых описывается набором исходных переменных в условиях отсутствия обучающих выборок [1].

Классификация осуществлялась по показателям 80 стран мира в пакете Statistica в модуле «Cluster Analysis» путем реализации иерархического агломеративного кластерного анализа. Выбор метрики или меры близости является узловым моментом исследования, от которого в основном зависит окончательный вариант разбиения объектов на классы при заданном алгоритме разбиения.

В данной работе в качестве метрики расстояний использовалось манхэттенское расстояние [1]:

$$\rho_E(X_i, X_j) = \sum_{p=1}^k |x_{ip} - x_{jp}|. \quad (5)$$

Для объединения кластеров использовался метод полных связей – Complete linkage («принцип дальнего соседа») [1]:

$$\rho_{\min}(S_1, S_m) = \max \rho(x_i, x_j), \quad x_i \in S_1, \quad x_j \in S_m, \quad (6)$$

где  $S_i$  – *i*-я группа (класс, кластер) объектов;  $\rho(S_1, S_m)$  – расстояние между группами  $S_1$  и  $S_m$ .

Метод полных связей наиболее наглядно представляет разделение исследуемой совокупности стран. Анализ дендрограммы позволяет сделать вывод, что всю совокупность можно разбить на **шесть кластеров (рис. 2)**.

Окончательная кластеризация проводилась методом *k*-средних, которая сводилась к выполнению алгоритма, смысл которого в последовательном уточнении эталонных точек  $E^{(v)} = \{e_1^{(v)}, e_2^{(v)}, \dots, e_k^{(v)}\}$  (*v* – номер итерации, *v* = 0, 1, 2, ...) с соответствующим пересчетом приписываемых им «весов»  $\Omega^{(v)} = \{w_1^{(v)}, w_2^{(v)}, \dots, w_k^{(v)}\}$ . При этом нулевое приближение  $E^{(0)}$  строилось с помощью случайно выбранных первых *k* точек исследуемой совокупности, т.е.

$$e_i^{(0)} = X_i, w_i^{(0)} = 1, i = 1, 2, \dots, k.$$

Пересчет эталонов и весов на  $v$ -м шаге, т.е. при извлечении очередной точки  $X_{k+v}$ , происходил по следующему правилу [2]:

$$e_i^{(v)} = \begin{cases} \frac{\omega_i^{(v-1)} e_i^{(v-1)} + X_{k+v}}{w_i^{(v-1)} + 1}, & \text{если } p(X_{k+v}, e_i^{(v-1)}) = \min p(X_{k+v}, e_j^{(v-1)}) (j = \overline{1, k}), \\ e_i^{(v-1)}, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (7)$$

$$\omega_i^{(v)} = \begin{cases} \omega_i^{(v-1)} + 1, & \text{если } p(X_{k+v}, e_i^{(v-1)}) = \min p(X_{k+v}, e_j^{(v-1)}), \\ \omega_i^{(v-1)}, & \text{в противном случае } (i = \overline{1, k}). \end{cases} \quad (8)$$

При этом, если обнаруживалось несколько (по  $i$ ) одинаковых минимальных значений  $p(X_{k+v}, e_i^{(v-1)})$ , то точку  $X_{k+v}$  относили с минимальным порядковым номером. Окончательное разбиение  $S$  исследуемой совокупности многомерных наблюдений на  $k$  классов производилось в соответствии с правилом минимального разбиения  $S(E)$  относительно центров тяжести (эталонов)  $E = E^{(n-k)}$  [2], т.е.

$$S_i(E) = \{X : \rho(X, E_i) < \rho(X, E_j) \forall j \in \overline{1, k}, j \neq i\}. \quad (9)$$

После завершения процедур классификации были оценены полученные результаты. Для этого использовались функционалы качества:

- 1) сумма квадратов расстояний до центров классов;
- 2) сумма внутриклассовых расстояний между объектами;
- 3) сумма внутриклассовых дисперсий.

Перечисленные способы оценки классификации явились лишь вспомогательными средствами. Основная роль отводилась содержательному анализу результатов классификации. Для того чтобы дать интерпретацию полученным результатам, использовались статистические характеристики кластеров.

В отдельный кластер (cluster1) выделены США и Китай, несмотря на их разное политическое устройство. Данный кластер характеризуется высоким уровнем производства, потребления, а также импорта металлопродукции. Рынок стали США является одним из наиболее емких в мире, характеризуется устойчивым спросом со стороны основных потребляющих отраслей и соответственно высокой коммерческой привлекательностью. Многие американские металлургические предприятия осуществляют свою деятельность, ориентируясь исключительно на использование слэбов зарубежного производства. Отказ от их использования будет означать для американской металлургической отрасли вы-

вод из эксплуатации значительного числа прокатных мощностей. Российские поставки полуфабрикатов в настоящее время играют немалую роль, формируя, особенно после подписания «Всеобъемлющего соглашения», важный сегмент рынка стали США. Касаясь КНР, нужно отметить, что в настоящее время ведущим иностранным инвестором в КНР является корейская POSCO. Она первой построила в Китае меткомбинат, инвестиру-

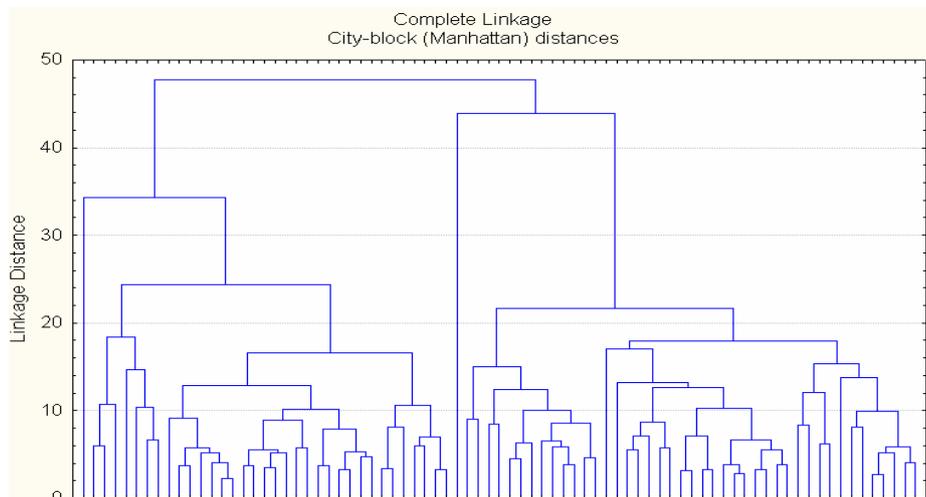


Рис. 2. Дендрограмма разбиения стран мира методом полных связей

вав более \$1 млрд в производство нержавеющей стали. Отметим, что существующие в настоящее время жесткие ограничения на иностранные инвестиции в металлургию Китая могут быть отменены. Председатель совета директоров Baosteel Ши Цихуа заявила о возможности смягчения политики страны, касающейся запрета иностранных инвестиций<sup>4</sup>.

Во второй кластер (cluster2) были выделены: Бразилия, Тайвань, Мексика, Испания, Великобритания, Бельгия, Австралия, Австрия, Польша, Нидерланды, Швеция, Швейцария, Таиланд, Малайзия, Венесуэла. Данные страны характеризуются достаточно высоким ростом промышленного производства. При этом наблюдается низкий уровень как импорта, так и экспорта металлопродукции.

В третий кластер (cluster3) были выделены: Оман, Эквадор, Хорватия, Марроко, Иордания, Кипр, Македония, Нигерия, Босния-Герцеговина, Кения, Словения, Перу, Албания, Алжир, Колумбия, Чили, Болгария, Финляндия, Казахстан, Исландия, Гонконг, Норвегия, Объединенные Арабские Эмираты, Южная Африка, Словакия, Катар, Румыния. Для этих стран характерны достаточно низкие уровни всех показателей по сравнению с другими странами мира.

В четвертый кластер (cluster4) были выделены: Канада, Франция, Германия, Италия, Япония, Южная Корея, Россия, Индия, Украина. Анализируя составляющие данного кластера, можно отметить, что вошедшие в него страны являются мировыми лидерами по производству металлопродукции.

В пятый кластер (cluster5) были выделены: Латвия, Молдова, Ирландия, Индонезия, Кипр, Новая Зеландия, Либия, Греция, Венгрия, Аргентина, Дания, Сингапур, Тринидад и Тобаго.

В шестой кластер (cluster6) были выделены: Беларусь, Португалия, Египет, Турция, Саудовская Аравия, Иран, Сирия, Тунис, Вьетнам, Израиль, Кувейт, Ливан и Пакистан. Согласно WEB-ресурса MSteel.com большинство данных стран относится к региону Ближнего Востока. Для этих стран характерны низкие значения индексов экономической свободы. С точки зрения металлургического производства, наибольший интерес среди данных стран занимают Турция, Иран, Египет и Саудовская Аравия. Согласно данным Международного института чугуна и стали (ISI) по итогам 2005 г. Турция занимает 12-е место, Иран 21-е, Египет – 31-е и Саудовская Аравия 36-е. За последнее 5 лет, производство стали в Турции увеличилось на 40%, в Иране – на 26%, в Египте – на 47%, в Саудовской Аравии – на 24% (рис. 3). Все эти страны оснащены современными сталеплавильными заводами, преобладает производство стали в электросталеплавильных печах [3].

Если рассмотреть модельный вариант потоков FCF (free cash flow) для российских металлургических компаний, окажется, что возможный генерируемый за пять лет поток денежных средств может составить до 27,1 млрд долл.

Таблица 4

**Генерация свободных денежных средств в российской металлургии (пять крупнейших групп), млн долл.\***

Компания	2006	2007	2008	2009	2010	Всего	Капитализация	Проценты от капитализации
Мечел	660	537	520	501	432	2650	4622	57,33
Евраз	1430	1115	1121	999	915	5579	12500	44,63
ММК	1145	1131	1166	1197	1315	5953	11400	52,22
Северсталь	1104	1207	1096	1003	988	5399	13705	39,39
НЛМК	1635	1496	1557	1503	1309	7500	16481	45,51
Operating Cash Flow	5973	5487	5460	5203	4958	27081		

\* Источник: Ж. Национальная металлургия. 2006. № 1 (при этом капитализация приведена на 4 мая 2007 г. – источник ФБ РТС).

<sup>4</sup> Источник: Rusmet.ru

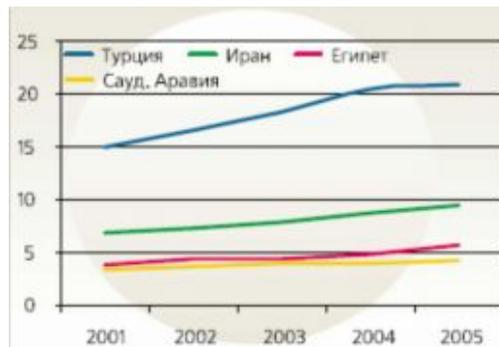


Рис. 3. Выплавка стали в странах Ближнего Востока, млн т

Одним из вариантов освоение данных средств является приобретение и строительство новых активов. Разработанная методика типологизации стран мира с точки зрения развития металлургических комплексов, позволяет выделить наиболее приемлемые и привлекательные регионы, со сходными характеристиками динамики развития МК и макроэкономических показателей для осуществления интеграционной деятельности.

Библиографический список

1. Бушманова М.В., Дуброва Т.А., Мочалкина Н.А. Кластерный анализ. Проведение классификации многомерных наблюдений методами кластерного анализа в пакете «Statistika». Магнитогорск: МГТУ, 2002.
2. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. М.: Финансы и статистика, 2000.
3. Пухаев А. Зарубежная экспансия российских металлургических и горнодобывающих компаний – вывод капитала или источник роста? // Национальная металлургия. 2006. № 4. С. 47–50.
4. Head G.L., S.Horn II. Essential of Risk Management, Vol. 1, 2. Insurance Institute of America, 2001.
5. Thomas E., Copeland J., Weston F., Shastri K. Financial Theory and Corporate Policy. 4<sup>th</sup> ed. Pearson Addison Wesley, 2005.
6. www.mergers.ru

УДК 658.6

В.Л. Корнилов, Е.Д. Залетова, Е.Б. Яковлева, Л.С. Иванова

**ВНЕДРЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ (SPC) В ОАО «ММК»**

Одним из направлений, обеспечивающих выполнение политики ОАО «ММК» в области качества, является сертификация продукции предприятия в соответствии с требованиями стандарта ИСО/ТУ 16949:2002 «Системы менеджмента качества. Особые требования к применению ИСО 9001:2000 в автомобильной промышленности и организациях, производящих соответствующие запасные части». Для сертификации продукции по этому стандарту необходимо привести процессы производства в статистически управляемое состояние.

В ОАО «ММК» проводится постоянный мониторинг уровня механических свойств производимой продукции. Технологический процесс должен обеспечивать показатели качества продукции, соответствующие всем условиям потребителей, поэтому он должен быть стабильным и иметь малый естественный разброс показателей. Для оценки стабильности производственных процессов и их управления на предприятии используется методика статистического управления процессами (SPC).

В соответствии с методикой SPC для показателей качества продукции проводят статистический анализ, включающий построение контрольных карт Шухарта, расчет индексов воспроизводимости ( $C_p$ ,  $C_{pk}$ ) и пригодности ( $P_p$ ,  $P_{pk}$ ) технологического

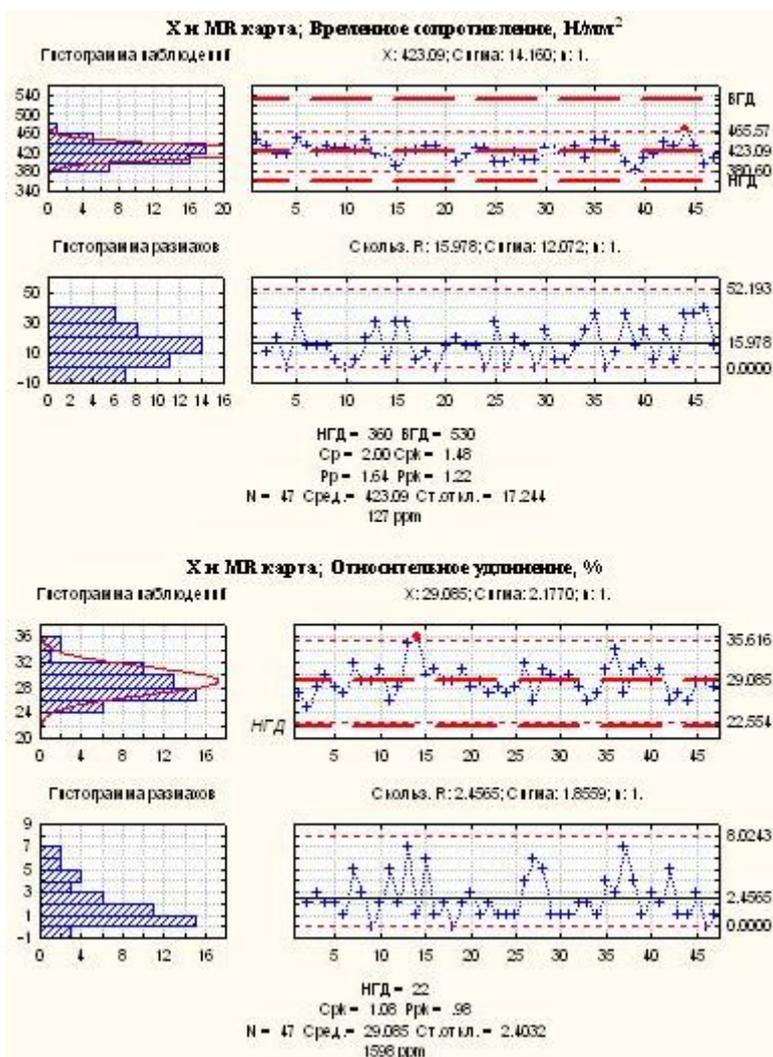


Рис. 1. Контрольные карты индивидуальных значений и скользящих размагов для ленты, изготовленной по старой технологии

**Механические свойства холоднокатаной ленты из стали марки Ст3пс толщиной 0,5мм группы прочности ОК360В по ГОСТ 19851-74**

Параметр	Механические свойства	
	Гв, Н/мм <sup>2</sup>	δ <sub>4</sub> , %
Среднее значение	423,1	29,1
Диапазон (min-max)	385–470	25–36
Требования ГОСТ 19851-74	360–530	Не менее 22

процесса с точки зрения обеспечения требований допусков нормативных документов (например, уровня механических свойств холоднокатаного металла). Процесс считается приемлемым с точки зрения «вылетов» за пределы допуска, если для стабильных технологических процессов значения  $C_p$  и  $C_{pk}$  не менее 1,33, а для нестабильных –  $P_p$  и  $P_{pk} \geq 1,33$ .

Подобный анализ технологического процесса позволяет понимать необходимость применения менеджерских или технологических решений относительно процесса производства продукции даже при условии, что продукция удовлетворяет всем требованиям нормативного документа, но статистический анализ показывает, что процесс нестабилен и неприемлем.

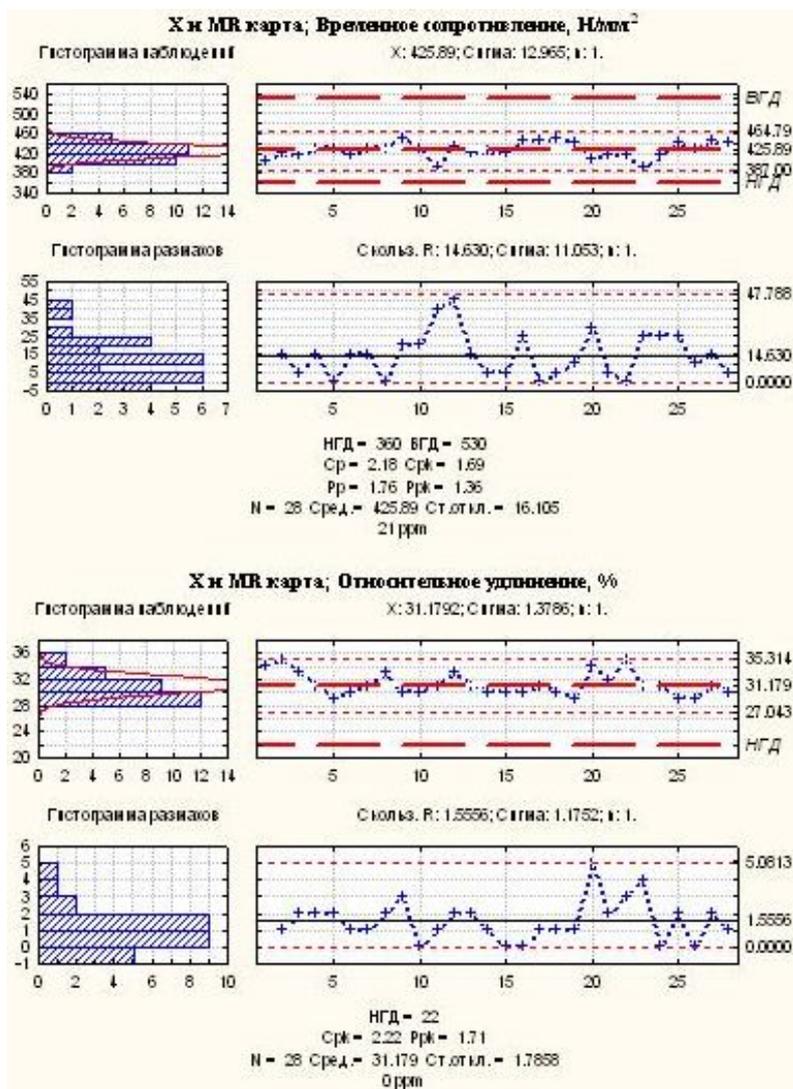
Примером может служить статистический анализ процесса производства холоднокатаной ленты из стали марки Ст3пс толщиной 0,5 мм группы прочности ОК360В по ГОСТ 19851-74, производимой в цехе ленты ОАО «ММК» (ЛПЦ-8). Уровень механических свойств ленты показал, что они полностью соответствуют требованиям ГОСТ 19851-74 для ленты данного сортамента (см. таблицу).

Но проведенный статистический анализ состояния технологического процесса показал, что он нуждается в доработке.

С целью классификации процесса производства холоднокатаной ленты из стали марки Ст3пс в зависимости от воспроизводимости и управляемости для показателей качества (временное сопротивление и относительное удлинение) были построены и проанализированы контрольные карты Шухарта индивидуальных значений и скользящих размахов. Процесс считается приемлемым, если он находится в статистически управляемом состоянии и присущая ему изменчивость (воспроизводимость) меньше допуска. Процесс считается статистически управляемым, если на контрольных картах нет выбросов за контрольные границы. Контрольные карты позволяют определить настройки технологического процесса.

Все построения и вычисления производились с помощью прикладного программного пакета Statistica 6.

Для временного сопротивления процесс неприемлем: на контрольной карте индивидуальных значений есть выброс за контрольные границы (рис. 1), следовательно, процесс нестабилен; значения индексов воспроизводимости и пригодности процесса составляют  $C_p=2,00$ ,  $C_{pk}=1,48$ ,  $P_p=1,64$ ,  $P_{pk}=1,22$  (ниже значения 1,33). Ожидаемый уровень несоответствующей продукции 127 ppm, что



**Рис. 2. Контрольные карты индивидуальных значений и скользящих размахов для ленты, изготовленной по новой технологии**

превышает рекомендуемое значение 50 ppm.

Для относительного удлинения процесс также неприемлем: есть выбросы за контрольные границы на карте индивидуальных значений (см. **рис. 1**); значения индексов воспроизводимости и пригодности процесса составляют  $C_{pk}=1,08$ ,  $P_{pk}=0,98$  соответственно, что ниже требуемого уровня 1,33. Ожидаемый уровень несоответствующей продукции 1598 ppm, что значительно превышает рекомендуемое значение 50 ppm.

Таким образом, несмотря на то, что при производстве ленты данного сортамента механические свойства удовлетворяли требованиям нормативного документа, статистический анализ состояния технологического процесса показал, что для приведения процесса в приемлемое состояние необходимо произвести корректировку технологии.

Было принято решение в технологическую цепочку процесса производства ленты после операции травления добавить операцию предварительного отжига в колпаковых печах рулонов горячекатаного подката толщиной 2,0 мм, что позволяло не только улучшить качество готовой ленты по

механическим свойства, но и обеспечить стабильность холодной прокатки подката.

Анализ контрольных карт для временного сопротивления и относительного удлинения опытной партии холоднокатаной ленты толщиной 0,5 мм (**рис. 2**) показал, что процесс стал приемлемым: на контрольных картах индивидуальных значений и скользящих размахов нет выбросов за контрольные границы; индексы воспроизводимости процесса составляют для временного сопротивления  $C_p=2,18$ ,  $C_{pk}=1,69$ , для относительного удлинения  $C_{pk}=2,22$ , что выше рекомендуемого уровня 1,33. Ожидаемые уровни несоответствующей продукции составили 21 ppm для временного сопротивления и 0 ppm для относительного удлинения.

**Вывод:** оценка процесса производства и качества холоднокатаной ленты по методике статистического управления процессами (SPC), проводимая в ОАО «ММК», позволяет оценить степень управляемости процесса производства, при необходимости разработать мероприятия и внести корректировки в существующий технологический процесс, чтобы сделать его приемлемым.

## ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

УДК 622.271

В.И. Гладских, А.И. Суров

### МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШЛАМОХРАНИЛИЩА № 2 ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ММК»

Ежегодно в отвалы горно-обогажительных предприятий поступают миллионы тонн вскрышных и вмещающих пород, сухих и жидких отходов обогащения. Извлекаемые из недр на дневную поверхность огромные массы безжизненных горных пород, биологически инертных, а в некоторых случаях содержащих токсичные вещества и минералы, оказывают негативное влияние на окружающую флору и фауну. Практика работы обогажительных фабрик показывает, что хвостохранилища (или шламохранилища) оказывают значительное влияние на окружающую среду. В результате действия хвостохранилищ нарушается природный ландшафт, режим тока поверхностных и подземных вод, ухудшается состав атмосферы, почвы, флоры и фауны.

Предотвращение загрязнения подземных вод имеет большое значение, так как они часто являются единственным источником питьевого водоснабжения населения. Под загрязнением подземных вод понимают процесс изменения их состава и свойств в результате деятельности человека, приводящей к ухудшению качества воды для водопользования. По составу, характеру проявления и возможным последствиям выделяют химическое, бактериальное, радиоактивное, механическое и тепловое загрязнения подземных вод.

Наиболее распространено и трудно устранить *химическое загрязнение* подземных вод. Источниками, которые могут влиять на качество вод в этом случае, являются места накопления сточных вод, места складирования твердых отходов, территории промышленных предприятий и отдельных цехов и прочее.

Особенно опасны фильтрующие действующие и захороненные хранилища промышленных сточных вод (накопители и отстойники). Длительное существование фильтрующих накопителей промышленных сточных вод приводит к образованию крупных очагов загрязнения, достигающих сотен и тысяч гектаров.

При проектировании хвостохранилищ решаются вопросы защиты водного, воздушного бассейнов и грунтовых вод от загрязнения, а также обеспечения безопасности сооружений, находящихся в зоне затопления при авариях на хвостохранилищах, назначаются их охранные зоны.

Охранный зоной хвостохранилища называется зона, в пределах которой может произойти движение потока, образующегося при разрушении дамбы хвостохранилища. Защита водного бассейна и грунтовых вод обеспечивается противодиффузионными и дренажными сооружениями. При высокой токсичности хвостовых отложений ложе хвостохранилища необходимо экранировать (слоем глины, плёночным материалом и т.д.). Наиболее полная защита водоёмов достигается применением технологической схемы обогащения руды, построенной на водообороте из хвостохранилища.

Шламохранилище № 2 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» входит в состав шламового хозяйства цеха Рудообогажительных фабрик (РОФ) горно-обогажительного производства (ГОП). Оно представляет собой ёмкость, образованную плотиной и ограждающей дамбой в русле и пойме р. Сухая Речка. Предназначено для складирования мокрых отходов производства: хвостов обогащения железных руд, поступающих от цеха РОФ, шламов сероулавливающих установок от агломерационного цеха и шламов газоочисток от электросталеплавильного цеха. В прудковой зоне шламохранилища происходит осветление оборотной воды.

Шламохранилище было введено в эксплуатацию в 1951 г. Оно находится в 7 км от промышленной площадки обогажительного комплекса ГОП. Территория, на которой построены гидротехнические сооружения шламохранилища, расположена в пределах южных отрогов Уральских гор и представляет собой холмистую поверхность. По способу заполнения шламохранилище отно-

сится к наливному типу, т.е. подпорные сооружения (плотина и дамба) возведены сразу на всю проектную высоту. Хвосты и шламы сбрасываются в верховье шламохранилища сосредоточенным способом из торцов двух одновременно работающих труб. Из прудковой зоны осветленная вода поступает в насосную станцию оборотного водоснабжения, а далее основной объем воды подается в цех РОФ. Таким образом, осуществляется работа технологической схемы обогащения руды на водообороте из шламохранилища.

Основными подпорными сооружениями, удерживающими неконсолидированные хвосты и шламы, осветленную и паводковую воду, являются: русловая плотина, ограждающая дамба и бетонная водосливная плотина паводкового водосброса. Общая длина напорного фронта шламохранилища составляет 3300 м, площадь – 1200 га.

Чаша шламохранилища размещается в пойме р. Сухая Речка, которая, в свою очередь, является левым притоком р. Урал. На левом берегу акватории располагается жилой п. Озёрный, а в 7 км вниз по течению р. Сухая Речка – с. Агаповка. Низкогорная гряда Узун-Зял, простирающаяся на 8 км к северу от Агаповки, разделяет акваторию шламохранилища надвое (см. рисунок).

Во время инженерных изысканий подземные воды в основании плотины были встречены в коренных породах левого берега, на глубине около 9 м от поверхности земли, в трещиноватых кера-

тофирах гряды Узун-Зял, и на глубине 15 м в со-  
политах, восточнее этой гряды.

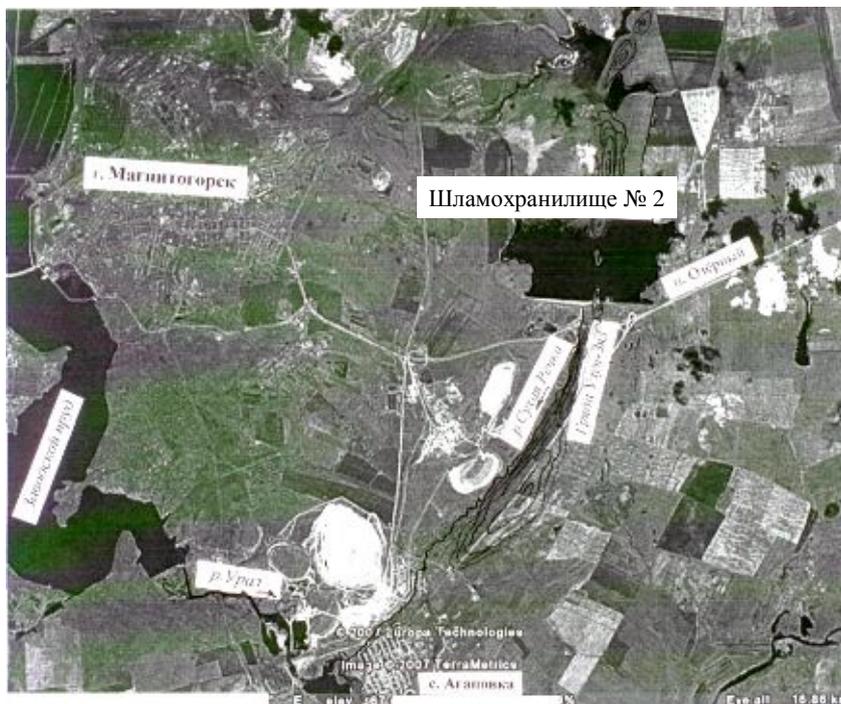
Правый коренной берег долины слагают известняки. Левый берег слагается кератофирами – излившимися вулканическими породами, состоящими из полевого шпата и кварца. В подрусловой части реки между известняками и каратофирами прослежены диабазы и туфы порфирита, в верхней части – превращенные выветриванием в щебень с суглинистым заполнителем. В пойменной части реки прослеживается супесчано-гравийный щебенистый слой, мощностью до 8 м, местами на нём встречается торф.

В настоящее время в шламохранилище складировано 96,5 млн м<sup>3</sup> хвостов и шламов суммарно, что соответствует его проектному заполнению, и поэтому уже ведутся строительные работы по его реконструкции.

Несомненно, за более 50-летний период эксплуатации шламохранилище оказывало и будет далее оказывать негативное влияние на окружающую среду и в первую очередь на подземные воды прилегающих территорий. Сегодня перед руководством комбината стоит задача снизить экологическую нагрузку на окружающую среду как от промышленной площадки ОАО «ММК» в целом, так и от шламохранилища № 2 в частности, для чего требуется определить фактические степень и масштабы загрязнения подземных вод на прилегающей территории.

В 2004 г. в структуре управления ГОП была создана группа мониторинга безопасности гидротехнических сооружений (ГТС), которая входит в одноименную службу и непосредственно выполняет работы по ведению мониторинга.

Мониторинг осуществляется в целях обеспечения постоянного контроля над состоянием безопасности гидротехнических сооружений и их воздействием на окружающую среду, предотвращения возникновения аварийных ситуаций и создания условий для безопасной эксплуатации. Основной задачей мониторинга безопасности является обеспечение управления в области рациональной и безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений, безопасного ведения работ. Цели и задачи мониторинга безопасности дос-



Аэрофотосъемка района расположения шламохранилища № 2  
ОАО «ММК»

тигаются посредством организации системы постоянных (непрерывных) визуальных и инструментальных наблюдений, обеспечивающих получение качественной и достоверной информации в необходимых объемах.

Проектной организацией ООО «ИНЭКО-ЦЕНТР» (г. Челябинск) разработана «Программа мониторинга за состоянием подземных вод на прилегающей территории к шламохранилищу № 2 ГОП ОАО „ММК“».

В соответствии с этой программой, на прилегающей территории, а к ней относится территория нижнего бьефа и район питьевого водозабора поселка Озерный, были устроены наблюдательные скважины. Глубина этих скважин от 4 до 25 м, количество 12 шт. Кроме того, еще одна скважина была устроена на площадке насосной станции оборотного водоснабжения, глубина её составляет более 70 м.

В ноябре 2006 г. начались наблюдения. Периодичностью один раз в квартал группа мониторинга безопасности ГТС контролирует уровни воды в наблюдательных скважинах и отбирает из них пробы воды. Лаборатория аналитического контроля воды, функционально входящая в службу мониторинга, проводит химический анализ отобранных проб и выдает заключение об их химическом составе. Результаты анализов сравниваются с оборотной водой шламохранилища, с питьевой водой п. Озёрный и установленными нормами предельно допустимых концентраций (ПДК).

Гидрогеологические наблюдения прилегающей к шламохранилищу территории позволят получить данные о загрязнениях и приступить к поиску возможных вариантов снижения экологической нагрузки от шламохранилища.

Отдельные задачи по очистке грунтовых вод, расположенных вблизи накопителей жидких промышленных отходов, решает и сама Природа. К примеру, НИИиПИ «Казмеханобр» были изучены территории хвостохранилищ некоторых обогатительных фабрик, в результате чего установлено, что через подстилающий слой хвостохранилищ фильтруется значительное количество поступающих сточных вод. Фильтрационные воды относятся к сульфатно-натриевому типу и содержат повышенный сухой остаток. Загрязняющими компонентами являются как применяемые на фабриках реагенты, так и катионы некоторых металлов. При фильтрации вод через насыпные грунты и ложе хвостохранилища происходит их значительная очистка. За пределами хвостохранилища сточные воды подвергаются воздействию самоочищающих факторов (разбавление, аэрация, солнечная радиация, растворение, сорб-

ция на грунтах, биологическая очистка), в результате чего происходит естественная очистка. Опробования показывают, что загрязнение подземных вод может простираться до 300 м от хвостохранилищ, эксплуатируемых более 10 лет.

Сорбционная способность грунтов определяется их минеральным составом и крупностью (*сорбцией* называется процесс поглощения вещества из окружающей среды твёрдым телом или жидкостью). Наибольшей сорбционной способностью обладают почвы, суглинки и илы. Перемещение границы загрязнения составляет для катионов меди до 5 м/год, цинка – 6,3 м/год и цианидов – до 14,6 м/год.

Уральская государственная горно-геологическая академия располагает материалами испытания по использованию энергии взрыва для уплотнения нижних слоёв хвостовых отложений, что позволяет уменьшить фильтрацию воды через ложе хвостохранилища и увеличить его вместимость. В результате установлено, что уплотнение грунтов происходит в зоне действия ударных волн, образующихся вблизи заряда «ВВ», а в поверхностном слое над местом взрыва наблюдается осадка хвостов. Результаты экспериментов показали эффективность применения глубинных взрывов для уплотнения хвостовых отложений. Глубинные взрывы позволяют повысить устойчивость хвостохранилищ, увеличить их вместимость и продлить сроки эксплуатации.

Защита подземных вод от загрязнения сточными водами отстойного пруда хвостохранилища предусматривает предупреждение фильтрации воды через ложе хвостохранилища и через ограждающие дамбы и плотины. Поэтому необходимо принимать меры по предупреждению фильтрации воды и организовывать перехват фильтрующихся вод через плотины и их основания путём организованного дренажа. Наиболее рациональным средством такой защиты является устройство противофильтрационных экранов из естественных или искусственных материалов. Из естественных материалов лучшими противофильтрационными свойствами обладают глины и тяжелые суглинки, толщина которых в ложе хвостохранилища может достигать 3 м. К искусственным противофильтрационным материалам относятся полиэтиленовые пленки, асфальтобитум, асфальтополимербетон, а также различные добавки к глинам: бентонит, битумы, синтетические смолы, жидкое стекло, поверхностно-активные вещества.

Как правило, фильтрационные воды по кюветам, расположенным перпендикулярно оси плотины, отводятся к общей дренажной канаве, откуда подаются дренажными насосами в хвосто-

хранилище или в систему оборотного водоснабжения фабрики. Кстати, проектом реконструкции шламохранилища № 2 ГОП ОАО «ММК» предусматривается и строительство дренажных насос-

ных станций возврата профильтровавшейся через плотину и дамбу воды в прудок, что значительно снижает степень загрязнения поверхностных вод в нижнем бьефе шламохранилища № 2.

УДК 662.613.5

О.Ф. Дробный, В.В. Ровнейко, В.Д. Черчинцев, В.Х. Валеев, Ю.В. Сомова

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ОТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ОАО «ММК»

Электроэнергетика – это одна из ключевых отраслей отечественной промышленности, создающая необходимые условия для эффективного функционирования как народного хозяйства, так и всей социальной сферы.

На долю тепловых электростанций в России приходится около 23,3% суммарных выбросов от стационарных источников в Российской Федерации. При горении органического топлива образуются различные вредные вещества, оказывающие токсическое воздействие на окружающую среду и человека: оксиды азота, углерода, бенз(а)пирен и др.

Оксид азота – одно из наиболее опасных веществ по токсическому воздействию и количественному образованию.

По силе воздействия на окружающую среду оксиды азота занимают второе место после диоксида серы (по степени увеличения кислотности осадков). Помимо косвенного воздействия (кислотный дождь) длительное воздействие диоксида азота концентрацией 470–1880 мг/м<sup>3</sup> подавляет рост некоторых растений (например, томатов). Значимость атмосферного влияния оксидов азота связана с ухудшением видимости. Диоксид азота особую роль в образовании фотохимического смога. Оксиды азота могут отрицательно влиять на здоровье сами по себе и в комбинации с другими загрязняющими веществами. Пиковые концентрации действуют сильнее, чем интегрированная доза. Кратковременное воздействие 3000–9400 мг/м<sup>3</sup> диоксида азота вызывает изменения в легких, повышает восприимчивость к респираторным инфекциям, чувствительность к легочным заболеваниям (например, сужение просвета бронхов) у людей.

Поэтому проблема уменьшения эмиссии NO<sub>x</sub> при сжигании различных видов топлив чрезвычайно актуальна.

Актуальна эта проблема и для ОАО «ММК».

К основным источникам выбросов оксидов азота в ОАО «ММК» можно отнести котельные агрегаты ТЭЦ и ЦЭС.

Известные способы по снижению выбросов оксидов азота в атмосферу от ТЭС можно разделить на три группы [1–3]:

- режимные мероприятия;
- технологические мероприятия;
- различные способы очистки дымовых газов.

Анализ известных представлений о топочном процессе в сочетании с результатами промышленных испытаний позволил оценить возможности снижения выбросов NO<sub>x</sub> на действующих котлах за счет **режимных мероприятий**.

В частности, эмиссия оксидов азота может быть уменьшена за счет:

- правильного выбора избытка воздуха (LOI);
- выключения из работы одной или нескольких горелок (BOOS);
- перераспределения избытков воздуха по ярусам или по отдельным горелкам (BIAS – нестехиометрическое сжигание).

Исследование физико-химических процессов образования воздушных и топливных оксидов азота показало, за счет чего можно существенно снизить образование NO<sub>x</sub> при сжигании органического топлива за счет **технологических решений**:

- малотоксичные горелки (LNB);
- различные варианты ступенчатого сжигания (OFA и reburning-process);
- рециркуляция дымовых газов (FGR – на газомазутных котлах);
- предварительный подогрев угольной пыли.

Кроме описанных выше технологических методов подавления NO<sub>x</sub> известны и освоены в промышленном масштабе **методы очистки дымовых газов** от оксидов азота. Практическое применение в энергетике нашли лишь две технологии очистки:

- селективное каталитическое восстановление (СКВ);
- селективное некаталитическое восстановление (СНКВ) с использованием аммиака, аммиачной воды или мочевины.

Простейшим методом уменьшения концентрации оксидов азота в продуктах сгорания, не требующих дополнительных капитальных затрат и увеличения эксплуатационных расходов, при сжигании газа является *снижение избытка воздуха* [1].

Данный метод был опробован на котле № 7 ТЭЦ ОАО «ММК». Котел типа Е-450-13.8-545Г (заводская модель ТП-85 М) предназначен для получения перегретого пара при сжигании природного газа.

Топочная камера имеет призматическую форму с размерами в плане 14080×7376 мм. Фронтальная стена топочной камеры газоплотная, задняя стена и боковые экраны – в негазоплотном исполнении. Экраны топки собраны из труб диаметром 60×6 мм (сталь 20).

Топочная камера оборудована восемью вихревыми турбулентными горелками с осевым и радиальным подводом газа типа ГВИ(Ш)-45 для сжигания газа, расположенными на фронтальном экране в два яруса по 4 горелки в каждом ярусе. Первый ярус горелок располагается на отметке 9,200 м, второй – на отметке 12,700 м.

Сжигание газа осуществляется при избытке воздуха  $\alpha=1,2$ , концентрация  $\text{NO}_x$  в дымовых газах составляет  $0,250 \text{ г/м}^3$ , выброс  $\text{NO}_x$  в год – 816,28 т.

Исследования проводились в диапазоне изменения коэффициента избытка воздуха ( $\alpha_v$ ) 1,20–1,10 при нагрузке котла 92% от номинальной. Изменялись концентрация  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}$  в дымовых газах.

В результате опытов было установлено, что снижение коэффициента избытка воздуха от 1,20 до 1,12 (при той же нагрузке) приводило к снижению концентрации оксидов азота с  $0,250$  до  $0,166 \text{ г/м}^3$ , то есть более чем на 30%. При этом количество продуктов неполного сгорания при  $\alpha_v = 1,20$  было близко к нулю, а при  $\alpha_v = 1,12$  достигало 0,3%.

Таким образом, снижение коэффициента избытка воздуха приводит к снижению выбросов  $\text{NO}_x$ , но при этом необходимо внедрение приборов непрерывного контроля химической неполноты сгорания топлива, позволяющие поддерживать низкие избытки топлива.

В настоящее время на ТЭЦ ОАО «ММК» разрабатывается комплексная программа мероприятий по снижению выбросов оксидов азота котельных агрегатов ТЭЦ с учетом технических и экономических возможностей.

#### **Библиографический список**

1. Котлер В.Р. Оксиды в дымовых газах котлов. М.: Энергоатомиздат, 1987. 144 с.
2. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра, 1988. 312 с.
3. Ахмедов Р.Б., Цирульников Л.М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. Л.: Недра, 1984. 283 с.

## ТРАНСПОРТ

УДК 656.13:658.3.018

А.М. Крупнов, М.В. Грязнов

### ПОИСК РЕЗЕРВОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛА ЦРГА ООО «АВТОТРАНСПОРТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ»

ООО «Автотранспортное управление» более 30 лет было и остается в настоящее время основным поставщиком автотранспортных услуг для ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Предприятие осуществляет перевозку грузов и трудящихся основных цехов комбината, транспортное обслуживание его дочерних предприятий и сторонних организаций.

О масштабах работы автотранспортного управления свидетельствуют размеры автопарка, который состоит из пяти автоколонн и насчитывает около 1000 единиц автомобилей и прицепного подвижного состава. Разнообразный по типу, маркам и моделям эксплуатируемой техники автопарк включает бортовые и специализированные автомобили, седельные тягачи, большегрузный карьерный автотранспорт, легковые автомобили и автобусы различной вместимости.

Поддержание технической готовности такого автопарка на высоком уровне представляет сложную производственную задачу, решение которой возложено на ремонтную службу предприятия. С целью повышения эффективности и качества ремонтов, а также для усиления контроля за расходом ресурсов работа ремонтной службы организационно ориентирована по нескольким направлениям. Такими направлениями на предприятии являются обслуживание и ремонт соответственно легковых автомобилей, автомашин малой грузоподъемности и микроавтобусов, грузовых автомобилей и автобусов средней и большой вместимости, технологического карьерного транспорта.

Наиболее крупным, по численности работников и производственной мощности, подразделением ремонтной службы является цех ремонта грузовых автомобилей (ЦРГА), осуществляющий техническое обслуживание и ремонт грузового автотранспорта и автобусов. Штат ремонтного персонала этого подразделения в настоящее время насчитывает 78 человек, которые ежедневно обслуживают 40–50 автомобилей различных марок.

Цех выполняет полный комплекс работ по первому и второму техническому обслужива-

нию, включая уборочно-моечные, диагностические, смазочно-заправочные и регулировочные работы, а также выполнение попутных ремонтов при ТО-2. Силами ЦРГА выполняются все виды ремонтов, в том числе и такие технологически сложные виды работ, как ремонт гидромеханических коробок передач автобусов, ремонт топливной аппаратуры дизельных двигателей, окрасочные работы, капитальное восстановление кузовов, кабин и рам автомобилей.

Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава в ЦРГА осуществляется специализированными бригадами. Бригады ремонтников специализируются на выполнении определенного вида обслуживания или ремонта в соответствии с технологической совместимостью подвижного состава. В структуре цеха выделены бригады ТО-1, ТО-2 и ремонта автобусов, карбюраторных и дизельных грузовых автомобилей. Имеются также участки автоэлектрики, ремонта топливной аппаратуры, моторный, агрегатный, малярный, аккумуляторный, жестяничко-сварочный, шиномонтажный, слесарно-механический участки.

Посты технического обслуживания и текущего ремонта оснащены проездными и тупиковыми осмотровыми канавами, стационарными и передвижными четырех- и шестистоечными электро-механическими подъемниками. Ремонтная зона полностью укомплектована подъемно-транспортным и подъемно-осмотровым оборудованием, инструментом и спецоснасткой. В ремонтном процессе используется высокопроизводительная щеточная автомойка, а также современный диагностический стенд с беговыми барабанами силового типа, позволяющий диагностировать элементы трансмиссии, ходовой части, тормозной системы, рулевого управления любого автомобиля, обслуживаемого в ЦРГА. Ремонтное оборудование постоянно поддерживается в исправном состоянии и периодически обновляется. Следует отметить, что техническая база ремонтной службы предприятия по своему состоянию и уровню оснащенности занимает лидирующее ме-

сто среди крупных автотранспортных предприятий города, имеющих собственные ремонтные мощности.

На содержание ремонтного хозяйства ЦРГА расходуется существенная часть годового бюджета предприятия. Это объясняет постоянное внимание менеджмента автотранспортного управления к эффективности использования производственных ресурсов в рассматриваемом подразделении. Техничко-экономический анализ деятельности ЦРГА по итогам отчетных периодов показывает лишь общую динамику затрат и результатов работы цеха. Результаты таких расчетов выдаются в виде: «цех в прошлом месяце работал лучше (хуже), чем в позапрошлом месяце», что не является объективной оценкой и в лучшем случае косвенно свидетельствует об эффективном использовании материально-технических и трудовых ресурсов в ЦРГА.

Поскольку в общей структуре ремонтов не видно результатов работы отдельной технологической линии, единицы оборудования или принятого на работу специалиста, становится довольно сложным ответить на ряд вопросов:

1. Достаточно ли в распоряжении ЦРГА ресурсов для освоения заданного объема ремонтов?
2. Если ресурсов достаточно, то насколько эффективно они используются?
3. Имеются ли в цехе избыточные резервы технологического оборудования и оперативно-го персонала?

Мнение руководящего звена ЦРГА по поставленным вопросам понятно (материально-технических ресурсов и производственного персонала для нормальной работы цеха недостаточно) и объяснимо – вероятность выполнения производственного задания при больших запасах

производительности оборудования и труда ремонтников резко возрастает. Причем наличие любой единицы ремонтного оборудования в цехе технически обосновано потребностью в выполнении тех или иных технологических операций, а требуемый штат производственных рабочих рассчитан в соответствии с существующей нормативно-технической документацией.

Действительно, фактическая численность производственных рабочих цеха, с учетом водителей, занятых в ремонте, на 19% ниже нормативного значения согласно «Положению о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта». Однако сокращение штата ремонтного персонала в ЦРГА за последние 4 года на 16 человек, при неизменных объемах выполняемых работ, не привело к снижению коэффициента технической готовности автопарка. Этот факт свидетельствует о наличии скрытых резервов производительности труда ремонтного персонала ЦРГА.

С этой целью по инициативе руководства предприятия совместно со специалистами ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» было принято решение о проведении анализа эффективности использования и поиска явных и скрытых резервов материально-технических и трудовых ресурсов, задействованных в ремонтном процессе. Первым этапом данной работы является поиск резервов повышения производительности труда ремонтного персонала ЦРГА. Без достоверных результатов данной работы эффективность любых инвестиций в развитие и преобразование ремонтного процесса на предприятии будет практически нулевой.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Алексеев Александр Геннадьевич** – инженер-технолог 2 категории лаборатории непрерывной разливки ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Алексеев Вячеслав Леонидович** – ведущий инженер-технолог лаборатории непрерывной разливки ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Андреев Валентин Викторович** – аспирант кафедры металлургических и машиностроительных технологий ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Анисимов Андрей Викторович** – начальник коксохимического производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Барбул Олег Анатольевич** – заместитель начальника аглоцеха ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Бахметьев Виталий Викторович** – директор ЗАО «Механо-ремонтный комплекс» ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Белякова Валентина Ивановна** – инженер I категории лаборатории физических и металлографических испытаний листового проката ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Богатов Михаил Александрович** – инженер-технолог лаборатории непрерывной разливки ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Бодяев Юрий Алексеевич** – директор по техническому обслуживанию и ремонту ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Божевалев Валерий Юрьевич** – начальник цеха покрытий ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Брусьянина Анастасия Ивановна** – инженер-технолог лаборатории холодного проката ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Буряков Михаил Викторович** – кандидат экономических наук, директор по интеграционной политике Управления интеграционной политики ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Бушманова Мария Викторовна** – кандидат физико-математических наук, профессор, заведующая кафедрой математических методов в экономике, декан факультета экономики и права ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Валеев Валерий Хакимзянович** – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Валиахметов Альфред Хибибуллаевич** – ведущий инженер-технолог электросталеплавильной лаборатории ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Великий Андрей Борисович** – начальник электросталеплавильного цеха ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Виер Игорь Владимирович** – кандидат технических наук, вице-президент ООО «Управляющая компания ММК» по коммерции, директор по сбыту ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Галкин Виталий Владимирович** – заместитель начальника ЛПЦ-4 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Гладских Владимир Иванович** – начальник горно-обогательного производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Голубчик Эдуард Михайлович** – кандидат технических наук, доцент, ведущий инженер-технолог Центральной лаборатории контроля ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Горосткин Сергей Васильевич** – кандидат технических наук, начальник лаборатории непрерывной разливки ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Горшков Сергей Николаевич** – инженер-технолог 1 категории лаборатории горячего проката ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Гром Сергей Васильевич** – помощник начальника геолого-разведочной партии горно-обогательного производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Грязнов Михаил Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного транспорта ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Девятков Диляур Хасанович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Денисов Сергей Владимирович** – кандидат технических наук, начальник лаборатории горячего проката ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Дробный Олег Федорович** – начальник отдела охраны окружающей среды ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Дьяченко Виктор Федорович** – главный инженер ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Егоров Вячеслав Николаевич** – кандидат технических наук, директор ЗАО «Русская металлургическая компания», г. Магнитогорск.

**Желнин Юрий Михайлович** – инженер-технолог 2 категории лаборатории непрерывной разливки ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Жиркин Юрий Васильевич** – кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования металлургических заводов ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Жлудов Виктор Владиславович** – кандидат экономических наук, начальник бюро управления по работе с дочерними организациями ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Журавлев Юрий Петрович** – главный энергетик ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Загайнов Владимир Семенович** – заместитель генерального директора ФГУП «Восточный Углекимический институт», г. Екатеринбург.

**Залетова Елена Дмитриевна** – ведущий инженер-технолог лаборатории контроля термообработки металла ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Захаров Игорь Михайлович** – главные металлурги ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Иванова Лариса Сергеевна** – ведущий инженер лаборатории физических и металлографических испытаний листового проката ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Казаков Александр Сергеевич** – инженер-технолог 2 категории лаборатории непрерывной разливки ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Казаков Олег Владимирович** – начальник ЛПЦ-4 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Казятин Константин Владимирович** – инженер-технолог электросталеплавильной лаборатории ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Каплан Дмитрий Семенович** – директор по информационным технологиям ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Капцан Феликс Виленович** – заместитель генерального директора ИТЦ «АУСФЕРР» по информационным технологиям.

**Карандаев Александр Сергеевич** – доктор технических наук, профессор, декан энергетического факультета, заведующий кафедрой электротехники и электротехнических систем ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Квасов Денис Викторович** – начальник отдела долгосрочного и среднесрочного планирования управления экономики ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Колокольцев Валерий Михайлович** – доктор технических наук, профессор, Первый проректор, заведующий кафедрой электрометаллургии и литейного производства ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Коляда Татьяна Витальевна** – инженер-технолог 2 категории лаборатории холодного проката ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Корнилов Владимир Леонидович** – кандидат технических наук, заместитель начальника ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Корнилов Геннадий Петрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и электротехнических систем ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Коротков Виктор Иванович** – начальник технического бюро управления горно-обогатительного производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Корчунов Алексей Георгиевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлургических и машиностроительных технологий ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Косарев Максим Викторович** – инженер-технолог конвертерной лаборатории ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Костюнин Владимир Геннадьевич** – начальник адьюстажа ЛПЦ-4 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Крупнов Александр Михайлович** – директор ООО «Автотранспортное управление», г. Магнитогорск.

**Куницын Глеб Александрович** – кандидат технических наук, начальник ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Лебедев Владимир Николаевич** – заместитель директора по производству ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ».

**Лёкин Владимир Петрович** – начальник агломерационной лаборатории ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Лимарев Петр Сергеевич** – аспирант кафедры электрометаллургии и литейного производства ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Лукьянова Юлия Владимировна** – инженер-технолог электросталеплавильной лаборатории ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Масальский Тимур Станиславович** – кандидат технических наук, инженер-технолог лаборатории непрерывной разливки ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Маструев Александр Леонидович** – директор по персоналу и социальным программам ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Мельников Игорь Иванович** – начальник технического отдела коксохимического производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Мещеров Сергей Викторович** – ведущий инженер-технолог конвертерной лаборатории ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Мироненков Евгений Иванович** – кандидат технических наук, ведущий инженер управления ТОиР механического оборудования ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Морозов Андрей Андреевич** – доктор экономических наук, кандидат технических наук, вице-президент ООО «Управляющая компания ММК», заместитель председателя Совета директоров ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Никифоров Борис Александрович** – доктор технических наук, профессор, ректор ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Носов Алексей Дмитриевич** – кандидат технических наук, директор ООО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ».

**Павлов Владимир Викторович** – ведущий инженер-технолог электросталеплавильной лаборатории ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Пермяков Анатолий Борисович** – главный маркшейдер рудника горно-обогатительного производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Песин Александр Моисеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры обработки металлов давлением ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Платов Сергей Иосифович** – кандидат технических наук, профессор, декан механико-машиностроительного факультета, заведующий кафедрой процессов и машин обработки металлов давлением и сварочного производства ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Поликарпова Мария Геннадьевна** – аспирант кафедры математических методов в экономике ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Посажеников Георгий Николаевич** – заместитель главного прокатчика ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Посохов Михаил Юрьевич** – кандидат технических наук, генеральный директор ФГУП «Восточный Углекимический институт», г. Екатеринбург.

**Рашников Виктор Филиппович** – доктор технических наук, Президент ООО "Управляющая компания ММК", Председатель Совета директоров ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», профессор кафедры обработки металлов давлением ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Ровнейко Виктор Васильевич** – начальник ТЭЦ ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Савинов Александр Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Салганик Виктор Матвеевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой обработки металлов давлением, декан факультета технологий и качества ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Сарычев Александр Валентинович** – начальник технологического управления ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Семенов Вадим Евстафьевич** – начальник технического управления ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ».

**Слабжанкин Евгений Александрович** – и.о. начальника управления маркетинга ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ».

**Сеничев Геннадий Сергеевич** – вице-президент ООО «Управляющая компания ММК» по операционной деятельности, г. Магнитогорск.

**Смирнов Павел Николаевич** – кандидат технических наук, ведущий инженер-технолог Центральной лаборатории контроля ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Сомова Юлия Васильевна** – старший преподаватель кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Суров Александр Иванович** – ведущий специалист горно-обогатительного производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Тарасов Николай Алексеевич** – ведущий специалист ЗАО «Русская металлургическая компания», г. Магнитогорск.

**Тахаутдинов Рафкат Спартакович** – доктор технических наук, вице-президент ООО «Управляющая компания ММК» по стратегическому развитию, г. Магнитогорск.

**Титов Александр Васильевич** – главный прокатчик ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Ускова Елена Сергеевна** – кандидат экономических наук, экономист Управления финансовых ресурсов ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Ушаков Сергей Николаевич** – начальник кислородно-конвертерного цеха ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Хасанов Наиль Ильгизович** – заместитель начальника горно-обогатительного производства ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Цыгалов Михаил Александрович** – инженер-технолог 2 категории ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Черчинцев Вячеслав Дмитриевич** – доктор технических наук, заведующий кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

**Чигасов Дмитрий Николаевич** – начальник конвертерной лаборатории ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Чумиков Алексей Михайлович** – начальник управления ТОиР механического оборудования ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Шаргунов Александр Витальевич** – инженер-технолог 1 категории лаборатории горячего проката ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Шмаков Владимир Иванович** – кандидат экономических наук, вице-президент ООО «Управляющая компания ММК» по финансам и экономике, г. Магнитогорск.

**Юречко Дмитрий Валентинович** – ведущий специалист лаборатории непрерывной разливки ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

**Яковлева Елена Борисовна** – инженер-технолог 1 категории лаборатории контроля термообработки металла ЦЛК ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Мы приглашаем Вас к участию в нашем журнале в качестве авторов, рекламодателей и читателей.

Журнал формируется по разделам, отражающим основные направления научной деятельности ученых МГТУ, в частности:

- **РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.**
- **МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ, ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ.**
- **ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.**
- **ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**
- **ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ.**
- **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ.**
- **СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ.**
- **МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.**
- **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ.**
- **ЭНЕРГЕТИКА МЕТАЛЛУРГИИ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ.**
- **УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ.**
- **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ.**
- **ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ.**
- **ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И РЫНОК ПРОДУКЦИИ.**
- **СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ, ПОДГОТОВКА И ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ.**
- **ИНФОРМАЦИЯ И ДР.**

Раздел «Новые исследования» или «Краткие сообщения» предназначен для оперативной публикации работ преимущественно аспирантов. В журнал входят учебно-методический и библиографический разделы.

Общее количество разделов и их объем может варьироваться от номера к номеру.

---

## ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПРИНИМАЕМЫМ К ПУБЛИКАЦИИ

**I.** Рекомендуемый объем статьи – 6–8 стр.

К статье прилагаются:

- 1) акт экспертизы;
- 2) сведения об авторах: полное название учреждения, фамилия, имя, отчество, ученая степень, направление исследований, звание и должность, контактный телефон и E-mail;
- 3) реферат по следующему образцу:

УДК 622.27

Совершенствование систем разработки золоторудных месторождений / Иванов И.И., Петров П.П.// Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. № 3. С. ??-??.

Предложен способ очистной выемки .....  
Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. 7 назв.

4) рецензия.

**II.** Текст статьи, сведения об авторах и реферат представляются на электронном носителе в виде файла, созданного средствами Microsoft Word, и распечаткой на стандартных листах бумаги формата А4.

При наборе статьи в Microsoft Word рекомендуются следующие установки:

- 1) **шрифт** – **Times New Roman**, размер – 14 пт, межстрочный интервал – одинарный, перенос слов – автоматический;

2) при вставке **формул** использовать встроенный редактор формул **Microsoft Equation** со стандартными установками;

3) **рисунки и фотографии**, вставленные в документ, должны быть четко выполнены, допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров (толщины линий и размеры обозначений должны обеспечивать четкость при уменьшении рисунка до рациональных размеров). Рисунки предоставлять в виде распечатки на стандартных листах бумаги формата А4 и отдельным файлом в формате \*.TIF, \*.JPG, с разрешением **300 dpi**, B&W – для черно-белых иллюстраций, Grayscale – для полутонов, максимальный размер рисунка с подписью – 150×235 мм. **Схемы, графики** выполняются во встроенной программе MS Word или MS Excel, с приложением файла. В тексте статьи должны быть подрисовочные надписи в местах размещения рисунков. Например:

Рис. 4. Расчётная зависимость  $\gamma(t)=I_{nt}/I_{n0}$  от времени и удалённости КЗ от выводов асинхронного двигателя

---

**Внимание!** Публикация статей является бесплатной. Преимущество опубликования представляется авторам и учреждениям, оформившим подписку на журнал.

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

По вопросам публикации статей обращаться: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38. Магнитогорский государственный технический университет, Редколлегия журнала «Вестник МГТУ» М. Чукину.

Телефоны: (3519) 29-85-12, 29-85-17.

Факс (3519) 22-41-46.

E-mail: rio@mail.ru; mgtu@magtu.ru; nis@magtu.ru (с указанием темы сообщения «Вестник МГТУ»).